

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики

Молодёжь и современные информационные технологии

**Сборник трудов
ХII Международной научно-практической
конференции студентов, аспирантов
и молодых учёных**

Том I

12–14 ноября 2014 г.

УДК 378:004 (063)
ББК Ч481.23л0
М754

Молодёжь и современные информационные технологии. Сборник трудов ХII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и современные информационные технологии». Томск, 12-14 ноября 2014 г. – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 1 – 431 с.

Сборник содержит доклады, представленные на ХII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и современные информационные технологии», прошедшей в Томском политехническом университете на базе института Кибернетики. Материалы сборника отражают доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, принятые к обсуждению на секциях: «Микропроцессорные системы, компьютерные сети и телекоммуникации», «Математическое моделирование и компьютерный анализ данных», «Автоматизация и управление в технических системах», «Информационные и программные системы в производстве и управлении», «Компьютерная графика и дизайн», «Информационные технологии в гуманитарных и медицинских исследованиях».

Сборник предназначен для специалистов в области информационных технологий, студентов и аспирантов соответствующих специальностей.

УДК 378:004 (063)
ББК Ч481.23л0
М 754

Редакционная коллегия сборника:

Сикора Е.А., к.т.н., доцент каф. АРМ ИК ТПУ, ученый секретарь конференции;
Ботыгин И.А., к.т.н., доцент каф. ИПС ИК ТПУ, председатель секции № 1;
Зимин В.Б., к.т.н., доцент каф. ПМ ИК ТПУ, председатель секции № 2;
Тузовский А.Ф., д.т.н., профессор каф. ОСУ ИК ТПУ, председатель секции № 3;
Рудницкий В.А., к.т.н., доцент каф. ИКСУ ИК ТПУ, председатель секции № 4;
Шерстнев В.С., к.т.н., доцент каф. ВТ ИК ТПУ, председатель секции № 4;
Винокурова Г.Ф., к.т.н., доцент каф. ИГПД ИК ТПУ, председатель секции № 5;
Берестнева О.Г., д.т.н., профессор каф. ПМ ИК ТПУ, председатель секции № 6.

Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание представленной информации ответственность несут авторы.

- © ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 2014
- © Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ	15
АЛЬТЕРНАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ВВОДА «TOUCHSPACE»	
С.А. Солопченко, М.Е. Волшин	16
АЛЬТЕРНАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ВВОДА TOUCHSIDE	
А.В. Стучков, Е.С. Горохова	18
ПРИМЕНЕНИ ФИЛЬТРА КАЛМАНА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА С ДАТЧИКА	
Волшин М.Е., Тутов И.А.	20
РАССЕЯНИЕ СВЕТОВОГО ПУЧКА НА РАДИАЛЬНО-СИММЕТРИЧНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЯХ СЕРДЦЕВИНЫ GI-POF В НАПРАВЛЯЕМЫЕ МОДЫ	
Шибельгут А.А.	22
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОДВОДНОЙ ОБСТАНОВКИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ГРУППЫ АНПАВ24	
А. Сорокин, А.Ю. Демин	24
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ LTCC СИСТЕМ BaO-B2O3-SiO2/Al2O3	
Д.А. Пашков, В.М. Погребенков	26
ПРИМЕНЕНИЕ МЕМРИСТОРОВ В ПАМЯТИ И КОМПЬЮТЕРНОЙ АРХИТЕКТУРЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	
Прокопюк С.Ю., Казиев А.Б.	28
РАСЧЕТ НАГРУЗКИ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЭВМ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ СЕТЕВОЙ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В КАЧЕСТВЕ МАРШРУТИЗАТОРА	
В.В. Чемерилов Е.С. Чердынцев	30
ОБЗОР МЕТОДОВ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ	
В.В. Чемерилов Е.С. Чердынцев	32
ИДЕНТИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ ГРАФА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ В ВИДЕ СЕТИ АВТОМАТОВ	
Погребной А. В.	34
ПОДХОД В ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ В MANET	
Иовлев Д.И.	36
РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ БОРТОВОЙ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОРЕАКТИВНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	
Д.В. Удалов ¹	39
ПРОБЛЕМА ГОЛОДАНИЯ СЕТЕВЫХ ПОТОКОВ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ	
Л.И. Худоногова	41
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ "БИОМЕТРИЯ - КОД ДОСТУПА" НА ОСНОВЕ МЫСЛЕННОГО PIN-КОДА	
А.Е. Боршевников	43
РАЗРАБОТКА ГОРИЗОНТАЛЬНО МАСШТАБИРУЕМОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	
Н.С. Хитеш, И.А. Ботыгин	45
АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА БЫСТРОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ	
Р.А. Булдыгин, С.Г. Цапко	47
ПРОГРАММИРУЕМЫЙ НАНОВОЛЬТМЕТР	
Андреев С.А.	49

СОЗДАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
А.Ю. Черкашин, И.Е. Забродин, А.В. Марчуков	51
ЭМУЛЯТОР ЧЕТЫРЕХРАЗЯДНОГО ПРОЦЕССОРА	
Г.И. Костарев, И.А. Тутов.....	53
ВОЛОКНО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ	
Е.Ю. Кузнецова. О.В. Стукач	55
РЕАЛИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ERLANG/OTP FRAMEWORK	
А.В. Гориченко, А. А. Киселев, В. А. Попугин	57
СЕТЕВОЕ ХРАНИЛИЩЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ	
В.И. Вальт, В.В. Лоскутов, Е.А. Скорикова	59
МОНОУРАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЛОКАЛИЗАЦИИ ИСТОЧНИКА ЗВУКА	
Поляков И. В., Гай В. Е.	61
ДИСПЕРСИЯ ТЕ-МОД ПЛАНАРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДОВ С ЛЕВО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СЕРЕДИНОЙ	
Д.А. Конкин, Р.В. Литвинов	63
ПОВЫШЕНИЕ РУСурсОЭФФЕКТИВНОСТИ В ИТ-ОТРАСЛИ	
Ивашутенко А.С.	65
РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ БЕРЕГОВАЯ РЛС С КВАЗИНЕПРЕРЫВНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ «ОБЗОР»	
Привезенцева В.С.	67
СОВРЕМЕННАЯ РАДИОСИСТЕМА ЗАЩИТЫ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА	
И.Р. Мардиев, Л.Г. Стаценко.....	69
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «УМНОГО ДОМА»	
Мартюшев Н.В.....	71
СЕКЦИЯ 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ.....	73
ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ	
А.О. Ивашенко, Т.В. Емельянова.....	74
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРОВ ГАБОРА В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕКТОРА ПРИЗНАКОВ	
Ю.В. Савицкий.....	76
ПРОГРАММНАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВИНЦА В ЦЕНТРОБЕЖНО-ЛИТЫХ ЗАГОТОВКАХ ИЗ БРОНЗЫ	
Дроздов Ю.Ю.....	78
СИЛОВОЙ РАСЧЕТ РЕДУКТОРА С МОДИФИЦИРОВАННЫМ ПРОФИЛЕМ ЗУБА	
Д.Л. Степанова, П.Я. Крауиньш.....	80
ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ НАЛИЧИИ НЕРЕГУЛЯРНОЙ ПОМЕХИ	
А.И. Осипенко.....	82
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ВЕЩЕСТВА ПО ЦВЕТОВОЙ ШКАЛЕ	
Т.А. Выймова, А.С. Спиридонова.....	84
АЛГОРИТМ СЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДОКУМЕНТОВ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ СЕМАТИЧЕСКИХ МЕТАОПИСАНИЙ	
Губин М. Ю.....	86

ОЦЕНКА МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВИНЦОВЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТРУКТУРЕ МЕДНЫХ СПЛАВОВ	
Дроздов Ю.Ю.....	88
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ФИЛЬТРАЦИЮ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ФИЛЬТРОВ ЛАВСА	
Костин К.А., Аксёнов С.В.....	90
ГИПОТЕЗА О СИСТЕМЕ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОМПОЗИЦИИ ПОЛИНОМОВ	
М.Ю. Перминова	92
ОБЗОР БАЗОВЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА БРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА	
Ю.С. Ризен, А.А. Захарова.....	94
ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ КОГЕРЕНТНОСТИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ	
В.А. Фаерман	96
ПРИМЕНЕНИЕ КОГЕРЕНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОЙ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ	
В.А. Фаерман	98
К РАЗРАБОТКЕ ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ СРЕДЫ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОПУСКАНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ АЭРОЗОЛЬНЫМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ	
Рожнёва О.В.	100
ОБНАРУЖЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ СКАЧКОВ ЦЕН РИСКОВЫХ АКТИВОВ ПРИ ВНУТРИДНЕВНОЙ ТОРГОВЛЕ	
Даутбаева В. Р.....	102
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕХОДА К ОБЛАЧНЫМ ИТ-СЕРВИСАМ	
Разумников С.В., Лунегов В.Ю.	104
DETECTION OF A STATISTICALLY SIGNIFICANT JUMP IN PRICES OF RISKY ASSETS IN INTRADAY TRADING	
Dautbayeva V. R.....	106
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИДЕНТИФИКАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ЛАНДШАФТНОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ ПОМЕХ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ	
А.А. Афанасьев, А.В. Замятин	108
РАСЧЁТ НОРМИРОВОЧНОГО МНОЖИТЕЛЯ В МНОГОПРОДУКТОВОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ПРИ ПОСТАВКАХ ДВУХ ВИДОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО СЫРЬЯ С КРАТНОЙ ПЕРИОДИЧНОСТЬЮ	
Алимханова Д.А.	110
THE CALCULATION OF THE NORMALIZATION FACTOR IN THE MULTI-PRODUCT MODEL OF INVENTORY MANAGEMENT IN THE SUPPLY OF TWO TYPES OF INPUTS TO MULTIPLE INTERVALS	
D.A. Alimkhanova.....	112
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ И РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ МАШИН	
А.А. Игумнов	114
ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ СИСТЕМЫ ПО ОСИ Z НА ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОГО КАНАЛА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СИЛЬНОТОЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В АРГОНЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ	
И.Л. Звигинцев, В.П. Григорьев.....	116
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРИРОВАННЫХ РАСЧЕТНЫХ СЕТОК НА ОСНОВЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ИССЛЕДУЕМОГО ОБЪЕКТА	
О.А. Голуб, П.А. Хаустов	118

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ НА ОСНОВЕ СПЛАЙНОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ КОНВЕКЦИИ-ДИФфуЗИИ	
А.А. Карпова, А.В. Старченко	120
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОДНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ	
Е.В. Семёнов, А.В. Старченко	122
ПОСТРОЕНИЕ НЕЧЁТКОЙ ФУНКЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ СРЕДСТВАМИ ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ МАТНСAD	
Д.П. Кармачёв	124
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОИСКА ПУТИ В АВТОМАТИЗАЦИИ	
А.Р. Фахрутдинов	126
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОИСКА ФРАГМЕНТА СЦЕНЫ В ВИДЕ ОПОТОКЕ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ОТТЕНКОВ	
Н.И. Герасимова, А.Э. Верхотурова, С.В. Аксёнов	128
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА В РАЗВИТИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	
Видяев И.Г.	130
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА	
Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В.	132
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ САМООЧИЩЕНИЯ НА УЧАСТКЕ РЕКИ СЕЛЕНГИ	
Д.Г. Абеляшев, М.Д. Михайлов	134
APPLICATION AND OPTIMIZATION OF CROSS-CORRELATION ALGORITHM FOR IMAGE REGISTRATION	
Baglaeva E.A., Tsapko S.G., Shepetovsky D.V.	136
КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ	
Арышева К.С., Аксенов С.В.	138
АДАПТИВНЫЕ СЕТКИ В ПРИМЕНЕНИИ К ЗАДАЧЕ ОБ ИЗМЕНЕНИИ КОНЦЕНТРАЦИИ АУКСИНА	
Осипов В. А., Меркулова Н. Н.	140
СРАВНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ASCAT С ПРЯМЫМИ ИЗМЕРЕНИЯМИ	
С.И. Ерин, И.А. Бородин	142
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В МНОГОЗОННЫХ ТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ	
Нгуен С. Х., Филиппов М.М., Бабушкин Ю.В.	144
ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СЛОИСТЫХ ПОГЛОЩАЮЩИХ СРЕД	
Нгуен Суан Хунг, Сидоренко С.Н.	146
АНАЛИЗ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТКОВ ПРОДУКЦИИ НА СКЛАДЕ	
Бозняков Р.В.	148
MODELING AND FORECASTING OF DATA ON PRODUCT BALANCE IN STOCK	
Voznyakov R.V.	150
АЛГОРИТМЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ	
П.А. Каковкин, А.А. Друки, В.Г. Спицын	152
ПОДГОТОВКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИЦ В ВИДЕОПОТОКЕ К РАСПОЗНАВАНИЮ И ФИЛЬТРАЦИЯ НЕИНФОРМАТИВНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	
С.Г. Небаба, С.Ю. Андреев, М.А. Макаров, А.А. Захарова	154
КОАКСИАЛЬНЫЙ ВИРКАТОР TE_{10} ВОЛНЫ	
Нгуен Мань Хынг	156

STATISTICAL ASSESSING INVESTOR PREFERENCES FOR PORTFOLIO CONSTRUCTED AND MANAGEMED	
E.V. Masterova	158
МЕТОД ГЛОБАЛЬНЫХ ИТЕРАЦИЙ В ЗАДАЧЕ СВЕРХЗВУКОВОГО НЕВЯЗКОГО ОБТЕКАНИЯ ЗАТУПЛЕННЫХ ТЕЛ	
С.В. Помогаева, В.Д. Гольдин	160
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ БЛА	
Логинов А.Н., Рябиков А.О., Александрова Т.В.	162
ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ВЯЗКОГО УДАРНОГО СЛОЯ В ЗАДАЧАХ СВЕРХЗВУКОВОЙ АЭРОДИНАМИКИ	
Котов И.А., Гольдин В.Д.	164
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДБОРА АЛГОРИТМА СЕГМЕНТАЦИИ ПО ИСХОДНОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ	
А.В. Власов, И.П. Скирневский	166
ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ АНОМАЛЬНОГО ОБРАТНОГО РАССЕЙЯНИЯ	
В.В. Лоскутов.....	168
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В ПЛАСТИНЕ И В ОБЪЕМНОМ ТЕЛЕ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ	
Т. В. Сыч, С. И. Герасимов	170
РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ	
А.М. Шакирзянова, Е.Б. Грибанова	172
ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОЙ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ В ЗАШУМЛЕННОМ СИГНАЛЕ	
Ле Ван Туан.....	174
ДИСПЕРСИОННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ВО ВТУЗЕ	
Новосельцева Д.А.....	176
ДИНАМИЧЕСКАЯ ДИСПЕРСИОННАЯ МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТУДЕНТОВ ВО ВТУЗЕ	
Новосельцева Д.А.....	178
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО КАТОДА В СФЕРИЧЕСКОМ ТРИОДЕ	
Колмакова И.А., Григорьев В.П.....	180
АППРОКСИМАЦИЯ СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЁННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ЦЕПОЧКОЙ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ	
Майков С.А.	182
ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ЛОКАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ НА РЕЖИМЫ ТЕРМОГРАВИТАЦИОННОЙ КОНВЕКЦИИ В ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ	
Гибанов Н.С., Шеремет М.А.	184
ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ И ПОВЕРХНОСТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ С ЛОКАЛЬНЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ	
Мирошниченко И.В., Шеремет М.А.	186
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЫСОКОТОЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В ТРУБЕ ДРЕЙФА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ ПЛАЗМЫ И НАПРЯЖЕННОСТИ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ	
Е.С. Вагин, В.П. Григорьев.....	188
ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СЕЗОННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	
Черкашина Ю. А.....	190

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ ПАРАМЕТРОВ ДИФФУЗИОННОЙ ПЛАЗМЫ	
Л.П. Тарасова, В.П. Зимин.....	192
АНАЛИЗ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ НЕИЗМЕРЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ДУГОВОЙ ПЛАЗМЫ ТЕРМОЭМИССИОННОГО ДИОДА	
Т.А. Пискунова, В.П. Зимин.....	194
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ФИНАНСОВЫХ ПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ БАРЬЕРНЫХ ОПЦИОНОВ	
Фатьянова М.Э., Семенов М.Е.....	196
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ ИЗОБРАЖАЮЩИХ ВЕКТОРОВ	
А.В. Пономарева, Ю.Н. Шалаев.....	198
МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ В СРЕДЕ COMSOL	
Д.Г. Солтанова, П.Ф. Баранов.....	200
ПРИМЕНЕНИЕ ОНТОЛОГИЙ В СКОРИНГОВЫХ СИСТЕМАХ КРЕДИТОВАНИЯ	
А. Ю. Кайда, А. В. Черний, А.Ф. Тузовский.....	202
РАЗРАБОТКА ОПТОВОЛОКОННОГО ДАТЧИКА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ	
Е.С. Василевская, В.Ю. Казаков.....	204
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА В ГАЗЕ (Ar, N ₂) НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В ПОЛОМ КАТОДЕ	
Нгуен Бао Хынг.....	206
РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ	208
Сергеева Ю.С., Рыбалка С.А.....	208
АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО НА ПРЕДПРИЯТИИ	
Никольская А.Г.....	210
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АССОРТИМЕНТА ПРОДУКЦИИ КОНДИТЕРСКОГО ЦЕХА	
К.О. Атепко.....	212
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПРОВЕРКИ ГРАФОВ НА ИЗОМОРФИЗМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА	
Д.К.Саввинов, П.А.Хаустов.....	214
ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ МЕТОДОМ КОНЦЕНТРИЧЕСКИХ СФЕР	
А.Д. Емельянова, Н.А. Атепаева, В.С. Скляр.....	216
ВЕРИФИКАЦИЯ ПАКЕТА ANSYS FLUENT НА ЗАДАЧЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ В ЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ	
А. И. Иванов, М. А. Шеремет.....	218
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ	
Семенков И.В.....	220
ПРОГРАММНАЯ ОЦЕНКА МОРФОЛОГИИ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРЫ СВИНЦОВИСТЫХ БРОНЗ	
Петренко Ю.Н.....	222
СПОСОБ ОЦЕНКИ УГАРА И ЛИКВАЦИИ СВИНЦА ПРИ ВЫПЛАВКЕ СВИНЦОВИСТЫХ БРОНЗ	
Дроздов Ю.Ю.....	224
ПРОГРАММНАЯ ОЦЕНКА УГАРА И ЛИКВАЦИИ СВИНЦА ПРИ ВЫПЛАВКЕ СВИНЦОВИСТЫХ БРОНЗ	
Дроздов Ю.Ю.....	226
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ СИГНАЛА ФАЗ В КОМПЬЮТЕРНОМ АНАЛИЗЕ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ	
Дроздов Ю.Ю.....	228

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СРЕДЕ MATLAB С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНЦЕПЦИИ «ФИЗИЧЕСКОГО» МОДЕЛИРОВАНИЯ	
М.Н. Морозов, П.А. Стрижак	230
НЕПРИЯТИЕ РИСКА ИНВЕСТОРОВ ПРИ ТОРГОВЛЕ ОПЦИОНАМИ	
М.О. Кинева, О.Л. Крицкий.....	232
UNACCERTANCE OF RISK OF INVESTORS IN CASE OF TRADE IN OPTIONS	
М. О. Kineva, O. L. Kritsky	234
РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ	
Кошелев Н.В.	236
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТОИМОСТИ АКЦИЙ	
Ю.В. Иванюк.....	238
ПРИМЕНЕНИЕ СИНГУЛЯРНОГО ГЕНЕРАТОРА ФУНКЦИЙ КАНДИДАТОВ В КРОССКОРРЕЛЯЦИОННЫХ МЕТОДАХ ОЦЕНИВАНИЯ ЧАСТОТЫ ОСНОВНОГО ТОНА РЕЧИ.....	
Д.А. Вольф, руководитель: д.т.н., проф. Р.В. Мещеряков	240
ДВОЙСТВЕННАЯ РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ НЕКОРРЕКТНОЙ ЗАДАЧИ НЕИНВАЗИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ	
А.К. Васечко.....	242
АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОЛИРОВАННЫХ РЕЧЕВЫХ КОМАНД	
А.А. Филяков, А.В. Лукьянчикова, В.Е. Гай.....	244
ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ КЕРАМИКИ МАРКИ GREEN TAPE 951 И СЕРЕБРЯНОЙ ПАСТЫ 6148 ФИРМЫ DU PONT НА ПАРМЕТРЫ СИГНАЛА МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ	
И.Д. Зырин, В.М. Карабан	246
ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМ	
Нгуен Ван Ты , Дмитриева Т. Л.	248
ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ЛОГИКИ В УПРАВЛЕНИИ ЗНАНИЯМИ	
Н.И. Рахымбаева, Г.Ж. Рахымбаева, О.К. Турманов, Р.Ж. Амержанова.....	250
ДИАГНОСТИКА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ СИГНАЛОВ ВИБРАЦИИ	
Ле Ван Туан.....	252
МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS	
Алтынбаев А.А., Манабаев К.К.....	254
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМОВ БУРОВЫХ МАШИН	
Коровкин П.В.....	256
АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ И ОЦЕНКА ЕГО ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ С ПОМОЩЬЮ ФИНАНСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ	
Ганская И. О.	258
РАЗРАБОТКА ПОДОГРЕВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ, УПРАВЛЯЕМОЙ ПРОГРАММНЫМ КОНТРОЛЛЕРОМ	
А.А. Кабанец	260
КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРАМЕТРИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ БРОНЗЫ БР. С 10	
Семенков И.В.	262
ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ И СТУДЕНТОВ ИФВТ	
Мартюшев Н.В.....	264
АЛГОРИМТ КАЧЕСТВА ОЦЕНКИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ	
А.В. Быков, М.В. Холманский, А.В. Аксенов.....	266

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧИ ИНДЕКСАЦИИ ВИДЕОФАЙЛОВ	
О.В. Балашова	268
СЕКЦИЯ 3. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ И ВИРТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ	270
ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ РАЗОМКНУТЫХ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ	
Яковлев А.С.	271
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫМИ ПОТОКАМИ ОБЪЕКТОВ ТЕЛЕМЕХАНИКИ СОВРЕМЕННЫХ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
А.Г. Зебзеев, А.М.Мальшенко	273
АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО БАЛАНСИРОВКИ	
В.В. Урниш.....	275
РАЗРАБОТКА ДРАЙВЕРА ДЛЯ ПРЯМОГО ДОСТУПА К ПОРТАМ ДЛЯ MICROSOFT WINDOWS 8.1 x86-x64	
А.Г. Черемнов, В.С. Аврамчук	277
ВЫЧИСЛЕНИЕ БПФ НА МНОГОЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОРАХ С АРХИТЕКТУРАМИ INTEL И DSP- МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ С АРХИТЕКТУРОЙ ARM НА ВЫБОРКАХ ДО 4096 ЭЛЕМЕНТОВ	
А.Г. Черемнов, В.С. Аврамчук	279
РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ЦМУ С ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА AVR ATMEL ATMEGA 328PU	
Усов Л.О., Тутов И. А.	281
УДАЛЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОМ	
Курганов В.В., Боклаг Т.А.	283
ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНАЛОГОВОГО ПИД-РЕГУЛЯТОРА	
В. В. Малышев, Д. В. Бутузов, А. А. Шагаев, И. А. Тутов	285
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ШАГАЮЩЕЙ МОБИЛЬНОЙ КВАДРОПОД – ПЛАТФОРМОЙ	
Д.Н. Репин	287
РЕАЛИЗАЦИЯ КОНТРОЛЬНО-ПОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА SIEMENS S7-1200 ДЛЯ ПРИВОДА ПОВОРОТА АНТЕНН КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА	
В. Е. Маслов, С. А. Трапп	289
DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CONTROLLING ANTENNA DRIVE GEARS OF SPACESCRAFT USING PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER SIEMENS S7-1200	
V. E Maslov, S. A.Trapp	291
НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ	
Н.С. Николаева, Е.Н. Богомолов	293
ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГРАММ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ	
С.А. Панов, Т.В. Ганджа, О.С. Затик	295
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКИ	
Тырышкин Е.В.	297
АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОГРУЖЕНИЯ ЗАБИВНЫХ СВАЙ	
Всяких К. А.	299
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРЕДАЧ С ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ	
Ивкина О.П.	301
АВТОМАТИЗАЦИЯ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНОГО НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА	
А.М. Сагдатуллин.....	303
TECHNOLOGICAL PROCESSES MANAGEMENT BY FUZZY CONTROLLERS WITH MULTIDIMENSIONAL PRECISE TERMS FUZZY REGULATOR	

Artur Sagdatullin, Elena Muravyova	305
УПРАВЛЕНИЕ ДИАМЕТРОМ ПЛАСТИКОВОЙ НИТИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСТРУЗИИ	
Тхан В.З., Берчук Д.Ю.	307
РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕСА ИДЕНТИФИКАТОРА ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМОМ ЛОГИЧЕСКОМ КОНТРОЛЛЕРЕ ФИРМЫ «ОВЕН»	
Лай Чунг Тиен, Чан Ван Нам, И.О. Ильин	309
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ДВУХ ТЕКСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА «ДАКТИЛОСКОПИИ» И АЛГОРИТМА «ШИНГЛОВ»	
Н.В. Тимошин, Г.И. Шкатова	311
РЕАЛИЗАЦИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СНСОРНЫХ СЕТЕЙ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ СЕРИИ NXP JN51XX	
Ускин М.С.	313
ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОМЕТРА НА ДАТЧИКАХ ХОЛЛА	
Е.А. Федоров	315
USE OF HIGHLY SENSITIVE HALL SENSORS IN MAGNETOMETERS	
Е.А. Fedorov, I.I. Buluev	317
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ	
В.А. Смовж, Д.В. Васин, Е.И. Громаков	319
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКСТРУЗИОННОЙ УСТАНОВКОЙ	
Гаврильев А.Л., Берчук Д.Ю., Журавлев Д.В.	321
РАЗРАБОТКА МАКЕТА СТЕНДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МК АТМЕГА 16 ДЛЯ ОТЛАДКИ АЛГОРИТМА ПИД РЕГУЛЯТОРА И СОПРЯЖЕНИЕ ЕГО С ПК	
Черных А.А.	323
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА УРОВНЯ ЖИДКОСТИ	
А.А. Ломакина, В.Ю. Казаков	325
СИНТЕЗ ТРЕХИМПУЛЬСНОГО РЕГУЛЯТОРА САР УРОВНЯ ВОДЫ В БАРАБАНЕ ПАРОВОГО КОТЛА	
Фам Ван Дай, Чан Тхюи Зунг	327
АДАПТИВНОЕ НЕЧЕТКОЕ ПСЕВДОЛИНЕЙНОЕ КОРРЕКТИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО С АМПЛИТУДНЫМ ПОДАВЛЕНИЕМ ДЛЯ САР	
Фам Ван Дай	329
РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ	
Петрусёв А.С.	331
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СОБЫТИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	
В.З. Кузенков, Гончаров В.И.	333
ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ ДАТЧИКОВ НА ВОЛОКОННОЙ БРЕГГОВСКОЙ РЕШЕТКЕ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ С БОЛЬШОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ	
З.Н. Алексеенко, О.В. Стукач	335
КЛАССИФИКАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ	
Гофман А.К., Литвинов В.П.	337
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ КОРРЕКЦИИ СИГНАЛА ЛЧМ РАДАРА	
А.А. Залевский, Ж.Т.Эрдынеев	339
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДВУХМАССОВОГО ПОДВИЖНОГО ЗВЕНА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА	
Пякилля Б.И., Гончаров В.И.	341
САР ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛООБМЕННИКА	
Неупокоева А.Е., Скороспешкин М.В.	343

ЛОКАЛИЗАЦИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	
А.С. Беляев	345
КОНЦЕПЦИЯ СИЛЬНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОБОТОТЕХНИКЕ	
А.С. Беляев	347
НЕДОСТАТКИ И ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОДНОПЛАТНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ В МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ	
А.Р. Пантюхин	349
ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ РЕДУКЦИЕЙ ИНДУКТОРНОГО ТИПА	
Т.Ю. Пенкина	351
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛОВ КОЭФФИЦИЕНТОВ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО ПОЛИНОМА, ГАРАНТИРУЮЩИХ ЗАДАННУЮ РОБАСТНУЮ СТЕПЕНЬ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ	
Т.А. Езангина	353
СИНТЕЗ МНОГОКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ	
Т.А. Щелканова	355
ГИДРОУДАРНЫЕ БУРОВЫЕ МАШИНЫ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ	
Коровкин П.В.	357
АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПРИБОР ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ОХЛАЖДЕНИЯ	
Семенов И.В.	359
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ СБОРОЧНЫМ КОМПЛЕКСОМ	
С.О Иванов, Т.Е. Мамонова	361
ТРЕНАЖЕР: ОБНАРУЖЕНИЕ И ВЫДЕЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ	
А. Л. Бурдяло, Е.И Громаков	363
РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОГИЛЬЗ И ПРОБОЗАБОРНЫХ УСТРОЙСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА УЗЛЕ УЧЕТА НЕФТИ ПК «ПРИГОРОДНОЕ»	
Бурдяло А. Л., Громаков Е.И.	366
АДАПТАЦИЯ НАСТРОЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛЯТОРА ГАРАНТИРУЮЩИХ ТРЕБУЕМЫЕ ПРЯМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА САУ	
Колпашиков К.В.	368
СИНТЕЗ ПИ-РЕГУЛЯТОРА ЗАДАННОЙ СТЕПЕНИ АПЕРИОДИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ СИСТЕМ НИЗКОГО ПОРЯДКА	
О.А. Ченкова, М.И. Пушкарев	370
МАТЕМАТИЧЕСКИ-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	
В.А. Котов, Е.И. Громаков, А.В. Лиепиньш	372
ПРИВОД ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ ГЛУБОКОВОДНОГО МАГНИТОМЕТРА	
И.И. Булуев	374
TRANSMISSION SYSTEM FOR AUTOMATIC CALIBRATION TEST OF DEEP-WATER MAGNETOMETER	
I.I. Buluev	376
ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	
Видяев И.Г.	378
ЭЛЕКТРОННЫЙ ЗАМОК С ДАТЧИКОМ ОТПЕЧАТКА ПАЛЬЦЕВ «TOUCH LOCK»	
А.Д. Курилова, Д.Е. Новицкий, И.И. Савенко	380
ГУСИНООЗЁРСКАЯ ГРЭС. ЦЕХ ТЕПЛОВОЙ АВТОМАТИКИ И ИЗМЕРЕНИЙ	
А.А. Соболев	382

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОРА	
М.Н. Рудь, А.Р. Пантюхин.....	384
ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ В ВУЗЕ	
Агафонов А. А.	386
РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО АЛГОРИТМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАКАЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ	
А. О. Игумнов, Д. М. Сонькин, С.А. Хруль	388
AUTOMATION AND CONTROL IN ENGINEERING SYSTEMS THE ROLE OF AUTOMATED WELDING ROBOTS IN INDUSTRIAL AND MANUFACTURING SECTORS OF ENGINEERING SOFTWARE	
Usenko Y.A., Stepura S.N.	390
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДУКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА	
Е.А. Погадаев, В.В. Курганов.....	392
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РОБОТА В ПАКЕТЕ МАТЛАВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРАЕКТОРНОЙ ЗАДАЧИ	
Звонцова К.К.	394
АКУСТИЧЕСКАЯ КАМЕРА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НЕПОЛАДОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ	
Д.П. Стариков, Е.А. Рыбаков, Е.И. Громаков	396
НАСТРОЙКА РЕГУЛЯТОРОВ НЕЙТРАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ МАТЛАВ	
И. А. Тутов	398
МОДЕРНИЗАЦИЯ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ТРАНСПОРТНОГО РОБОТА С ЦИФРОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ	
Рудко М.И.	400
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	
Т.Н. Васильева, Т.Е. Мамонова.....	402
INTRODUCTION OF INFORMATION SYSTEMS AT THE ENTERPRISES	
Dyrina E.N.....	404
ИМПУЛЬСНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТОКА	
Н.Е. Руднева, А.И. Заревич.....	406
AUTOMATED CONTROL SYSTEM: FLOW WEIGHING	
A. Plotnikov, S Stepura	408
ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЙ ИНТЕРФЕЙС (ЧМИ). ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛАЧНОГО ЧМИ И ЕГО СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ ЧМИ	
Макаров Д.Е., Хожаев И.В., Бебриш К.Е.	410
РАЗРАБОТКА ЭСКИЗА РОБОТА «ЧИСТИЛЬЩИК»	
С.В. Балабенко, С.В. Колесников, Е.В. Вехтер.....	412
ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	
А.Л. Хуснулина.....	414
ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДУЛЬНОЙ АВИАНИКИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ	
Книга Е.В., Жаринов И.О., Заколдаев Д.А., Нечаев В.А.	416
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
О.С. Каймонов, Т.Р. Газизов.....	418

МЕТОД СОЗДАНИЯ ЗАГРУЗОЧНОГО КОМПОНЕНТА АЭРОНАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЙЦИИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ АВИОНИКИ	
М.О. Костишин, И.О. Жаринов, В.А. Нечаев	420
СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДУЛЬНОЙ АВИОНИКИ	
Книга Е.В., Жаринов И.О.....	422
ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПОРШНЕВЫХ МАШИН	
Андриеш Е.Б., Богданов И.А., Лаврик А.А.	424
ФОРМИРОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО НАГРУЗОЧНОГО ТОКОВОГО СПЕКТРА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	
А. Г. Юдинцев.....	426
АЛГОРИМТ КАЧЕСТВА ОЦЕНКИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ	
А.В. Быков, М.В. Холманский, А.В. Аксенов.....	429

**СЕКЦИЯ 1.
МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ,
КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ И
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ**

АЛЬТЕРНАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ВВОДА «TOUCHSPACE»

С.А. Солопченко, М.Е. Волшин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
solopchenko@tpu.ru

Введение

В настоящее время огромное количество людей по всему миру не могут представить свою жизнь без компьютера. Одни используют компьютер для работы и сложных вычислений, другие – для развлечений и отдыха.

Сегодня каждый пользователь компьютера используют компьютерную мышь – механический манипулятор для позиционирования курсора на экране. И, к сожалению, многие из нас сталкиваются с небольшими проблемами при работе с мышью.

Во-первых, использование мыши в дороге, на диване или на природе затруднительно из-за ограниченности или неровности поверхности. Во-вторых, лишние манипуляции по переносу руки от клавиатуры до мыши и обратно, в сумме отнимают немало времени при работе с компьютером.

Для решения изложенных выше проблем была произведена модернизация компьютерной мыши. Результатом модернизации стали два устройства – TouchSide и TouchSpace.

TouchSide

Первое устройство – TouchSide, представляет собой компактный манипулятор, который надевается на палец и управляется за счет движения его по поверхности (рисунок 1).



Рис. 1. Внешний вид устройства TouchSide

Однако первая разработка не смогла полностью заменить компьютерную мышь, а лишь помогла решить проблему, связанную с тратой времени на перенос руки от клавиатуры до компьютерной мыши и обратно.

В устройстве TouchSide не удалось реализовать возможность нажатия правой кнопки мыши, а также отсутствовала функция прокрутки экрана (скролл). Узким местом TouchSide был и размер корпуса, который не смог вместить необходимые детали для реализации всех функций присущих обычным компьютерным мышам.

Более того, TouchSide мало отличался от стандартных устройств ввода, он также как и другие устройства был тесно «привязан» к поверхности, что лишало его какой-то «изюминки».

Также в сети Интернет было обнаружено устройство SkyMouse [1], состоящее из наперстков-датчиков. Однако для работы устройства движения должны происходить перед специальной

камерой, что сильно ограничивает мобильность устройства.

TouchSpace

После сборки и тестирования TouchSide, а также анализа в сети Интернет различных устройств, наша команда пришла к идее избавиться устройство ввода от «привязки» к поверхности. Результатом такой идеи стала концепция устройства под названием TouchSpace.

TouchSpace – манипулятор, позволяющий позиционировать курсор на экране компьютера путем простого перемещения рук в пространстве. Устройство обеспечит еще большую свободу действий и расширенную функциональность по сравнению с TouchSide и обычной компьютерной мышью.

Описание технической части TouchSpace

Управление курсором будет производиться за счет использования трёх маленьких датчиков поворота и перемещения.

TouchSpace состоит из двух модулей.

Первый модуль – три маленьких корпуса («наперстка»), предназначенных для пальцев рук.

Второй модуль – небольшой корпус, крепящийся на предплечье руки (рисунок 2).



Рис. 2. Ожидаемый внешний вид TouchSpace

Для каждого из модулей были спроектированы платы с использованием САПР DipTrace. Изготовление плат планируется осуществлять методом травления [2]. Элементы корпусов устройства планируется напечатать с помощью 3D принтера.

Каждый «наперсток» содержит датчик, передающий сведения о положении пальца и угле поворота от начального положения. Размер датчика составляет 4 мм x 4 мм x 1 мм. (рисунок 3).



Рис. 3. Возможности датчика

Сигналы от датчика передаются на микроконтроллер, размещенный во втором модуле. В дополнение к микроконтроллеру, модуль будет

содержать батарею, кнопку включения и выключения, miniUSB-порт для зарядки и Bluetooth модуль.

Принцип действия устройства

Контроллер получает координаты положения датчика и передает эту информацию на персональный компьютер, где координаты положения руки сравниваются со средненулевыми координатами. В результате их вычитания курсор на экране смещается согласно изменению положения руки пользователя.

Прототип TouchSpace на отладочной плате

В настоящее время на отладочной плате создан рабочий прототип устройства, представленный на рисунке 4.



Рис. 4. Реализация TouchSpace на отладочной плате

Для функционирования прототипа TouchSpace, была написана программа на C++, позволяющая обрабатывать данные с микроконтроллера и перемещать курсор по экрану.

На рисунке 5 представлен график зависимости координаты Y, приходящей с датчика, от времени.

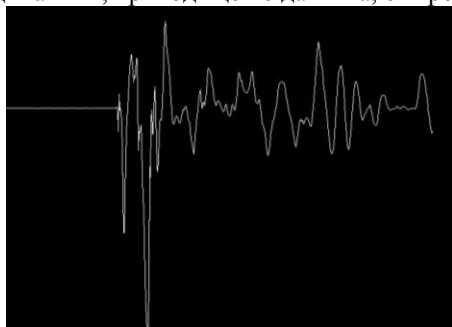


Рис. 5. График зависимости координаты Y от времени

Проанализировав график, можно сделать вывод, что в поступающем сигнале много шума, который не позволяет комфортно перемещать курсор по экрану.

Решение описанной выше проблемы – применение фильтрации к поступающему в программу сигналу.

В данной работе для устранения шума в сигнале был применен фильтр Калмана. На рисунке 6

отражена зависимость координаты Y от времени с применением фильтрации.

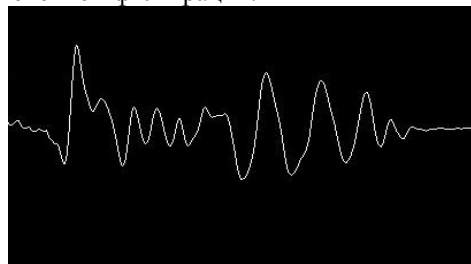


Рис. 6. График зависимости координаты Y от времени с применением фильтра Калмана

Полученная зависимость координаты Y от времени не имеет резких перепадов значений, которые наблюдались в графике зависимости координаты от времени без применения фильтра. Как результат курсор на экране перемещается плавно, что позволяет с комфортом управлять компьютером.

Область применения

Разрабатываемое устройство TouchSpace найдет широкое применение среди молодого поколения, не боящегося начать использовать что-то принципиально новое. Кроме того, устройство будет интересно любителям и разработчикам компьютерных игр, так как управление жестами подразумевает более широкий функционал манипулятора, по сравнению с аналогами.

Заключение

К лету 2015 года планируется собрать готовый образец устройства, способный обрабатывать различные жесты пользователя, вызывающие такие важные события как клики левой и правой кнопок мыши, масштабирование и перемещение объектов на экране, сворачивание окон и другое.

Обучение устройства различным жестам позволит сделать работу с компьютером простой и непринужденной.

Дизайн и изготовление корпуса для TouchSpace также является не менее важным вопросом, так как внешний вид устройства является визитной карточкой продукта.

В связи с этим необходимо продолжить работы по улучшению точности позиционирования курсора на экране, начать обучение устройства различным жестам, а также заняться проектированием и печатью на 3D принтере корпуса.

Литература

1. SkyMouse [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kickstarter.com/projects/eeprati/skymouse>, свободный;
2. Изготовление печатных плат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cxem.net/master/11.php>, свободный.

АЛЬТЕРНАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ВВОДА TOUCHSIDE

А.В. Стучков, Е.С. Горохова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
stuchkovstuchkov@gmail.com

Введение

Сегодня жизнь современного человека тесно связана с компьютером, поэтому очень важно, чтобы работать с ним было комфортно и удобно. Однако при этом мы сталкиваемся с рядом проблем, таких как затруднительная работа с мышью в дороге, на природе и трата времени на попеременное использование клавиатуры и мыши.

Для решения описанных выше проблем была произведена модернизация компьютерной мыши и разработано устройство TouchSide, представляющее собой компактный манипулятор, надевающийся на указательный палец и управляющийся за счет его движения по поверхности. Это устройство будет полезно как школьникам, студентам, офисным сотрудникам, так и людям, ведущим активный образ жизни.

Описание технической части

Принцип работы устройства такой же, как и у компьютерной мыши.

Сконструированное нами устройство состоит из нескольких частей. Пластиковый корпус, который крепится на предплечье с помощью браслета, содержит плату с микроконтроллером, передающим модулем, а также аккумулятор (рисунок 1).



Рис. 1. TouchSide на руке пользователя

Сигнальные линии соединяют микроконтроллер с матрицей, закрепленной на кончике пальца, которая помещена в другой корпус (наперсток). Также наперсток содержит кнопку, расположенную под подушечкой пальца, функция которой аналогична функции левой кнопки мыши. Слева на наперстке находится кнопка выключения (рисунок 2).

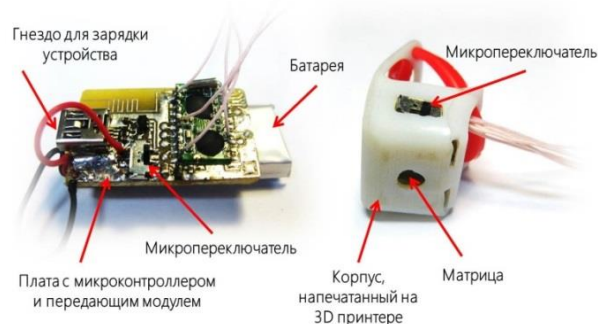


Рис. 2. Устройство TouchSide



Рис. 3. Устройство кнопки TouchSide

Проектирование платы осуществлялось при помощи САПР DipTrace (рисунок 4).

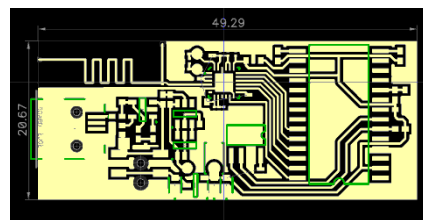


Рис. 4. Устройство кнопки TouchSide

Изготовление платы производилось методом травления (рисунок 5) [1].

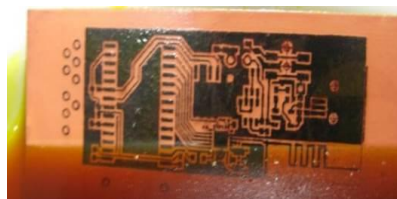


Рис. 5. Процесс травления платы

На глянцевой бумаге был напечатан трафарет платы. Затем он переводится на фольгированный

стеклотекстолит, который был помещен в раствор хлорного железа; по истечению некоторого времени не защищенная тонером фольга растворилась, оставшиеся, защищенные тонером линии образовали дорожки платы. Последний этап создания платы – распайка деталей, необходимых для функционирования TouchSide. Плата содержит микроконтроллер, чип памяти с программой для микроконтроллера, передающий модуль, а также MiniUSB разъем для зарядки аккумулятора TouchSide (рисунок 6).

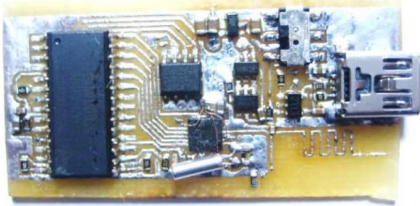


Рис. 6. Готовая плата TouchSide

Проектирование корпуса производилось в 3D системе автоматизированного проектирования (САПР) Autodesk Inventor (рисунок 7).

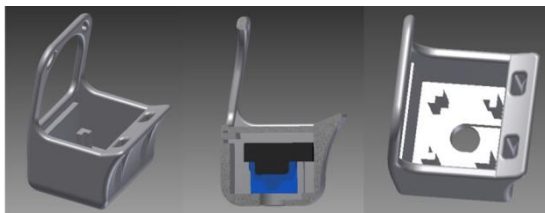


Рис. 7. Сборка корпуса в САПР Autodesk Inventor

Полученный результат

Таким образом, был изготовлен опытный образец устройства TouchSide. Он представляет собой компактное, современное, мобильное устройство для работы с компьютером, решающее обозначенные проблемы. Были получены следующие характеристики устройства:

- Радиус действия 15 метров;
- Емкость аккумулятора 600 мА*ч;
- Совместимость с операционными системами семейства Windows, Mac OS и Linux;

Обзор аналогов устройства

В ходе мониторинга рынка были выявлены следующие аналоги устройства TouchSide.

1. Устройство компании «Master Kit» [2]. Имеет достаточно большие габариты и подключается к компьютеру с помощью шнура, что сильно ограничивает рабочую поверхность.

2. Разработка студентов Вустерского Политехнического Института (WPI) [3]. Данное устройство использует набор сенсоров для отслеживания положения руки в пространстве, однако его стоимость составляет около \$150 ≈ 5400 руб (рисунок 8).



Рис. 8. Устройство WPI MagicMouse

3. Устройство SkyMouse [4]. Оно состоит из наперстка с датчиками. Однако для корректной работы манипуляции должны происходить непосредственно перед специальной камерой, что существенно ограничивает мобильность устройства.

Выводы

Таким образом, в ходе работы над проектом был создан работающий прототип беспроводного компьютерного манипулятора TouchSide.

Данное устройство позволяет работать с компьютером на расстоянии до 15 метров, используя любую.

Также стоит отметить, что с помощью TouchSide можно печатать, не снимая его с руки, что значительно экономит время при таких задачах, как, например, редактирование текста.

TouchSide создавался в рамках дисциплины «Введение в инженерное изобретательство» при поддержке Элитного Технического Образования ТПУ. Проект получил грант в размере 5000 рублей на свое дальнейшее развитие.

В настоящий момент ведутся работы по усовершенствованию технологии и созданию нового образца.

Новое устройство позволит использовать несколько пальцев руки. Предполагается, что все манипуляции будут совершаться в воздухе, а для отслеживания изменений будут использоваться акселерометры.

Список литературы

1. Изготовление печатных плат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cxem.net/master/11.php>, свободный;
2. Оптическая мышь на палец MT6022 | Новости МАСТЕР КИТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.masterkit.ru/info/newsarcsshow.php?num=2582>, свободный;
3. 3D Computer Mouse Designed by WPI Undergraduates Wins One of 10 Invention Awards from Popular Science - WPI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wpi.edu/news/20067/popsciaward.html>, свободный;
4. SkyMouse [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.kickstarter.com/projects/eeph/rati/skymouse, свободный.

ПРИМЕНЕНИ ФИЛЬТРА КАЛМАНА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА С ДАТЧИКА

Волшин М.Е., Тутов И.А.

Научный руководитель: Тутов И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: megamax42rus@gmail.com

Введение

В настоящее время в различных сферах используется большое количество датчиков, которые обладают различной точностью измерения и чувствительностью к внешним воздействиям. Не всегда получаемый с них сигнал удовлетворяет по требованиям к поставленным задачам. Довольно часто при неизменной измеряемой величины, происходит изменение показаний. Это обусловлено погрешностью преобразования сигнала. В большинстве случаев причиной этому является помеха или шум – случайная величина, как правило, подчиняющаяся распределению Гаусса. Однако не редко встречаются и случаи, когда происходит и изменение измеряемой величины. В этом случае ставится ещё одна задача – предсказать изменение этой величины.

В этих обоих случаях главная задача – приблизить измеренное значение к истинному на сколько это возможно. Для реализации данной задачи был выбран метод фильтрации сигнала методом Калмана.

Метод Калмана

Суть метода состоит в том, что новое значение X_n строится путём складывания текущего значения измеренного сигнала U_n и предсказанного значения X_{n+1} . Текущее и предсказанное значение имеют разный вес при сложении. Т.е. вес текущего значения задаётся умножением на коэффициент Калмана K , который варьируется в пределах от 0 до 1. А вес предсказанного значения задаётся умножением на разность 1 и коэффициента Калмана. Формула в общем виде имеет вид:

$$X_n = K \cdot U_n + (1 - K) \cdot X_{n+1}$$

Т.е. если мы доверяем показанию датчика, то значение коэффициента K следует делать ближе к 1, и наоборот, если датчик склонен давать ложные значения. Прелесть данного метода заключается в том, что если за предсказанное значение X_{n+1} брать предыдущее значение X_{n-1} , мы избавляемся от необходимости вычисления предсказанного значения X_{n+1} . Это хорошо подходит для систем, которые не могут резко менять значения. Т.е. X_{n-1} не сильно отличается от X_n и X_{n+1} . Таким образом, в X_{n-1} у нас накапливается достаточно статистики показаний измерений чтобы считать её значение близкое к истинному. Остаётся только определить со значением коэффициента Калмана.[1]

Средства исследования

Для исследования был использован целый программно-аппаратный комплекс, который в себя включает: датчик – гироскоп LSM9DS0[2], микро-

контроллер AVR ATmega16A в составе отладочной платы PinBoard II, ПК со всем необходимым софтом разработчика, а так же собственная программа для построения графиков по данным приходящим на COM порт ПК.[3]

Главным измерительным инструментом выступил цифровой датчик LSM9DS0. Данный датчик содержит в себе сразу 3 типа сенсора: гироскоп (который и будет использоваться для исследования), акселерометр и детектор магнитного поля. Все 3 типа сенсора трёхмерные (оси друг другу перпендикулярны) и каждое измерение имеет разрядность 16 бит – 65536 значений.

Главным инструментом фильтрации выступает отладочная плата PinBoard II (Рис. 1) из-за наличия на ней микроконтроллера AVR, программатора к нему и базовой электронной обвязки, что сделало работу очень удобной и продуктивной.



Рис. 1. PinBoard II с гироскопом LSM9DS0

Фильтр Калмана был реализован на микроконтроллере AVR. Для этого на микроконтроллер тоже была написана программа, которая с определённым временным интервалом опрашивает датчик, получая с него необходимую координату, потом обрабатывает значение координаты по формуле приведённой выше и на последнем этапе отправляет обработанное значение в COM порт на ПК для построения графиков.

Исследование

Для различных значений коэффициента Калмана K было проведено несколько опытов с построением графиков плотности распределения

измеряемой координаты гироскопа в состоянии покоя (Рис. 2).



Рис. 2. Плотность распределения

Данные графики наглядно демонстрируют влияние фильтра Калмана на разброс в измерениях датчика.

В ходе исследования выяснилось, что все 3 координаты гироскопа в состоянии покоя не равны нулю, а имеют некоторый сдвиг, слабо зависящий от температуры и напряжения питания. Что в дальнейшем стало дополнительным объектом исследования при построении временных диаграмм координат.

На полученных временных диаграммах (Рис. 3) при коэффициенте K отличного от 1 хорошо видны переходные процессы (ступенчатое воздействие вызванное переходом от абсолютного 0 до значения приходящего с датчика в состояние покоя). Так же при $K=1$ заметен шум и повышенная реакция на изменения измеряемой координаты (обычные вращательные движения). При K отличного от 1 реакция на внешнее воздействие становится более сглаженной.

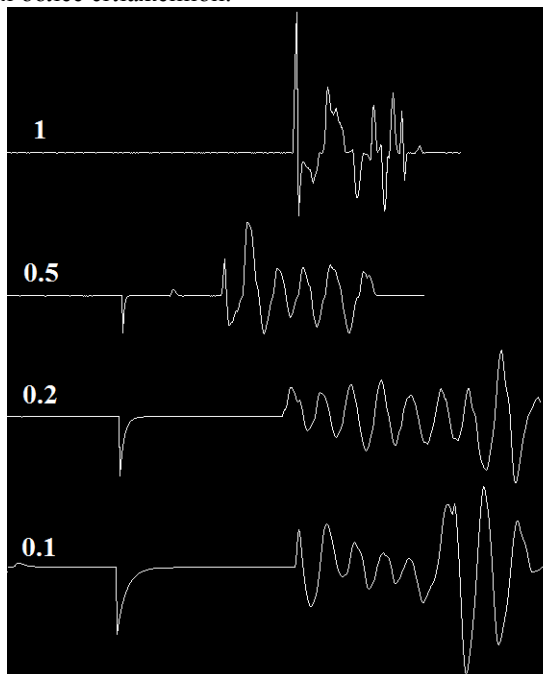


Рис. 3. Временные диаграммы

Из данных графиков можно сделать вывод, что фильтр Калмана замедляет реакцию на изме-

нение сигнала. При этом, чем меньше коэффициент Калмана, тем медленнее реакция на изменение.

Для оценки критичности замедления реакции была написана ещё одна программа, которая принимает данные из COM порта и на основе этих данных перемещает курсор на экране компьютера.[4,5] После очередной серии опытов с различным коэффициентом K выяснилось, что управление курсором ПК комфортнее всего при $K = 0,2$.

Заключение

Исследование метода фильтрации Калмана доказало его эффективность в борьбе с помехами и с шумами. Подбирая коэффициент Калмана можно полностью устранить влияние шумов при условии сохранения их природы. Так же этот метод хорошо справляется со сглаживанием сигнала, избавляя его от резких скачков, придавая ему инерцию. Не требует больших вычислительных ресурсов, в отличие других методов. На пример для нахождения среднего квадратичного отклонения (используется в других методах) требуются значительно больше вычислительных мощностей. Это связано с 8 битной архитектурой микроконтроллеров AVR, а для вычисления среднеквадратичного отклонения требуется оперировать не с целочисленными числами, а с числами с плавающей запятой, которые занимают 32 бита. Поэтому у метода Калмана самый вычислительно эффективный ресурс.

Литература

1. Фильтр Калмана [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/166693/>, свободный.
2. LSM9DS0 – Datasheet [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.adafruit.com/datasheets/LSM9DS0.pdf>, свободный.
3. Работа с COM портом на C++ в Windows [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://how2.org.ua/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5/%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0-%D1%81-com-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%BC-%D0%BD%D0%B0-c-%D0%B2-windows.html>, свободный.
4. Изменение позиции курсора. C++ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://itblogs.org/izmenenie-pozicii-kursora-s/>, свободный.
5. Координаты курсора мышки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sql.ru/forum/538349/koordinaty-kursora-myshki>, свободный.

РАССЕЯНИЕ СВЕТОВОГО ПУЧКА НА РАДИАЛЬНО-СИММЕТРИЧНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЯХ СЕРДЦЕВИНЫ GI-POF В НАПРАВЛЯЕМЫЕ МОДЫ

Шибельгут А.А.

Научный руководитель: Литвинов Р.В., к.ф.-м.н., доцент кафедры ГОР
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 40
E-mail: shibelgut@gmail.com

Полимерные оптические волокна (polymer optical fibers – POF) с градиентным профилем показателя преломления (graded-index POF – GI-POF) широко используются в телекоммуникационных системах – в волоконно-оптических системах передачи (ВОСП). Значительное влияние на качество POF оказывают неоднородности сердцевины волокна, появляющиеся вследствие несовершенства технологии его производства и, в конечном итоге, приводящие к дополнительным искажениям оптических сигналов [1, 2]. Поэтому разработка методики определения параметров таких неоднородностей (размер, место локализации) является актуальной проблемой. В данной работе выполнен анализ эффективности рассеяния в собственные оптические моды волокна монохроматического светового пучка на радиально-симметричных неоднородностях сердцевины GI-POF, падающего на боковую поверхность волокна.

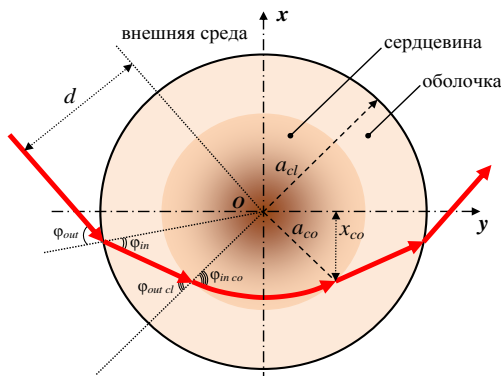


Рис. 1. Траектория прохождения светового пучка в плоскости поперечного сечения GI-POF.

Для рассматриваемой задачи на рис. 1 показана траектория светового пучка, распространяющегося в плоскости поперечного сечения GI-POF. Модель элементарного акта рассеяния пучка на одной неоднородности представлена в работе [3]. Часть рассеянных световых лучей попадает в конус углов волноводных мод POF. Это приводит к направленному распространению оптической энергии вдоль оси волокна [1-3]. Как известно [4], изменения меридионального угла θ ограничиваются диапазоном углов $0 \div \theta_c$, где угол отсечки θ_c зависит от азимутального угла φ ($0 \leq \varphi \leq 2\pi$) и координаты y вдоль направления распространения светового пучка в сердцевине волокна и может быть определен в следующем виде:

$$\theta_c = \arcsin \sqrt{\frac{n \left[\sqrt{x_{co}^2 + y^2} \right]^2 - n_{cl}^2}{1 - \left[(x_{co}^2 + y^2) / a_{co}^2 \right] \sin^2 \varphi}}, \quad (1)$$

где n_{cl} и $n \left[\sqrt{x_{co}^2 + y^2} \right]$ – показатель преломления оболочки и сердцевины, соответственно; a_{co} – радиус сердцевины; $x_{co} = a_{co} \cdot \cos(\alpha)$ – смещение светового луча в сердцевине волокна относительно центра волокна; α – угол поворота луча при прохождении его через сердцевину GI-POF; d – смещение падающего пучка относительно центра волокна.

В работах [1, 2] рассеивающие центры рассматриваются как равномерно распределенные неоднородности в сердцевине волокна. В отличие от этих работ в данной статье рассматриваются центры рассеяния, которые равномерно распределены только внутри узкого радиально-симметричного слоя толщиной $2w$ (см. рис. 2) в сердцевине волокна. Как следует из рисунка 1, световой пучок рассеивается в сердцевине волокна на неоднородностях, локализованных внутри сегмента $[-y_{co}; y_{co}]$, где $y_{co} = \sqrt{a_{co}^2 - x_{co}^2}$.

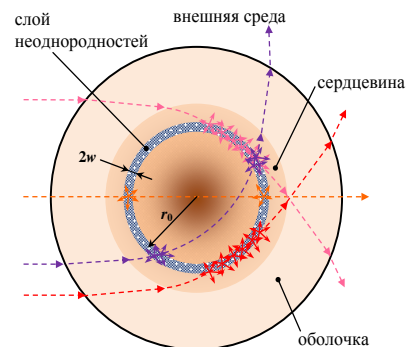


Рис. 2. Схема рассеяния сканирующего пучка в GI-POF при различных смещениях d . Здесь r_0 – смещение центра слоя неоднородностей от оси волокна; w – полуширина слоя неоднородностей.

На рис. 2 показана схема рассеяния пучка на радиально-симметричном слое неоднородностей сердцевины, локализованном на расстоянии r_0 от центра волокна, при различных смещениях d . Как следует из этого рисунка, при увеличении смещения d та часть траектории светового пучка, которая проходит через рассеивающие центры, сначала увеличивается от значения, равного удвоенной

ширине слоя неоднородностей $4w$, до величины, равной $4\sqrt{r_0 w}$, а затем спадает до нуля. При этом часть рассеянного света, попадающая в конус углов направляемых мод, захватывается волокном и распространяется вдоль него.

Соотношения, полученные в работах [1, 3], описывающие нормированную интенсивность волноводных мод волокна, возбуждаемых за счет рассеяния на неоднородностях, могут быть следующим образом обобщены на рассматриваемый случай:

$$I_{E,H} = T_{E,H} \int_{-y_{co}}^{y_{co}} N(y) \times \int_0^{2\pi} \int_0^{\theta_c} f_{E,H}(\theta', \varphi') \sin \theta d\theta d\varphi dy \quad (2)$$

где $f_E(\theta', \varphi') = f_{\parallel}(\theta') \cos^2 \varphi' + f_{\perp}(\theta') \sin^2 \varphi'$ и $f_H(\theta', \varphi') = f_{\parallel}(\theta') \sin^2 \varphi' + f_{\perp}(\theta') \cos^2 \varphi'$ – индикатрисы рассеяния для случаев параллельной (E) и перпендикулярной (H) поляризации падающего светового пучка относительно оси волокна, соответственно; $f_{\parallel}(\theta')$ и $f_{\perp}(\theta')$ – коэффициенты рассеяния для параллельной (\parallel) и перпендикулярной (\perp) поляризации относительно плоскости рассеяния [5]; T_E и T_H – френелевские коэффициенты пропускания для E - и H -поляризованного светового пучка, соответственно.

Как известно [5], в случае рассеяния светового пучка на центрах типа Рэлея индикатриса рассеяния $f(\theta', \varphi')$ хорошо описывается приближенными выражениями $f_E = \sin^2 \theta$ и $f_H = \cos^2 \theta + \sin^2 \theta \sin^2 \varphi$. Используя соотношения $\theta' = \arccos(\sin \theta \sin \varphi)$ и $\varphi' = \arctan(\tan \theta \cos \varphi)$, нетрудно свести тройной интеграл в формуле (2) к двойному интегралу и представить ее в виде

$$I_{E,H} = T_{E,H} \int_{-y_{co}}^{y_{co}} N(y) \int_0^{2\pi} F_{E,H}(y, \varphi) d\varphi dy, \quad (3)$$

$$\text{где } F_E = \frac{4}{3} (2 + \cos \theta_c) \sin^4 \left(\frac{\theta_c}{2} \right),$$

$$F_H = \frac{1}{3} \left[1 - \cos^3 \theta_c + 4(2 + \cos \theta_c) \sin^2 \varphi \sin^4 \left(\frac{\theta_c}{2} \right) \right].$$

На рисунке 3 представлены зависимости нормированной интенсивности волноводных мод, возбуждаемых при рассеянии светового пучка, от его относительного смещения d/a_{co} , рассчитанные для следующих параметров: $a_{co}=490$ мкм, $a_{cl}=500$ мкм, $n_{co}=1.492$, $n_{cl}=1.416$, $w=10$ мкм, $r_0=0.99 \cdot a_{co}$. Характерной особенностью этих зависимостей является наличие резкого максимума, появление которого связано с увеличением длины рассеяния светового пучка радиально-

симметричным слоем неоднородностей по мере приближения смещения пучка к слою неоднородностей. Очевидно, что с ростом длины рассеяния общая интенсивность рассеянных лучей в волноводные моды увеличивается. Эта закономерность может быть использована для определения радиуса смещения слоя неоднородностей r_0 . Следует отметить, что различие в положении максимумов зависимостей, отвечающих случаям E - и H -поляризации, обусловлено различием френелевских потерь на границе «внешняя среда – оболочка».

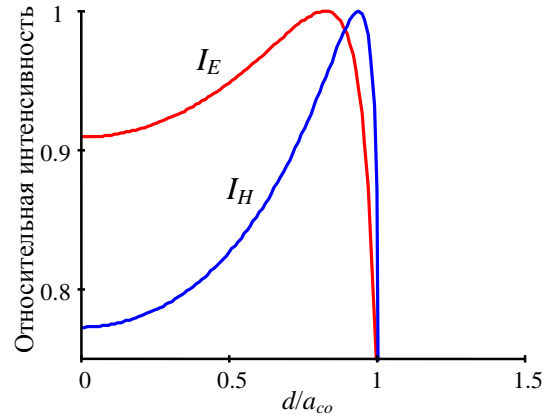


Рис. 3. Зависимость нормированной интенсивности волноводных мод GI-POF от нормированного смещения падающего светового пучка E - и H -поляризации.

Таким образом, предложенная методика анализа эффективности направляемых мод GI-POF, возбуждаемых при рассеянии сканирующего светового пучка, позволяет определить смещение слоя радиально-симметричных неоднородностей относительно оси волокна.

Шибельгут А.А. поддержан стипендией Президента РФ (проект СП-4673.2013.5).

Литература

1. Bunge С.-А., Kruglov R., Poisel H. Rayleigh and Mie Scattering in Polymer Optical Fibers // J. Lightw. Technol., 2006, vol. 24, no. 8, pp. 3137-3146.
2. Illarramendi M.A., Aldabaldetrek G., et al. Scattering in step-index polymer optical fibers by side-illumination technique: theory and application // J. Opt. Soc. Am. B, 2012, vol. 29, no. 6, pp. 1316-1329.
3. Шибельгут А.А., Литвинов Р.В., Кириенко Н.Г. Эффективность возбуждения волноводных мод оптического волокна при рассеянии лазерного пучка на радиально-симметричном слое неоднородностей сердцевин // Доклады ТУСУР, 2014, № 1 (31), с. 132-135.
4. Унгер Х.-Г. Планарные и волоконные оптические волноводы. – М.: Мир, 1980. – 656 с.
5. Борен К., Хафмен Д. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. – М.: Мир, 1986. – 664 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОДВОДНОЙ ОБСТАНОВКИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ГРУППЫ АНПАВ

А. Сорокин, А.Ю. Демин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
vas1@tpu.ru <mailto:tmag@sibmail.com>

Введение

Создание новейших технических средств исследования и освоения океана невозможно без сотрудничества специалистов различных дисциплин и научных направлений. В настоящее время речь идет, в частности, о создании высокоточных, надежных робототехнических систем и комплексов, ориентированных на выполнение долговременных «интеллектуальных» миссий в неопределенной подводной среде [1].

Трехмерная визуализация подводной обстановки позволяет более наглядно изучить особенности морского дна, облегчает планирование, контроль и принятие решений во время подводных миссий. Так же, на основе данных, собранных автономными необитаемыми подводными аппаратами (АНПА), можно получить реалистичные трехмерные карты (рис 1.) [2].

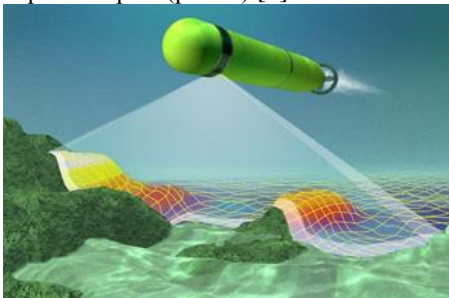


Рис. 1. Исследование морского дна АНПА с помощью гидролокатора

Морское дно – интересный и вместе с тем труднодоступный для изучения объект. Перспективным методом исследования дна является его фотографирование с помощью АНПА [5]. В настоящее время область 3D визуализации морского дна по фотоизображению малоизучена, а существующие разработки не получили должного внимания.

Визуализация трехмерной модели

Для построения трехмерной модели предложено использование карт высот – двумерных карт, используемые для хранения высот ландшафта, обычно хранящиеся как 8-разрядные изображения с градациями серого, где каждая точка изображения хранит высоту ландшафта в соответствующей позиции.

На карту высот накладывается полигональная сетка, в каждом узле которой считывается высота и создается трехмерная точка в пространстве. На основании массива таких точек, строится трехмерная модель рельефа.

В реальном мире ландшафты не однородны по цвету, и для того, чтобы добавить 3D модели рельефа реалистичности, на них накладываются текстуры (рис.2.).

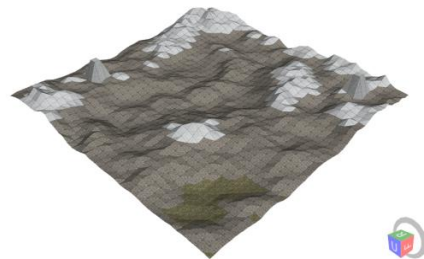


Рис. 2. Готовая текстурированная трехмерная модель поверхности

Моделирование поведения АНПА

Для моделирования поведения групп АНПА весьма подходящим представляется имитационное моделирование на основе мультиагентного подхода, при котором модель состоит из большого числа объектов с автономным поведением. В этом случае состояние всей системы будет моделироваться как агрегация поведения отдельных АНПА. Таким образом, модель АНПА является интеллектуальным агентом.

Модель АНПА отражает те свойства объекта исследования, которые рассматриваются как существенные для исследования и должна включать:

- местоположение в трехмерном пространстве;
- текущий вектор скорости;
- алгоритмы выполнения миссий;
- модель передачи данных по гетерогенным каналам связи;
- модель датчиков для обнаружения неподвижных и движущихся подводных объектов;
- модель движения.

Из этого следует необходимость реализации иерархической имитационной модели.

Вторым необходимым компонентом мультиагентной системы моделирования является среда. В качестве модели среды выступает векторное трехмерное поле, определяющее подводные течения и другие состояния среды (рис. 3.). Модель каждого АНПА на каждой итерации взаимодействует с моделью среды, получая значения этого поля в точке нахождения подводного аппарата.

Тем самым учитывается влияние среды на движение АНПА.

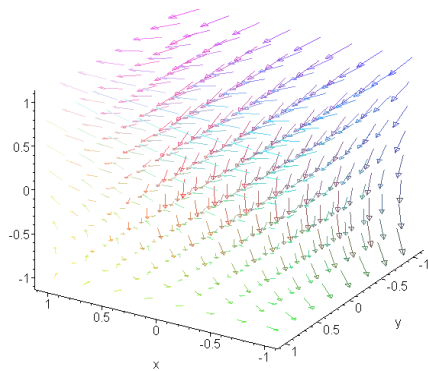


Рис. 3. Пример векторного трехмерного поля

Кроме АНПА по подобным законам в подводной среде могут двигаться другие объекты, обнаружения которых и является целью АНПА. Такие объекты могут выпускаться с надводных или подводных аппаратов и следовать через группировку АНПА под различными углами и с различной скоростью. Попадая в зону обнаружения любого АНПА, данные объекты отмечаются как обнаруженные. Целью моделирования, в таком случае, является сбор статистических данных о возможности обнаружения посторонних объектов группировкой АНПА при различных вариантах построения и при реализации различных миссий отдельных АНПА.

Программный комплекс

При создании комплекса программ применялись методы объектно-ориентированного программирования, что позволило обеспечить гибкую структуру с взаимозаменяемыми компонентами. Основу комплекса составляют три класса объектов: модель АНПА, модель среды и графический интерфейс. Данные, передаваемые между объектами классов, схематично представлены на рисунке 3.

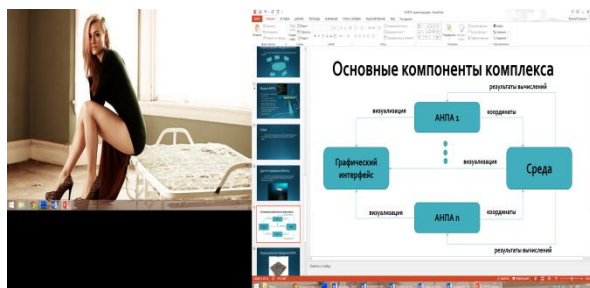


Рисунок 3. Схема передачи данными между объектами классов

При движении в среде АНПА передает свои координаты среде, которая на основе положения аппарата рассчитывает влияние внешних факторов на его движение и возвращает данные, необходимые для дальнейшей визуализации. Визуализация

среды и движения АНПА осуществляется с помощью графического интерфейса.

Заключение

При выполнении данного исследования были получены следующие результаты:

- Адаптирован подход 3D представления подводной обстановки с помощью карт высот;
- Разработана программная реализация для 3D визуализации подводной обстановки;
- Начато исследование проблем мультиагентного моделирования в данной области.

Океан изучен всего на 5%. Морское дно – интересный и вместе с тем труднодоступный для изучения объект. Перспективным методом исследования дна является его фотографирование с помощью АНПА, а так же моделирование поведения реальных АНПА для достижения наилучших результатов в реальных условиях.

Литература

1. Alexandre Santos Lobao «Beginning XNA 2.0 Game Programming: From Novice to Professional». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://netlib.narod.ru/library/book0077/ch10_01.htm, свободный.
2. Гречищев А., Бараниченко Б., Монастырев С., Шпильман А. «Трехмерное моделирование и фотореалистичная визуализация городских территорий» — журнал «DATA+» №2 (25), 2003 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=2244>, свободный.
3. Демин А.Ю. Саврасов Ф.В. Методы оптимизации динамического формирования маршрута движения транспортных средств. Известия Томского политехнического университета. - 2011 - Т. 318 - №. 5 - С. 149-153
4. Демин А.Ю., Марчук С.М., Рейзлин В.И. Программное средство для автоматизации моделирования профиля оптической поверхности. Проблемы информатики. - 2012, Вып. Специальный - С. 6-10
5. Demin A. Y., Dorofeev V. A. Parallelization research of Algorithm for detecting borders on the basis of graph representation. 2014 12TH International conference on actual problems of electronic instrument engineering (APEIE) – 34006 Proceedings. Novosibirsk, October 2 – 4, 2014 Volume 6. p. 232 – 236.
6. Dyomin A.Yu., Marchuk S.M., Reizlin V.I. Simulating a Non-Spherical Surface Profile. In: 9th Korean-Russian International Symposium on Science & Technology (KORUS 2005) – v. 1. – Novosibirsk, June 26 – July 2, 2005, p. 41-43. – Novosibirsk : NSTU, 2005.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ LTCC СИСТЕМ BaO-B₂O₃-SiO₂/Al₂O₃

Д.А. Пашков, В.М. Погребенков
Томский политехнический университет
pashk@tpu.ru

Введение

Низкотемпературная совместно спекаемая керамика (Low temperature co-fired ceramic - LTCC) является новым материалом в производстве современных микропроцессорных систем, хотя опыт работы в данной отрасли зарубежных мировых производителей достаточно высок. Классическими материалами данной отрасли являются органические печатные платы и изделия HTCC (High temperature co-fired ceramic). С ростом рабочих частот в электронных изделиях классические материалы показали свои недостатки, что обусловило необходимость создания композиционного материала, в роли которого и выступила LTCC керамика. Начало развития низкотемпературной керамики было положено, когда в высокотемпературную керамику, главным образом в корунд α -Al₂O₃, стали добавлять специальные виды стекол. Данные добавки обеспечивали жидкостный механизм спекания материала, что позволило снизить температуры обжига и использовать низкотемпературные проводники (Ag, Au, Cu). За счет использования встроенных пассивных компонентов стало возможным улучшить возможности корпусирования микросхем [1].

Современные зарубежные производители низкотемпературных стеклокерамических материалов используют композиты из оксида алюминия и боросиликатных, барий-боросиликатных стекол. Они значительно опередили отечественную промышленность в данной отрасли, и как следствие в микропроцессорной, ВЧ и СВЧ технике на их основе. В России давно известны подобные материалы под маркой ультрафарфор (УФ), которые представляют собой различные композиции корунда α -Al₂O₃ и стеклокомпонентов. Однако данные материалы не использовались для изделий тонкопленочного литья и обладали более высокими температурами спекания из-за использования других материалов стеклофазы. Особенностью LTCC керамики является подбор стекол со специфическими свойствами, которые дополняют свойства керамического наполнителя и одновременно обеспечивают полноту механизма спекания, что зависит от ТКЛР (температурный коэффициент линейного расширения) стекол и композиций. Необходимо добиться максимально-го спекания материала и минимального значения пористости, поскольку наличие пор и дефектов микроструктуры отражаются на электрических свойствах материала – увеличивая диэлектрические потери. К LTCC изделиям относятся материалы, спеченные

при температуре ниже 1000°С, однако более предпочтительными являются композиции с температурами обжига в диапазоне 800-850°С, что позволяет добиваться гораздо лучших результатов при совместном спекании с металлическими проводниками и практически сокращает их окисление.

Поскольку исследования в данной области в России практически отсутствуют, то для анализа особенностей спекания и основных характеристик были выбраны LTCC системы аналогичные зарубежным производителям на основе Ba-B-Ca-Al-Si-O стеклокерамики и корундовой составляющей Al₂O₃. Целью данной работы было приготовить различные композиции стекол и корунда α -Al₂O₃, исследовать особенности спекания стеклокерамических композиций, выявить основные характеристические температуры для подобранных составов, определить их свойства в зависимости от содержания керамической составляющей.

Экспериментальная часть

Составы стекол, выбранных для экспериментальных исследований, приведены в таблице 1. Выбор компонентного состава стекол основывался на данных исследований в области LTCC, которые подтверждают максимальную эффективность содержания SiO₂ на уровне 60% в технологии шихт [2].

Таблица 1. Химический состав стекол

Обозн. стекло	Содержание оксидов в стекле, мас. %					
	CaO	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	BaO	SiO ₂	Na ₂ O+K ₂ O
H1	10	14	13	-	60	3
H2	7	5	7	18	60	3

В качестве сырьевых материалов для варки стекла использовался SiO₂ марки ОВС-025-1, медицинский Н₃ВО₃, СаСО₃ марки ЧДА, Na₂СО₃ марки ЧДА, К₂СО₃ марки Ч, Al(OH)₃ марки Ч, ВаСО₃ марки ЧДА. Варка стекол производилась в корундовых тиглях в электрической печи вертикального типа с карбид-кремниевыми нагревателями при температуре 1400°С, после чего расплав стекол был вылит на металлическую плиту. В качестве керамической составляющей использовался технический кальцинированный глинозем марки NO105RA производства фирмы Nabalox, с преобладанием α -Al₂O₃. Дисперсность материалов достигалась при последовательном дроблении и измельчении в шаровой мельнице с корундовыми мелющими телами и фарфоровой футеровкой.

Зерновой состав определен на анализаторе удельной поверхности NOVA 2200-е методом БЭТ и приведен в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика исходных материалов	
Наименование	Средний размер зерна, мкм
α -Al ₂ O ₃	1,243
Стекло Н1	3,340
Стекло Н2	3,924

На основании значений температур растекания стекол Н1 и Н2 и рассчитанных значений диэлектрических характеристик подобраны композиции для приготовления литевых суспензий. Подготовленные сырьевые материалы были взяты в соотношениях 54 мас.% стекла Н1 и 46 мас.% α -Al₂O₃; 60 мас.% стекла Н2 и 40 мас.% α -Al₂O₃. Приготовление суспензий на основе поливинилбутирала и дибutilфталата проведено в фарфоровом барабане с корундовыми мелющими телами. Для полученных керамических суспензий вязкость определена на роторном вискозиметре OFITE Модель 1100 и составляла 2-2,5 Па*с. Пленка отлита на лабораторной установке тонкопленочного литья КЕКО САМ-L25ТВ с регулировкой толщины ленты формирующим ножом.

Для подбора режима обжига полученные пленки подвергнуты термическому анализу на синхронном термическом анализаторе Neizch STA449 F3 Jupiter. Для анализа особенностей спекания полученные составы обжигались на корундовых подложках с соответствующим температурным режимом в диапазоне температур от 800 до 1000°С. После обжига усадка (по осям ХУ и Z), пористость, водопоглощение и плотность образцов были определены методом гидростатического взвешивания с вакуумированием.

Выводы

Наиболее спеченные образцы для композиции 54 мас.% Н1 + 46 мас.% α -Al₂O₃ были достигнуты при температуре 950°С: пористость 0,414%, относительная плотность 97,11%, огневая усадка 10,22% (ХУ) и 58,33% (Z), при этом рассчитанное значение константы диэлектрической проницаемости составляет 7,065. Для композиции 60 мас.% Н2 + 40 мас.% α -Al₂O₃ спекание до нулевого водопоглощения происходит при температуре 975°С, при этом пористость составляет 0,524%, относительная плотность 93,56%, огневая усадка 10,79% (ХУ) и 61,67% (Z) и константа диэлектрической проницаемости составляет 7,409.

Исследование ТКЛР композиций произведено на оптическом dilatометре Neizch DIL 402 PC и составило для композиции с 54 мас.% Н1

$\alpha_{20-300}=6,9420 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, а для композиции с 60 мас.% Н2 $\alpha_{20-300}=6,1903 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Исследование фазового состава указанных композиций проведено на рентгеновском дифрактометре типа ДРОН-3М. Результаты отображены на рисунках 1 и 2.

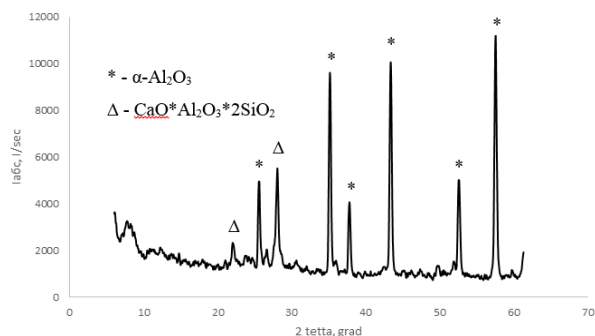


Рис. 1. Рентгенограмма композиции 54/46

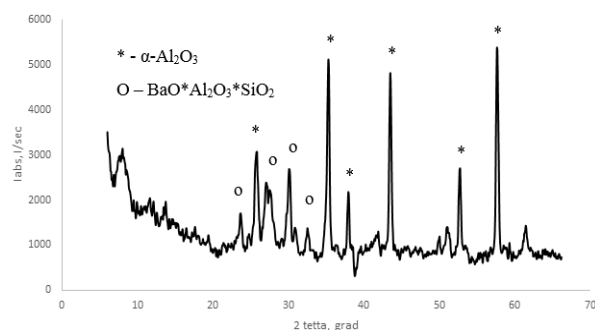


Рис. 2. Рентгенограмма композиции 60/40

■ Исследованные стеклокерамические композиции на основе боросиликатных стекол обладают необходимыми диэлектрическими характеристиками и невысоким ТКЛР и пригодны для использования в микропроцессорных системах на основе LTCC. Однако в ходе работы для них получены невысокие значения относительной плотности при высоких температурах спекания, что свидетельствует о наличии внутренней пористости и, как следствие, высоких значений диэлектрических потерь.

■ Литература

1. Кондратюк Р. Низкотемпературная совместно спекаемая керамика (LTCC). Преимущества. Технология. Материалы// Передовые технологии. 2011. № 5. С. 14–17.
2. Ming Liu, Hongqing Zhou. Low Temperature Sintering and Dielectric Properties of Ca-Ba-Al-B-Si-O Glass/Al₂O₃ Composites for LTCC Applications// Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed. 2013. № 28. С. 1085–1090.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕМРИСТОРОВ В ПАМЯТИ И КОМПЬЮТЕРНОЙ АРХИТЕКТУРЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Прокопюк С.Ю., Казиев А.Б.
Томский Политехнический Университет
Jedi4334@gmail.com

Жизнь человека в 21-ом веке невозможно представить без информационных технологий во всем их многообразии. Вычислительная техника используется для работы, проведения досуга, общения, функционирования коммунальных и транспортных систем, проведения научных исследований и многого другого. Именно по причине такого интенсивного применения компьютерных технологий возникает проблема их усовершенствования в ногу с постоянно развивающимся информационным обществом современности. Данная работа посвящена разработке, способной революционизировать технологии, которыми мы пользуемся в повседневной жизни. Речь идёт о мемристоре – принципиально новом, четвёртом базовом типе элемента электротехники, который открывает перед нами возможности, выходящие далеко за пределы тех, что способны предоставить нам хорошо знакомые резисторы, конденсаторы и катушки – представители трёх классических элементов.

Слово memristor образовано от сочетания английских слов memory и resistor, означающих «память» и «электрическое сопротивление» соответственно [1]. В отличие от классических элементов, которые демонстрируют постоянный отклик на внешние сигналы, мемристор способен запоминать воздействия, приложенные к нему ранее, и, таким образом, может хранить информацию. Перспективы применения такого элемента обширны – от скорого создания искусственного интеллекта до появления устройств памяти нового поколения, которые уже на сегодняшнем этапе разработок сверхэффективны и сверхкомпактны по сравнению с классической DRAM и Flash-памятью. Концепцию мемристора ввёл в 1971 году Леон Чуа, профессор Кафедры электротехники и компьютерных технологий Калифорнийского университета [2], однако первый лабораторный образец мемристора был создан только в 2008 году в исследовательской лаборатории фирмы Hewlett-Packard коллективом учёных во главе с Р.С. Уильямсом. В настоящее время фирма взяла эту технологию на вооружение и находится на передовом крае разработок в данной области.

Память, построенная на основе мемристоров, называется RRAM или ReRAM, что является сокращением от Resistive random-access memory, резистивная память с произвольным доступом. Чтобы понять принцип её работы, необходимо рассмотреть механизм работы самого мемристора.

Принцип работы мемристора довольно прост. Массив мемристоров в общем случае – это два слоя токопроводящих проводников, пересекающихся под прямым углом. В местах пересечения верхних и нижних проводников находятся небольшие вкрапления из двух наложенных друг на друга слоёв диоксида титана. Нижний слой содержит избыток кислорода и обладает огромным сопротивлением току, в то время как верхний содержит дефицит кислорода и является токопроводящим. Прилагая достаточное напряжение между слоями, можно привести в действие диффузию кислорода из нижнего слоя в верхний и изменить структуру диоксида титана, уменьшив сопротивление нижнего слоя в миллионы раз. При этом изменившаяся проводимость слоёв останется такой до тех пор, пока не будет приложено обратное сопротивление. Таким образом реализуется энергонезависимое хранение информации.

Регулируя уровень насыщения нижнего слоя кислородом, можно изменять сопротивление каждого элемента плавно, что позволяет использовать элементы не только в цифровом, но и в аналоговом режиме. Более того, по утверждению разработчиков фирмы Hewlett Packard, переключать состояние слоёв можно до бесконечности, ведь главное преимущество мемристора в том, что он не хранит свои свойства в виде заряда, что устраняет угрозу утечек заряда, а также обуславливает его энергонезависимость. Иными словами, данные хранятся в мемристоре до тех пор, пока не прекратят своё существование сами материалы, из которых он изготовлен. Это позволяет надеяться, что наше сверхкомпактное и сверхбыстрое RRAM устройство будет вырабатывать свой ресурс очень и очень долго [3].

Конструктивно мемристоры состоят из тонкой плёнки из двух вышеописанных слоёв, которая расположена между двумя платиновыми электродами, что, очевидно, значительно проще структуры классической Flash-памяти. Приведём сравнение эффективности ячейки памяти традиционной Flash-технологии и памяти RRAM. Исследование было проведено в июле прошлого года на основе ячейки RRAM, произведённой научно-образовательным центром «Нанотехнологии» и Центром корпоративного предпринимательства МФТИ. По полученным данным количество циклов перезаписи ячейки RRAM на два порядка превысило данный параметр ячейки Flash-памяти (10^7 против 10^5), в то время как время перезаписи, напротив, оказалось на два порядка меньше (0.1

микросекунды против 10 микросекунд). При этом затраты энергии уменьшились в от сотни до тысячи раз [4].

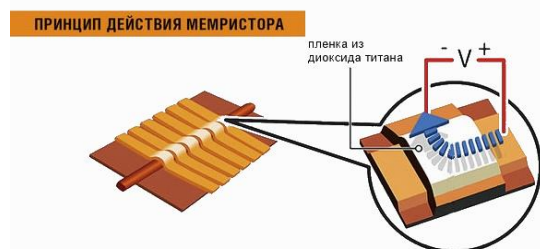


Рис. 1. принцип действия мемристора

Следует отметить, что на сегодняшний день разработками в этой области занимается не только Hewlett-Packard. К примеру, в американском Университете Райса такие же элементы памяти создают на основе не диоксида титана, а более дешёвого оксида кремния, который можно получить из обычного песка, а в американском Национальном институте стандартов и технологии была разработана технология изготовления гибких элементов памяти, в которой в качестве подложки используется полимерный материал. Разработкой мемристоров в России занимаются МФТИ и Тюменский государственный университет [5].

Изученные свойства мемристоров позволяют говорить о возможности создания на их основе компьютеров принципиально новой архитектуры, значительно превышающих по производительности полупроводниковые. Современные компьютеры, которыми все мы привыкли пользоваться, построены на основе архитектуры фон Неймана, подразумевающей разделение устройств хранения данных от устройств их обработки – вычислительных модулей. Команды при этом выполняются последовательно, друг за другом. Компьютер на базе мемристоров способен моделировать работу человеческого мозга, не имеющего единого центра сбора и обработки информации, ведь каждый его блок и получает, и хранит, и обрабатывает информацию. Таким же образом и работа мемристорного компьютера будет основана на параллельной работе множества модулей, а возможность оперировать множеством значений от нуля до единицы позволит вырваться за границы двоичной логики. Машина станет архитектурно однородным устройством, не нуждающимся в выделенных процессорах, видеочипах или жёстких дисках, и в которой будут одновременно храниться и обрабатываться все данные. По сравнению с

современной техникой, энергопотребление мемристорных машин будет ничтожным, а вычислительная мощность просто гигантской.

Главным препятствием на пути коммерческого распространения мемристорных технологий можно назвать тот факт, что на данный момент они плохо оптимизированы для массового производства в связи с использованием дорогостоящих и редких металлов. Но работы в направлении преодоления этой проблемы уже ведутся, и ведущие компании планируют запуск устройств на основе мемристоров уже в ближайшие годы. Одна только компания Hewlett-Packard инвестировала 75% процентов ресурсов в свои разработки в области памяти RRAM, нейристоров и компьютеров нового поколения на основе мемристорной архитектуры. На сегодняшний день, когда внимание общественности приковано к таким популярным областям как создание квантовых компьютеров или сокращение техпроцесса полупроводниковых, возможно, с открытием четвёртого базового элемента электротехники будущее уже наступило.

Литература

1. Massimiliano Di Ventra, Yuriy V. Pershin, Leon O. Chua. Circuit elements with memory: memristors, memcapacitors and meminductors.-2009.- [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://arxiv.org/pdf/0901.3682.pdf> (дата обращения 07.10.14)
2. Ершов А. Сайт о нанотехнологиях.- 2013[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2013/era-printsipialno-novykh-kompyuterov-iz-tsepei-memristorov> (дата обращения 06.10.14)
3. Интернет магазин «Фцентр».- Мемристор HP — транзистор будущего?-2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://fcenter.ru/online/hardnews/2010/04/12> (дата обращения 08.10.14)
4. Информационный портал «SavePearlHarbor».- ReRam — следующий этап развития микроэлектроники.- 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://savepearlharbor.com/?p=186012> (дата обращения 05.10.14)
5. Сайт Тюменского Государственного Университета – Мемристор – шаг к искусственному интеллекту. Новые разработки ученых ТюмГУ.- 2012 [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://utmn.ru/news/6468> (дата обращения 09.10.14)

РАСЧЕТ НАГРУЗКИ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЭВМ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ СЕТЕВОЙ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В КАЧЕСТВЕ МАРШРУТИЗАТОРА

В.В. Чемерилов Е.С. Чердынцев
Томский политехнический университет
vchemerilov@gmail.com, es@tpu.ru

Корпоративная сеть – коммуникационная система, принадлежащая и/или управляемая единой организацией в соответствии с правилами этой организации [1]. Это сложная сеть, для создания которой необходимо использовать маршрутизаторы. В связи с последними событиями, случившимися на Украине, США стала вводить санкции против России. Есть вероятность того, что США наложит санкции на дорогие маршрутизаторы. Тогда встает вопрос, какой аналог можно использовать? Подобные маршрутизаторы Россия еще не в состоянии создать, а дешевые маршрутизаторы ненадежны и не обладают нужным набором функции. В результате поиска ответа на этот вопрос было принято решение исследовать возможность использования ПЭВМ с сетевой операционной системой в качестве маршрутизатора и рассчитать нагрузку сети, в которой используется данное устройство.

Сетевая операционная система

Для настройки маршрутизации на ПЭВМ необходимо использовать сетевую операционную систему.

Сетевая операционная система – базовый комплекс компьютерных программ, система со встроенными возможностями для работы в сетях [2]. К таким возможностям можно отнести:

- поддержку сетевого оборудования
- поддержку протоколов маршрутизации
- поддержку сетевых протоколов
- поддержку сетевых протоколов авторизации
- поддержку фильтрации сетевого трафика и т.д.

Описание программно-технического комплекса Моделирования

Сеть состоит из 5 виртуальных машин: 3 с сетевой операционной системой и две с клиентской (к примеру, Windows XP).

Характеристики виртуальной машины с клиентской ОС:

192 МБ ОЗУ

10 ГБ жесткий диск (динамически расширяемый).

1 сетевой адаптер: тип подключения - внутренняя сеть (IP адрес определяется по DHCP-серверу).

Характеристики виртуальной машины с серверной ОС:

256 МБ ОЗУ

15 ГБ жесткий диск (динамически расширяемый).

2 сетевых адаптера:

Adapter1 тип подключения - внутренняя сеть intent (для сети client-server).

Adapter2 тип подключения - внутренняя сеть intnet2 (для сети server1-server2).

Модель сети

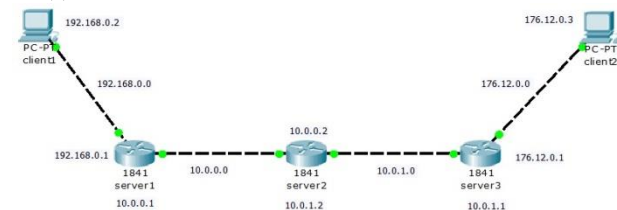


Рис. 1. Модель сети

Модель сети разрабатывалась в программе Cisco packet tracer [3].

client1, client2 – виртуальные машины с клиентской ОС (клиенты). Можно подключить до 54 машин к каждой подсети (в настройках DHCP сервера был указан пул адресов на 54 машины). Server1, server3 – виртуальные машины с серверной ОС (серверы).

Виртуальная машина server2 используется в качестве промежуточного звена между подсетями 192.168.0.0 и 176.12.0.0.

Измерение нагрузки сети

Нагрузка на сеть – объем данных, реально передаваемый по сети в единицу времени. Другими словами это скорость передачи данных. Нагрузка сети рассчитывается по формуле:

$$V = n v_i$$

где n – число ПЭВМ в сети, v_i – нагрузка на один ПЭВМ в сети. Нагрузка на один ПЭВМ в сети рассчитывается по формуле:

$$v = D / t$$

где D – количество переданных данных, t – время, за которое были переданы данные. В данной сети пакет данных 3 Мб передается за 62 секунды. Нагрузка на один ПЭВМ составляет:

$$v_{\text{сред}} = \frac{D}{t} = \frac{3 \text{ МБ}}{62 \text{ с}} = 0,048 \text{ МБ / с}$$

По требованиям в сети может быть не более 98 ПЭВМ (при настройке DHCP-сервера указан пул адресов 192.168.0.2-192.168.0.55 для одного сервера и 176.12.0.2-176.12.0.55 для другого сервера). Тогда нагрузка сети равна:

$$V = n v_{\text{сред}} = 0,048 \text{ МБ / с} * 98 = 4,7 \text{ МБ / с}$$

Пропускная способность сети это наибольшая возможная в данной сети скорость передачи информации. Она определяется некоторыми огра-

ничивающими факторами (объем передаваемой по сети служебной информации, длительность интервалов между передаваемыми блоками данных) и битовой скоростью. Значения пропускной способности для сетевых технологий известны и приводятся в стандарте. В данном случае значение пропускной способности будет равно 8,2 Мб/с.

Для проверки пропускной способности используется соответствующий метод тестирования. При проведении типового тестирования пропускной способности с одного устройства на другое с определенной скоростью отправляется трафик в течение заданного периода времени. Принимающее устройство считает количество кадров, полученных во время тестирования. Если при передаче данных не был потерян ни один кадр, пропускная способность будет равна скорости передачи. В противном случае, если один или несколько кадров потеряны, то пропускная способность окажется ниже, чем скорость передачи. Чтобы узнать максимальную пропускную способность линии, необходимо начать с максимальной теоретической скорости передачи и постепенно снижать скорость, пока на принимающем устройстве больше не будет потерян ни один кадр.

Отношение нагрузки на сеть к пропускной способности называется коэффициентом использования сети. Тогда:

$$\eta = \frac{V}{V_{\max}} = \frac{4,7 \text{ МБ / с}}{8,2 \text{ МБ / с}} = 0,57$$

Коэффициент использования сети $\eta < 1$. Это значит, что сеть загружена не полностью. Можно рассчитать максимальное количество ПЭВМ, которое можно подключить к сети.

$$n_{\max} = \frac{V_{\max}}{V_{\text{сред}}} = \frac{8,2 \text{ МБ / с}}{0,048 \text{ МБ / с}} = 170$$

К данной сети можно подключить максимум 170 ПЭВМ, то есть 85 ПЭВМ к каждому серверу.

Если объем передаваемых данных увеличивается, то производительность сети уменьшается, так как объем трафика делится между всеми ПЭВМ сети и доля пропускной способности разделяемого сегмента, которая должна приходиться на один узел, очень часто ему не достается из-за особенностей работы механизма доступа к общей среде передачи данных. После увеличения коэф-

фициента использования сети до определенного предела резко уменьшается реальная скорость передачи данных. Потери времени, связанные с работой механизма доступа к разделяемой среде зависят от характера обращений ПЭВМ к сети и не могут быть точно рассчитаны, поэтому для обеспечения достаточной производительности необходимо задавать предельное значение коэффициента использования сети, при котором сеть будет быстро реагировать на обращения пользователей [4].

Заключение

Основываясь на требованиях к сети, в программе cisco packet tracer была разработана модель. Были подсчитаны нагрузка сети и коэффициент использования. В завершении работы было проведено тестирование сети. В терминале виртуальной машины client1 была набрана команда tracerert (определяет маршрут следования данных) с указанием второй клиентской машины (client2). В результате выполнения команды были получены сведения обо всех промежуточных узлах сети, через которые прошли данные на пути к виртуальной машине client2 (server1,server2,server3).

■

Литература

1. Корпоративная сеть [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://5fan.info/poljg/ebewyfrsnayfs.html>, свободный.
2. Сетевая операционная система [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/140619>, свободный.
3. Cisco packet tracer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.netacad.com/ru/web/about-us/cisco-packet-tracer>, свободный.
4. Расчет нагрузки на сеть, пропускная способность сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-34044.html>, свободный.
5. Таненбаум Э., Уэзеролл Д., Компьютерные сети. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2012. — 960 с.
6. Олифер В., Олифер Н., Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. — СПб.: Питер, 2010. — 944 с.

ОБЗОР МЕТОДОВ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

В.В. Чемерилов Е.С. Чердынцев
Томский политехнический университет
vchemerilov@gmail.com, es@tpu.ru

Введение

При проектировании компьютерной сети важной задачей является правильное распределение нагрузки между узлами данной сети. Балансировка нагрузки – это метод распределения заданий между несколькими сетевыми устройствами с целью оптимизации использования ресурсов, сокращения времени обслуживания запросов, обеспечения отказоустойчивости (резервирования) и горизонтального масштабирования кластера [1]. В этой работе будет проведена классификация алгоритмов балансировки нагрузки компьютерной сети, будут выделены достоинства и недостатки каждого алгоритма.

Статические алгоритмы распределения нагрузки
Алгоритмы распределения нагрузки в сети можно поделить на статические, динамические и адаптивные.

В статических алгоритмах решения о распределении нагрузки принимается заранее, до начала работы. Они не изменяются в процессе работы. Примером статического алгоритма может служить алгоритм Round Robin [2]. Рассмотрим его подробнее.

Пусть имеются N объектов и M задач, которые должны выполнить эти объекты. Пусть задачи m имеют равный приоритет, а объекты n равны по своим свойствам между собой. Первый объект ($n=1$) должен выполнить первую задачу ($m=1$), второй объект вторую и т.д., до достижения последнего объекта ($m=N$). Следующая задача ($m=N+1$) будет задана первому объекту ($n=1$) и т.д. То есть происходит перебор объектов, выполняющих задания, по циклу или по кругу (round), и по достижении последнего объекта следующая задача будет также назначена первому объекту.

В компьютерных сетях в качестве объектов, можно принять IP-адреса web-серверов, а в качестве задач – ответы web-сервера на запросы клиентов. Когда клиент посылает запрос на web-сервер, web-сервер отвечает на запросы не только одним IP-адресом, а списком из нескольких адресов серверов, предоставляющих идентичный сервис, при этом порядок, по которому определяется этот список, основан на алгоритме Round Robin. С каждым ответом последовательность IP-адресов меняется. Таким образом, разным клиентам будут выданы IP-адреса разных серверов, что распределит общую нагрузку между серверами [3].

Статический алгоритм достаточно легко реализовать, но в случае невозможности выполнения объектом поставленной ему задачи (например, если

сервис на одном IP-адресе будет недоступен), данный объект не удалится из списка всех объектов, а будет получать новые задачи (клиенты могут повторно получить IP-адрес недоступного сервера).

Динамические и адаптивные алгоритмы распределения нагрузки

В отличие от статических алгоритмов распределения динамические алгоритмы используют информацию о системе для реализации распределения нагрузки. Примером такой информации может служить информация о загруженности узлов. Загруженность узла может определяться, например, как количество задач в очереди узла, либо как доля процессорного времени, затраченная на решение задачи, либо как вероятность обнаружить узел, занятый решением задачи в какой-либо момент времени.

Динамические алгоритмы нагрузки можно разделить по степени централизованности на централизованные, иерархические и полностью распределенные алгоритмы [4]. Также существуют алгоритмы, совмещающие все указанные подходы.

Координатор собирает и поддерживает в актуальном состоянии информацию о загруженности узлов системы, а алгоритм поиска партнера использует эти данные.

Большой недостаток централизованных алгоритмов состоит в том, что в случае сбоя центрального компонента, произойдет сбой всей системы (центральный компонент является уязвимым местом системы). Централизованные алгоритмы потенциально менее надежны, чем иерархические и полностью распределенные.

Динамический алгоритм балансировки содержит четыре элемента:

- политику балансировки;
- алгоритм выбора партнера;
- алгоритм выбора задачи для передачи;
- механизм сбора необходимой информации о состоянии системы.

Политика балансировки определяет, является ли узел объектом балансировки. Алгоритм выбора задачи определяет, какую именно задачу необходимо передать. При выборе задачи алгоритм может учитывать, что накладные расходы, которые связаны с пересылкой задачи, должны быть минимальны, число связей в задаче с локальными ресурсами должно быть минимально, сложность выполнения задачи должна быть большой.

За выбор подходящего узла для операции балансировки нагрузки отвечает алгоритм выбора

партнера. Обычно в распределенных алгоритмах используют опросы узлов. Они могут быть последовательными или параллельными.

Механизм сбора информации о загруженности системы определяет, когда собираются данные о загруженности, где хранятся эти данные и что является их источником. Выделяют несколько классов механизмов сбора информации [4].

1. Сбор данных по необходимости. Когда узел нуждается в балансировке нагрузки, распределенные алгоритмы данного класса собирают информацию о загруженности. Они подразделяются на иницируемые отправителем, получателем и симметрично иницируемые. В алгоритмах, иницируемых отправителем, узел, передающий задачи, ищет получателей, которым он может передать часть задач. В алгоритмах, иницируемых получателем, узел, получающий задачи, заимствует задачи у отправителя. В симметричных алгоритмах используется комбинация упомянутых подходов.

2. Периодический сбор данных. Алгоритмы данного класса могут быть как распределенными, так и централизованными. Алгоритм иницирует балансировку нагрузки в зависимости от собранных данных.

3. Сбор данных по изменению состояния. В системах, реализующих алгоритмы данного класса, при изменении внутреннего состояния, узлы сами распространяют информацию об изменении загруженности.

Под стабильностью алгоритма балансировки или системы, его использующей, обычно понимают одну из двух характеристик:

- системная устойчивость, то есть недопустимость ситуации, когда отдельные узлы системы перегружены, в то время как остальные простаивают или недогружены;

- алгоритмическая стабильность, выраженная в том, что алгоритм не совершает бесполезных действий с ненулевой вероятностью.

Динамические алгоритмы можно использовать, например, для решения задач динамической маршрутизации. Пусть маршрут пакета от отправителя до получателя включает маршрутизаторы нескольких уровней – уровня доступа, распределения и ядра. Маршрутизатору необходимо оптимизировать распределения нагрузки между используемыми каналами связи. Для решения задачи

используется динамический алгоритм, который будет распределять нагрузку, основываясь на информации о состоянии загруженности соседних узлов [5].

Адаптивные алгоритмы являются частным случаем динамических алгоритмов и в зависимости от условий и априорного знания о свойствах алгоритмов балансировки выбирают наиболее подходящий из них. Пример - алгоритм адаптивной балансировки через оценку эффективной пропускной способности [6]. Этот алгоритм маршрутизации имеет две цели: оценка стоимости канала и создание «политики для принятия решения об обновлении стоимости канала». Для первой цели все стоимости, которые будут использоваться в будущем кратчайшем или лучшем периоде обновления путей вычисляются на основе предварительной информации о нагрузке каналов (трафика). В то же время для второй, расходы анализируются таким образом, чтобы решение по обновлению расходов могло быть принято окончательно.

Заключение

В результате работы была рассмотрена классификация алгоритмов распределения нагрузки в компьютерной сети. У каждого класса есть свои достоинства и недостатки, например, динамические алгоритмы должны собирать, хранить и анализировать информацию о состоянии системы, им свойственны большие накладные расходы на балансировку по сравнению со статическими алгоритмами, но статические алгоритмы менее эффективны по сравнению с динамическими. Выбор алгоритма распределения нагрузки во многом зависит от того, какие сетевые устройства будут использоваться.

Литература

- http://ru.wikipedia.org/wiki/Балансировка_нагрузки,
[http://ru.wikipedia.org/wiki/Round-robin\(алгоритм\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Round-robin(алгоритм)),
http://ru.wikipedia.org/wiki/Round_robin_DNS,
http://www.isa.ru/jitcs/images/stories/2009/03/33_48.pdf,
http://ea.donntu.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/7138/1/610_Batyr.PDF
<http://www.moluch.ru/archive/63/9880/>

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ ГРАФА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ В ВИДЕ СЕТИ АВТОМАТОВ

Погребной А. В.

Томский политехнический университет

e-mail: avpogrebnoy@gmail.com

Под идентификацией структуры графа будем понимать получение для него такого описания, которое является инвариантным относительно нумерации вершин и представляет граф с точностью до изоморфизма. В этом определении отмечается три важных момента: описание, инвариантность и изоморфизм. Идентификация здесь рассматривается как поиск описания графа, отвечающего требованиям инвариантности и изоморфизма. Граф в результате идентификации должен получить уникальный описатель, который не зависит от нумерации вершин. Совпадение описателей графов должно гарантировать их изоморфизм.

В отличие от поиска такого описания многие исследования были сосредоточены на поиске числовых характеристик, отражающих свойства структуры графа. Характеристики, для которых соблюдается только первое требование, стали называть инвариантами [1]. Попытки поиска числовой характеристики, удовлетворяющей обоим требованиям, получившей название полного инварианта графа, не увенчались успехом. Известен только один полный инвариант в виде миникода [2], но для его получения требуется объём вычислений сопоставимый с проверкой на изоморфизм.

При решении проблемы получения полного инварианта нет никаких оснований противопоставлять его вид – числовая характеристика или описатель. Очевидно также, что предпочтение следует отдать описателю, т.к. функциональные возможности описателя шире.

Рассмотрим один из традиционных способов представления графа $G = (E, U)$ с множеством вершин $E = \{e_i\}$ и множеством рёбер $U = \{u_{ij}\}$, $i, j = 1, 2, \dots, n$ в виде списка инцидентов $F(e_i)$ вершин e_i . Недостаток такого описания заключается в том, что один и тот же граф с разными нумерациями вершин будет иметь разные списки $\{e_i(F(e_i))\}$ и восприниматься разными графами. Получается, что, заменив произвольные номера вершин e_i на некоторые однозначно устанавливаемые номера d_i , мы получим описание в виде $\{d_i(F(d_i))\}$, которое однозначно идентифицирует структуру графа.

Таким образом, решение проблемы идентификации структуры графа и получения для него полного инварианта сводится к разработке правил однозначного установления номеров d_i . Согласно этим правилам значение d_i должно отражать уникальность вершины e_i в структуре графа. Для достижения этого нужно научиться различать (дифференцировать) вершины, выделяя признаки уни-

кальности положения для каждой из них в структуре графа и однозначно описывая эти признаки.

Положение вершины в структуре графа будем определять по трём видам структурных различий – вычисляемые, скрытые, виртуальные, а также по отношениям между ними.

К вычисляемым относятся любые легко определяемые характеристики вершин, которые приводят к их дифференциации. Такой характеристикой для неоднородного графа является, например, степень s_i вершины e_i , $s_i = |F(e_i)|$. Скрытые различия фиксируют конфигурации отношений между вершинами в структуре графа с учётом их структурных различий вычисляемого вида. Априорно выявить всё многообразие конфигураций отношений не представляется возможным. Поэтому такие различия названы скрытыми. Виртуальные структурные различия вводятся в тех случаях, когда на основе вычисляемых и скрытых различий не удаётся достичь полной дифференциации вершин.

Применение одного или нескольких легко вычисляемых различий, как правило, приводит к начальной (неполной) дифференциации. Для обозначения уникальных номеров d_i вершин e_i будем использовать числа натурального ряда $(1, 2, \dots, n)$. Тогда начальное (нулевое) состояние дифференциации обозначим вектором $D^0 = \{d_i^0\}$, $i = 1, 2, \dots, n$. Если на основе вычисляемых различий удаётся достигнуть полной дифференциации, т.е. $\max(d_i^0) = n$, то формируется описатель структуры и, соответственно, полный инвариант.

Для продолжения дифференциации от состояния D^0 до состояния $D^k = D$ с полной дифференциацией вершин предлагается структуру графа представлять динамической системой в виде сети автоматов. Каждой вершине структуры ставится в соответствие автомат. Взаимодействие между автоматами осуществляется по каналам связи, которые соответствуют рёбрам графа.

При функционировании динамической системы в дискретном времени накапливается и интегрируется информация о скрытых различиях относительно всех вершин структуры. В k -й момент дискретного времени оператор Int переводит систему из состояния D^k в D^{k+1} , вычисляя $d_i^{k+1} = Int[\{d_i^k(F(d_i^k))\}]$. В итоге процесс дифференциации можно представить траекторией смены состояний динамической системы. Автоматы сети в переходе $D^k \Rightarrow D^{k+1}$, находясь в состоянии D^k , обмениваются по каналам связи состояниями d_i^k и

формируют список записей $\{d_i^k(F(d_i^k))\}$. Оператор Int на основе записи $d_i^k(F(d_i^k))$ и состояния D^k устанавливает для i -го автомата новое состоя-

ние d_i^{k+1} . На рисунке показан пример процесса дифференциации вершин.

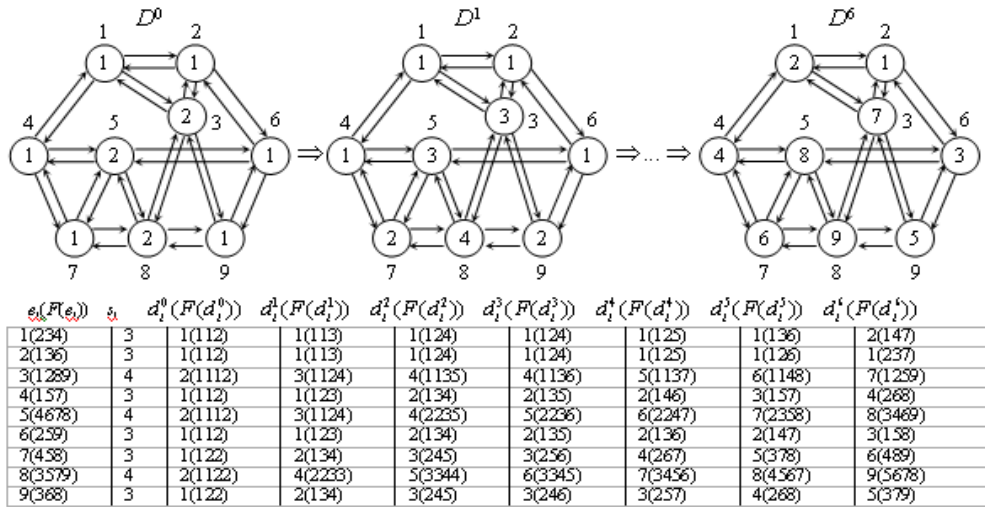


Рис. 1. Пример процесса дифференциации вершин.

Автоматы на рисунке представлены кружками. Внутри кружков указаны состояния d_i^k , вне кружков номера соответствующих вершин e_i . Начальное состояние i -го автомата d_i^0 определяется по степени s_i вершины e_i . Автоматы с наименьшей степенью вершин получают значения $d_i^0 = 1$. Для следующей по величине степени $d_i^0 = 2$ и т.д.

Из примера следует, что для достижения полной дифференциации в траектории смены состояний потребовалось выполнить 6 переходов $D^k \Rightarrow D^{k+1}$. Все состояния в виде списков записей $d_i^k(F(d_i^k))$, формируемых автоматами, приведены на рисунке. В инциденторах $F(e_i)$ и $F(d_i^k)$ элементы не разделены запятыми, т.к. все значения одноразрядные числа. Алгоритм оператора Int в базовом варианте, который применен в данном примере, сводится к следующему. Записи $d_i^k(F(d_i^k))$ в списке $\{d_i^k(F(d_i^k))\}$ упорядочиваются по возрастанию значений d_i^k , а среди записей с равными значениями d_i^k – по возрастанию числовых эквивалентов инциденторов $F(d_i^k)$. Первая запись $d_i^k(F(d_i^k))$ получает интегральное значение $d_i^{k+1} = 1$. Вторая запись, если не равна 1-й, получает $d_i^{k+1} = 2$ и т.д. В итоге все разные записи

получают разные значения d_i^{k+1} . Оператор Int имеет ряд модификаций, связанных с перезапуском процесса дифференциации с помощью виртуальных различий [3].

Для приведенного примера с помощью базового алгоритма оператора Int , получен описатель $\{d_i^6(F(d_i^6))\} = \{d_i^k(F(d_i^k))\}$, который идентифицирует структуру графа независимо от исходной нумерации вершин. Это означает, что точно такой же описатель будет получен при любой другой нумерации вершин. Если в описателе $\{d_i^k(F(d_i^k))\}$ упорядочить записи по возрастанию значений d_i^k , то получим полный инвариант графа.

Список литературы

1. Зыков А.А. Основы теории графов. – Москва: Вузовская книга, 2004. – 664с.
2. Balasubramanian K. Parthasarathy K. R. In search of a complete invariant for graphs // Lect. Notes Math. – 1981. – V. 885. – P. 42-59.
3. Погребной В.К., Погребной Ан.В. Полиномиальный алгоритм вычисления полного инварианта графа на основе интегрального описателя структуры // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т.323. - № 5. – с. 152-159.

ПОДХОД В ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ В MANET

Иовлев Д.И.

Научный руководитель: Бойченко И.В., к.т.н., старший научный сотрудник Томского филиала Института
вычислительных технологий СО РАН (ТФ ИВТ СО РАН)

Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники

E-mail: prodenx@t-sk.ru

MANET (Mobile Ad hoc Network)[1] – беспроводные децентрализованные самоорганизующиеся сети, состоящие из мобильных устройств. Каждое такое устройство может независимо передвигаться в любых направлениях, и, как следствие, часто разрывать и устанавливать соединения с соседями.

Минимальное конфигурирование и быстрое развёртывание позволяют применять самоорганизующиеся сети в чрезвычайных ситуациях, при боевых действиях и в других ситуациях, когда отсутствует какая-либо заранее развернутая инфраструктура связи [1].

Одной из проблем реализации сетей класса MANET является обеспечение эффективности, безопасности и надежности передачи данных в условиях произвольно изменяющейся физической топологии сети. Данную проблему можно решить с помощью подходящей реализации протокольного обеспечения.

Ключевую роль в решении играет протокол транспортного уровня – транспортный механизм потоковой передачи данных с предварительной установкой соединения. Протоколы транспортного уровня обеспечивают работу протоколов вышестоящих уровней, вплоть до прикладного. Поэтому протоколы надежной доставки необходимы для обеспечения работы многих сетевых приложений.

Общепринятым транспортным протоколом является Transmission Control Protocol [2]. Хорошо известно, что TCP предназначен для обеспечения надежной доставки данных в традиционной проводной сети, такой как Ethernet и др. Из-за своей популярности, TCP используют в мобильных беспроводных сетях. В нем надежная доставка осуществляется путем ретрансляции потерянных пакетов.

В [3-5] показано, что алгоритмы управления передачей данных, представленные в протоколе TCP, не эффективны в сетях MANET по следующим присущим им причинам:

- высокий уровень ошибок, конфликтов и коллизий на канальном и физическом уровнях;
- возможность кратковременного разрыва связи;
- смена связанности;
- постоянное изменение качества связей;
- применение многонаправленной (от англ. multi-path) маршрутизации;

- требование обеспечения энергоэффективности.

В настоящее время уже существуют аналоги решения вышеуказанной проблемы: TCP с обратной связью (TCP-F [6], TCP-ELFN [7], ATCP [8]), TCP без обратной связи (TPA [9], ATP [10]). С особенностями перечисленных решений можно ознакомиться из научных журналов.

Основным недостатками вышеперечисленных аналогов является отсутствие изменений на сетевом уровне, усложнение существующего протокола TCP вместо полной его переработки. Поэтому необходимо разработать комплексное решение проблемы организации эффективной передачи данных в сетях MANET.

Было решено, что при разработке транспортного протокола необходимо исходить из высокой «энтропии» и децентрализованности сетей MANET.

Эффективность транспортного протокола зависит от протокола маршрутизации. Поэтому изменения коснулись и сетевого уровня. Сейчас уже имеется запатентованное фирмой «Микран» решение [11]. Данный протокол маршрутизации позволяет значительно быстрее реагировать на изменения в топологии сети. На данный момент имеются первые рабочие версии. Далее речь пойдет о принципах разрабатываемого нами транспортного протокола TPM (Transmission Protocol for MANET).

Главной особенностью протокола TPM является организация управления передачей данных на каждом хопе всего маршрута, воль которого осуществляется общение между модулями протокола в пункте отправления и пункте назначения. Т.е. в управлении передачей потока участвуют модули протокола TPM на каждом промежуточном узле (рис. 1).

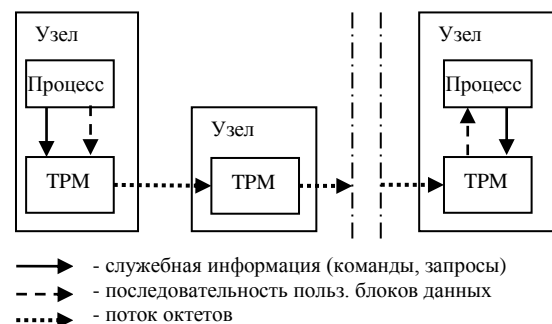


Рис. 1. Схема передачи потока данных с пункта назначения в пункт назначения.

Из схемы видно, что в передаче данных от процесса в пункте отправления процессу в пункте назначения участвуют модули протокола TRM на каждом узле маршрута. Передающий и принимающий процесс, в пункте отправления и пункте назначения соответственно, не знают о посредниках (промежуточных узлах), которые участвуют в доставке данных. Т.е. данные доставляются в неизменном виде так, как бы это происходило при использовании ТСР и сквозной передачи.

Для управления передачей данных протокол TRM использует обратную связь (ОС). ОС организуется между модулями протокола TRM на каждом хопе маршрута следования данных.

Протокол TRM обладает механизмами обеспечения надежной доставки данных. Эти механизмы функционируют на каждом промежуточном узле маршрута и используют информацию, которая поступает по обратной связи. Таким образом, подтверждение доставки данных осуществляется на каждом хопе.

Такой подход обеспечивает возможность ретрансляции данных в сети: ретрансляция данных осуществляется на том хопе сети, где они были потеряны. На каждом хопе модуль протокола TRM осуществляет регулирование скорости передачи данных: данные в определенном размере передаются через определенные промежутки времени. Конкретные значения параметров передачи вычисляются на основе информации о загрузке соседнего узла, которая поступает от него же по обратной связи вместе с информацией о полученных данных.

Модуль протокола на передающей стороне поддерживает такую скорость передачи, при которой загрузка соседнего узла находится на оптимальном уровне, что снижает вероятность возникновения затора на принимающей стороне. Каждому октету передаваемых данных присваивается порядковый номер. Он служит для подтверждения полученных данных и восстановления порядка следования принятых октетов в пункте назначения. В протоколе не используются таймеры ретрансляции для каждого пакета. Потерянные данные можно определить по пропускам в последовательности номеров подтвержденных октетов. TRM представляет ориентированный на соединения протокол. Для обеспечения вышеописанных принципов протокол оперирует двумя типами соединениями:

- Соединение между пунктом отправления и пунктом назначения (AAC – *Application-to-Application Connection*). Данное соединение используется пользовательскими процессами как точка входа (в пункте отправления) и выхода (в пункте назначения) для обмена данными.
- Соединение между передающим и принимающим узлом (PPC – *Protocol-to-Protocol Connection*). Данное соединение используется для передачи содержимого потока данных, поступа-

ющего в AAC, от модуля протокола на передающем узле модулю протокола на принимающем узле.

Через последовательность соединений PPC осуществляется передача данных, которые поступают в соединение AAC (рис. 2). В протоколе используется несколько различных заголовков сообщений. Каждый из них выполняет определенную задачу в передаче данных и для этого содержит минимальный необходимый набор параметров. Это позволяет значительно сократить количество служебной нагрузки во время трансляции.

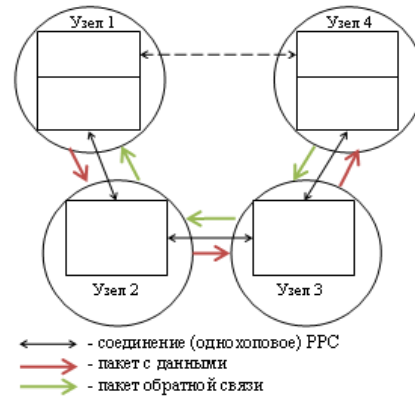


Рис. 2. Схема организации соединений для передачи данных через узлы вдоль маршрута.

Так же, для уменьшения служебной нагрузки, протокол TRM объединяет данные нескольких потоков, проходящих через один и тот же соседний узел, в один пакет.

Описанные принципы и алгоритмы были реализованы в виде алгоритмов и проверены в Matlab. Ниже приведенные результаты говорят только о работоспособности алгоритмов, а не их эффективности. Моделировался случай, представленный на рис. 3.

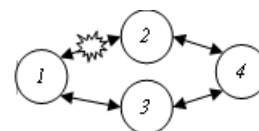


Рис. 3. Тестовый пример

Окружности представляют собой узлы, которые образуют сеть и способны принимать/передавать данные. В участке между первым и вторым узлами помеха.

Первый узел инициирует отправку данных до четвертого через второй узел, причем, из-за помехи, пакеты с номерами, кратные трем, теряются.

Из графиков видно, что во время передачи происходили потери и ретрансляции пакетов (рис. 4(б)). При этом производилась передача следующих пакетов после потерянных.

После смены маршрута, который обеспечивает протокол маршрутизации [11], все потерянные пакеты будут доставлены до получателя (рис. 4(а)).

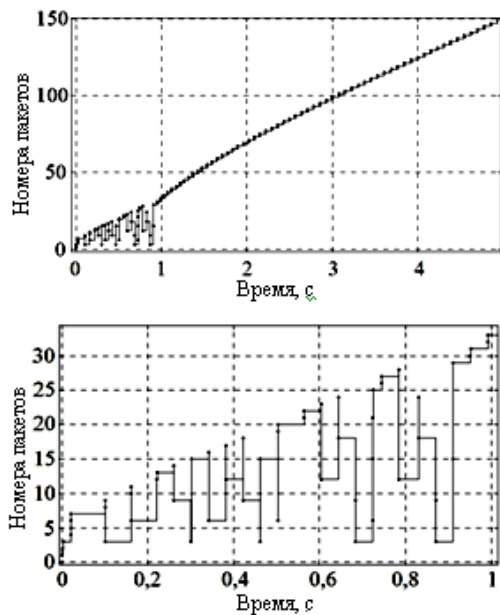


Рис. 4. Порядок отправляемых пакетов на первом узле

Результаты

В ходе исследований были выявлены проблемы управления передачей данных в сетях MANET. Были изучены существующие решения и выявлены недостатки их использования. Разработаны основные принципы решения указанных проблем. Предполагается, что по предложенным принципам будет реализован транспортный протокол TPM в составе стека протоколов MANET, разрабатываемый компанией «Микран». В настоящее время практически завершена разработка спецификации протокола TPM. Ведется разработка архитектуры программной реализации протокола и моделирование протокола в системе NS-2.

Список использованных источников

1. Radhika R. R. Handbook of Mobile Ad Hoc Networks for Mobility Models. USA: Springer, 2011, 1169 с.
2. RFC: 793 TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc793.html>, свободный (дата обращения: 03.02.2013).

3. A comparison of mechanisms for improving TCP performance over wireless links / H. Balakrishnan, V. Padmanabhan, S. Seshan, R. Katz // IEEE. ACM Transactions on Networking (Stanford, USA). – Dec. 1997. – Т. 5, № 6. – P. 756–769.

4. TCP over wireless multihop protocols: simulation and experiments / M. Gerla, R. Bagrodia, L. Zhang et al. // IEEE ICC'99 (Vancouver, Canada). – June 1999. – P. 1089–1094.

5. Xiang Chen, Hongqiang Zhai, Jianfeng Wang, and Yuguang Fang. TCP Performance over Mobile Ad Hoc Networks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1425806, свободный (дата обращения: 24.05.2013).

6. K. Chandran, S. Raghunathan, S. Venkatesan, and R. Prakash, “A feedback-based scheme for improving TCP performance in ad hoc wireless networks,” IEEE Personal communications, 8 (1):34-39, February 2001.

7. Ewa Romanowicz. TCP with Explicit Link Failure Notification // Department of Computer Science (York University, Toronto, Canada). – August 2008.

8. Jian Liu. ATCP: TCP for Mobile Ad Hoc Networks // Jian Liu, Suresh Singh // IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS. – July 2001. – V. 190, № 7. – P. 1300–1315

9. Anastasi G. TPA: a transport protocol for ad hoc networks // Anastasi G., Ancillotti E., Conti M., Passarella A. // Computers and Communications. – 2005.

10. Sundaresan K. ATP: a reliable transport protocol for ad hoc networks // Sundaresan K., Anantharaman, V., Hung-Yun Hsieh, Sivakumar, R. // IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING. – November/December 2005. – V. 4, № 6. – P. 588–603.

11. Соковых О. В., Скирта Ю. В., Абрамов В. В. Способ маршрутизации для беспроводных мобильных самоорганизующихся сетей передачи данных: пат. 2486703 Российская Федерация. 2013.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ БОРТОВОЙ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОРЕАКТИВНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Д.В. Удалов¹

Научный руководитель: д.т.н., профессор А.М. Малышенко²

¹ОАО «НПЦ «Полус»

Россия, 634050, г. Томск, пр. Кирова, 56 «в»

E-mail: polus@online.tomsk.net

²Томский политехнический университет

Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

Введение

Электрореактивные двигательные установки (ЭРДУ) на основе стационарных плазменных двигателей (СПД) получили широкое распространение в системах управления движением космических аппаратов (КА). Основное преимущество ЭРДУ перед традиционными двигательными установками на химическом топливе заключается в существенной топливной экономичности за счет большой скорости истечения реактивной струи [1].

Для электропитания и управления ЭРДУ в ее состав входит система преобразования и управления (СПУ). Для улучшения массогабаритных показателей и расширения функциональных возможностей СПУ разработана бортовая микропроцессорная система управления – подсистема обмена и управления (СОУ). Основными задачами СОУ являются сбор и первичная обработка телеметрических данных с датчиков ЭРДУ, обмен информацией с бортовым вычислительным комплексом (БВК) и управление ЭРДУ [2].

Цели создания интегрированной системы управления

Применение СОУ в составе бортовой аппаратуры позволяет:

- во-первых, унифицировать систему управления вновь разрабатываемых приборов;
- во-вторых, уйти от “жесткой” логики управления прибором, недостатком которой является то, что для каждого нового прибора схема управления разрабатывается практически с нуля, вследствие чего увеличиваются трудозатраты, возрастает вероятность возникновения ошибок, усложняется внесение изменений в изготовленный прибор;
- в-третьих, расширить функциональные возможности приборов. Применение микропроцессоров дает возможность перенести многие функции аппаратной части на программный уровень и, соответственно, увеличить гибкость управления устройствами, обеспечить масштабируемость и реконфигурируемость системы управления. Логика управления прибором, реализуемая на программном уровне, позволяет добавлять и модифицировать алгоритмы под различные задачи. Микропроцессорные системы управления могут обеспечить автономное функционирование прибора согласно заложенному алгоритму и реализовать адаптивные функции управления в процессе эксплуатации на КА;

– в-четвертых, улучшить массогабаритные показатели КА. В настоящее время существенную долю массы КА составляет кабельное оборудование, необходимое для информационной связи различных приборов, находящихся на борту. Поэтому на вновь разрабатываемых КА в качестве каналов связи используют цифровые последовательные интерфейсы, что позволяет снизить массу и объем кабельной сети.

Структурно-функциональная схема СОУ

СОУ построена по двухканальной схеме “ненагруженного резерва” и состоит из двух одинаковых модулей. Выбор активного модуля осуществляется подачей на него напряжения питания. Учитывая, что модули СОУ идентичны, то в дальнейшем будем рассматривать только один из них.

Каждый модуль СОУ состоит из центрального процессорного устройства (УПЦ), вторичного источника питания (ИПВ), а также устройства коммутации и сопряжения (УКС). Структурно-функциональная схема СОУ показана на рисунке 1.

Основные характеристики СОУ

Основные технические характеристики СОУ:

а) вычислительные ресурсы:

– процессор с архитектурой MIPS32 производительностью 23 MIPS;

– сопроцессор вещественной арифметики, соответствующий стандарту ANSI/IEEE 754-1985;

б) ресурсы памяти:

– статическое оперативное запоминающее устройство (СОЗУ), защищенное от сбоев кодами Хемминга, с информационной емкостью 2 Мбит и разрядностью 32 бита;

– энергонезависимое постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) типа EEPROM, организованное как два резервированных банка с объемом 1 Мбит каждый и разрядностью 8 бит;

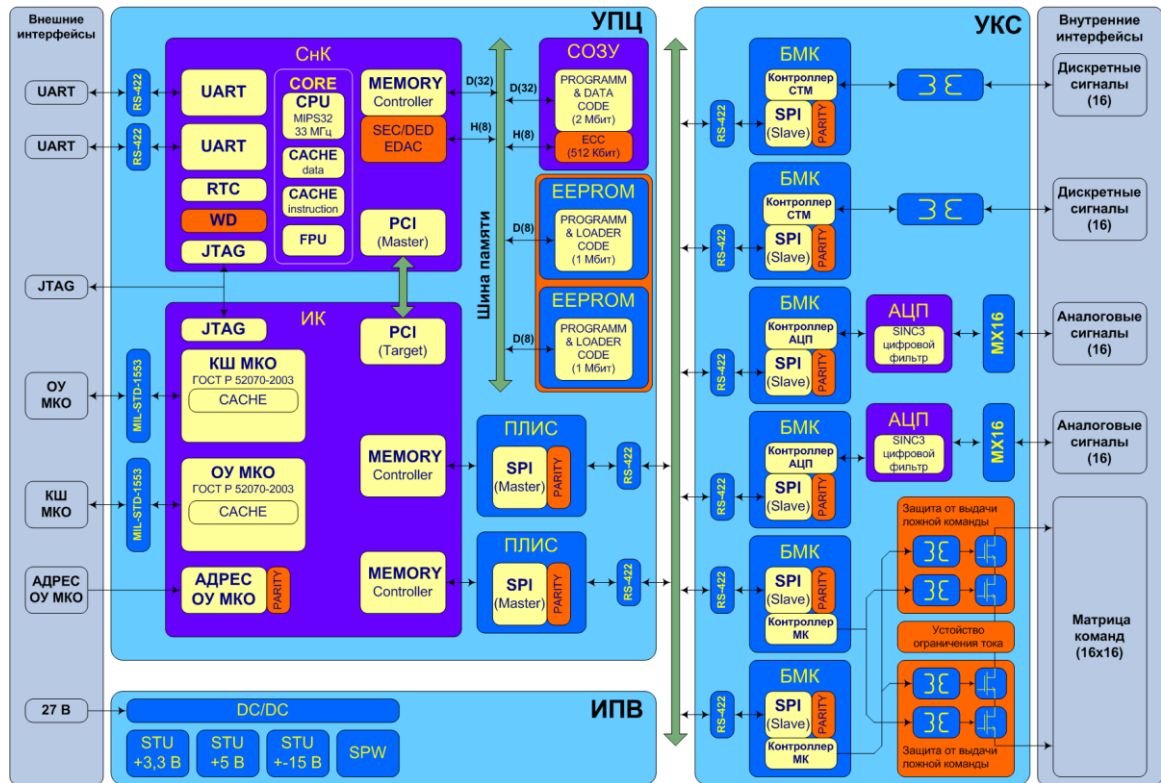


Рис. 1. Структурно-функциональная схема СОУ

в) внешние интерфейсы связи:

– два резервированных мультиплексных канала обмена ГОСТ Р 52070-2003 (MIL-STD-1553B) с двойной буферизацией;

– три межблочных/технологических канала с пропускной способностью 115,2 кбод, физический уровень которых реализован на базе интерфейса RS422;

– канал внутрисхемного тестирования/отладки и программирования JTAG IEEE 1149.1;

г) внутренние интерфейсы связи:

– два последовательных синхронных канала обмена с пропускной способностью каждого 0,5 Мбод, физический уровень которых реализован на базе интерфейса RS422;

д) интерфейсы взаимодействия с СПУ:

– 32 канала аналоговой телеметрии с аппаратной цифровой фильтрацией и эффективной разрешающей способностью 13 бит;

– 32 канала сигнальной телеметрии с подключаемыми датчиками типа "незапитанный контакт" или "открытый коллектор".

СОУ имеет следующие конструктивные характеристики (каждого из двух модулей):

– внегермоконтейнерное исполнение;

– габаритные размеры 270×195×30 мм;

– массу 1,250 кг.

– потребляемую мощность: в штатном режиме 12 Вт и 3 Вт в дежурном режиме;

– бортовое напряжение питания (27±2) В

Заключение

В настоящее время СОУ прошла в полном объеме наземную экспериментальную отработку и находится в штатной эксплуатации на борту КА "Луч".

В результате интегрирования микропроцессорной СОУ в СПУ удалось улучшить массогабаритные показатели и функциональные возможности последней.

За счет подключения БМК к СПУ по МКО посредством СОУ удалось сократить массу кабельной сети КА и снизить количество команд и каналов телеметрии бортового комплекса управления.

Литература

1. Ермошкин Ю. М. Основы теории и расчета электрореактивных двигательных установок: Учеб. пособ. Красноярск: СибГАУ, 2003.

2. Удалов Д.В., Пухтий С.Б., Седнев Ю.С. Бортовая микропроцессорная подсистема управления для электрореактивной двигательной установки // Электронные и электромеханические системы и устройства: сб. науч. тр. / ОАО «НПП «Полус». Томск, 2011. С.139 – 147.

3. Е.В Филипчук, С.И. Пахомов. Теория информации и помехоустойчивое кодирование // М.:МИФИ, 1989.

4. M. Y. Hsiao. A Class of Optimal Minimum Odd-Weight-Column SEC-DED Codes // IBM J. Res. Develop. 14, 395-401 (July 1970).

ПРОБЛЕМА ГОЛОДАНИЯ СЕТЕВЫХ ПОТОКОВ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Л.И. Худоногова

Томский политехнический университет

likhud@tpu.ru

Введение

В настоящее время беспроводные сенсорные сети (wireless sensor networks) получают все более широкое применение, как в промышленности, так и в повседневной жизни. Простота развертывания, относительно низкая стоимость, возможность установки сетей на огромных площадях, полное отсутствие кабелей и высокая надежность сделали беспроводные сенсорные сети наилучшим инструментом построения распределенных систем сбора данных, управления и мониторинга.

Среди технологий, используемых для передачи данных в беспроводных сенсорных сетях, наибольшую популярность завоевала технология Wi-Fi, основанная на стандарте связи IEEE 802.11. В частности, его модификация IEEE 802.11s позволяет создавать иерархические беспроводные ad hoc (самоорганизующиеся) сети с мобильными и статическими узлами (multi-hop, mesh-сети).

В сетях стандарта IEEE 802.11 на MAC-уровне реализуется сетевой протокол Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance (CSMA/CA), в котором каждая станция «прослушивает» канал перед попыткой передачи данных для того, чтобы избежать одновременной передачи по одному и тому же каналу. Если канал уже занят, станция откладывает передачу на определенный отрезок времени, после чего повторяет попытку. Таким образом, за счёт снижения вероятности коллизий и многочисленных повторных попыток передачи достигается значительное улучшение производительности сети.

Данный метод работает эффективно в случае, если все станции (узлы сети) находятся в области передачи (Transmission range) относительно друг друга. Однако в mesh-сетях узлы зачастую находятся вне области передачи других узлов. Поэтому информация о состоянии канала, поступающая на такой узел, будет неполной, т.к. он не сможет «услышать» передачу с других, «скрытых» узлов. В результате этого возможность получения доступа к каналу становится неравномерной среди узлов сети, и возникает явление, называемое голоданием сетевых потоков – ситуация, когда часть потоков «захватывает» весь канал, в то время как пропускная способность других потоков близка или равна нулю.

Исследование проблемы и путей ее решения

В целях решения проблемы «скрытых узлов» стандартом IEEE 802.11 рекомендуется использовать механизм RTS/CTS (Request To Send/Clear To

Send) [1]. Узел перед отправкой информации посылает кадр RTS (запрос на отправку), резервируя таким образом канал. Принимающий узел отвечает кадром CTS (разрешение отправки). После получения CTS-кадра узел-отправитель посылает кадр данных (DATA) и, если требуется, кадр подтверждения (ACK). Короткий межкадровый интервал SIFS между передаваемыми кадрами не дает другим станциям получить доступ к среде. Любой другой узел, получивший CTS-кадр, должен отложить отправку информации, пока среда не будет свободной на протяжении временного интервала DIFS (если последний кадр узла был передан успешно) или EIFS (если при передаче последнего кадра от данного узла была зафиксирована ошибка и узел передает кадр повторно). Количество времени, которое должен ожидать другой узел перед попыткой доступа к каналу, записано в кадрах RTS и CTS. Процедура отсрочки выполняется каждый раз после попытки передачи. При этом обновляется значение вектора распределения сети (NAV) – таймера обратного отсчета, отражающего ближайший период времени, когда среда будет занята. Алгоритм работы RTS/CTS представлен на Рис. 1.

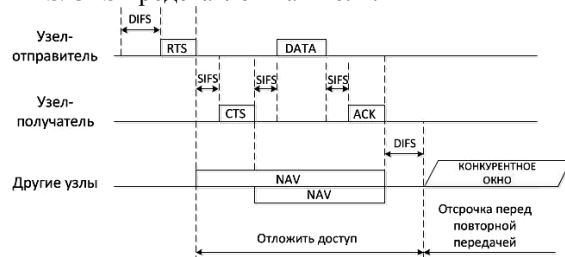


Рис. 1. Механизм RTS/CTS

К преимуществам использования механизма RTS/CTS можно также отнести то, что узел, отправивший RTS и не получивший CTS, экономит время и передает заново только короткий кадр RTS вместо большого кадра данных. Однако даже при использовании RTS/CTS для различных узлов наблюдается неравномерное распределение способности зарезервировать канал, и, как следствие, пропускная способность потоков также варьируется от максимально возможной до нулевой [2].

Для защиты потоков от голодания можно воспользоваться разными способами. Одним из путей решения является модификация протокола MAC-уровня. Так, в работе [3] авторы предлагают внести изменения в механизм предварительного обмена сообщения на MAC-уровне, а работа [4] посвящена повышению эффективности использова-

ния полосы пропускания в MAC-протоколе IEEE 802.11 посредством эффекта захвата частоты на физическом уровне. Тем не менее, несмотря на предлагаемые исправления в MAC-протоколе, призванные улучшить пропускную способность потоков, в multi-hop ad hoc сетях может по-прежнему наблюдаться голодание вследствие конкуренции, возникающей из-за зависимости от расположения узла в пространстве, и механизма отсрочки передачи.

В работе [5] предлагается на MAC-уровне использовать разработанный авторами алгоритм FBEB. Данный алгоритм позволяет увеличить использование канала голодающими потоками в 7 раз, однако вместе с тем общая пропускная способность падает на 20 %. Предложенный алгоритм применим лишь при краткосрочных сеансах передачи.

Другим вариантом уменьшения явления голодания потоков может быть обмен кадрами RTS/CTS между узлом и шлюзом. При необходимости передать сообщение узел посылает кадр RTS не на узел-приемник, а на шлюз. Т.к. все узлы получают кадр CTS, отправленный шлюзом, они откладывают передачу до тех пор, пока среда не освободится. Недостаток этого метода заключается в том, что параллельная передача по другим потокам не может быть выполнена, а следовательно, пропускная способность и скорость работы сети значительно падают.

Третьим способом решения проблемы является использование нескольких каналов для передачи с разных узлов, как предложено в [6]. Каждому каналу назначен конкретный радиointерфейс, что позволяет исключить ситуацию, когда все потоки конкурируют за один канал. Однако эффективность такого решения, в частности, количественные показатели энергетических и временных затрат на переключение между каналами, должны быть тщательно оценены, как и возможность реализации в mesh-сети с большим количеством узлов.

Самым эффективным направлением, на наш взгляд, является разработка маршрутных алгоритмов для протокола транспортного уровня, позволяющих снизить активность одних потоков и повысить активность других, не теряя при этом в пропускной способности. Хотя многие авторы утверждают, что изменения, вносимые лишь на транспортном уровне без изменения MAC-протокола, не смогут решить проблему голодания, исследования показали, что такое решение может быть найдено. В частности, в работе [7] демонстрируется согласованный алгоритм отслеживания перегрузок, позволяющий значительно снизить неравномерность распределения пропускной способности канала, который, однако, не учитывает влияния «скрытых узлов». Таким образом, дальнейшим предметом исследований станет раз-

работка алгоритма, позволяющего решить проблему голодания потоков, учитывая при этом «скрытые узлы» и сохраняя высокую пропускную способность сети.

Заключение

Беспроводные сенсорные сети, использующие стандарт IEEE 802.11 при передаче данных, подвержены явлению голодания, при котором пропускная способность одних сетевых потоков, полностью «захвативших» канал передачи данных, максимальна, в то время как другие потоки не могут пробиться к «занятому» каналу и «голодают», а их пропускная способность близка к нулю. Данная проблема рассматривалась во многих работах. По результатам проведенных исследований литературных источников были определены возможные пути решения проблемы. К наиболее перспективным способам относятся модификация протокола на MAC-уровне, организация передачи кадров шлюзу, а не узлу-получателю, использование многоканальной среды передачи, а также модификация протокола транспортного уровня.

Литература

1. IEEE 802.11-2012, IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. IEEE Computer Society, 2012.
2. A. Lyakhov, I. Pustogarov, A. Safonov, M. Yakimov. Starvation effect study in IEEE 802.11 mesh network. Third IEEE International Workshop on Enabling Technologies and Standards for Wireless Mesh Networking, Macao, China, Oct. 12, 2009.
3. V. Bharghavan, A. Demers, S. Shenker, L. Zhang, MACAW: a media access protocol for wireless LAN's, in: Proceedings of SIGCOMM '94, London, UK, September 1994.
4. M. Cesana, D. Maniezzo, P. Bergamo, M. Gerla. Interference aware (IA) MAC: an enhancement to IEEE802.11b DCF, in: Proceedings of IEEE VTC'03, Orlando, Florida, USA, October 2003.
5. Ronasi K., Gopalakrishnan S., Wong V. Flow starvation mitigation for wireless mesh networks. Dept. of Electr. & Comput. Eng., Univ. of British Columbia, Vancouver, 2009.
6. Yanyan Yang, Yunhuai Liu, Qian Zhang and Lionel M. Ni, "Level the Buffer Wall: Fair Channel Assignment in Wireless Sensor Networks," (PDF), in Computer Communications (ComCom), 33(12): 1370-1379, 2010.
7. A. Raniwala, D. Pradipta, and S. Sharma. End-to-end flow fairness over IEEE 802.11-based wireless mesh networks, in Proc. of IEEE Infocom, Anchorage, AK, May 2007.свободный.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ "БИОМЕТРИЯ - КОД ДОСТУПА" НА ОСНОВЕ МЫСЛЕННОГО PIN-КОДА

А.Е. Боршевников

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент, С.М. Гончаров
Дальневосточный федеральный университет

LAdG91@mail.ru

Введение

По исследованиям аналитиков рынок биометрических технологий на конец 2014 года должен составить около 9 миллиардов долларов. Это отражает высокую потребность обычных граждан и организаций в надежной защите.

Разные технологии используют разные биометрические характеристики. Наиболее часто используемыми характеристиками являются отпечатки пальцев, геометрия лица, радужная оболочка глаза. Это все статические характеристики. К динамическим характеристикам можно отнести динамику рукописного почерка, клавиатурного почерка, голоса. Также динамической характеристикой является электроэнцефалограмма (ЭЭГ) мозга.

Для безопасного решения данной задачи необходимо на основе нечетких биометрических данных вырабатывать криптографический ключ. Существует два основных подхода для решения данной задачи. Первый подход основывается на использовании нечеткой математики и нечетких экстракторов, позволяющих преобразовать биометрическую информацию в сильный криптографический ключ [1]. Второй подход основывается на использовании аппарата больших нейронных сетей [2].

Возникает задача построения высоконадежной биометрической системы на основе ЭЭГ. Для решения этой задачи было решено использовать нейросетевую преобразователь "Биометрия - код доступа".

Дискретное преобразование Фурье для выделения параметров электроэнцефалограммы

■ В работе [3] был сконструирован нейросетевой преобразователь "Биометрия - код доступа" на основе ЭЭГ, а также были рассчитаны вероятности ошибок первого и второго рода.

■ Для выделения визуального вызванного потенциала ЭЭГ в данной работе использовалась стимуляция из поочередно меняющихся цифр от "0" до "9". Пользователь выбирал одну или несколько цифр и при их появлении концентрировался на них. Этот набор цифр считался мысленным PIN-кодом. После этого значения амплитуд полученной ЭЭГ и ЭЭГ, снятой в состоянии покоя, вычитались и 15 максимальных значений разностей амплитуд с одного канала ЭЭГ брались

за вектор параметров. Всего получалось 14 векторов, состоящих из 15 компонент.

■ Такой способ не учитывает особенностей сигнала ЭЭГ. Альтернативным решением, которое опишет особенности сигнала канала ЭЭГ, является использование коэффициентов дискретного преобразования Фурье для выделения параметров сигнала.

Дискретное преобразование Фурье для выделения параметров электроэнцефалограммы

■ В общем виде прямое дискретное преобразование Фурье выглядит следующим образом:

$$X_k = \sum_{n=0}^N x_n e^{\frac{2\pi i}{N} kn}, k = \overline{0, N},$$

■ где X_k - комплексные амплитуды синусоидальных сигналов, слагающих исходный сигнал; x_n - измеренные значения сигнала в дискретных временных точках с номерами n ; N - количество значений сигнала, измеренных за период, а также количество компонент разложения.

■ Преимуществом использования комплексных амплитуд является то, что они учитывают обычную амплитуду сигнала, а также его фазу. Также использование преобразования Фурье позволяет использовать для нейросетевого только сигнал, снятый при воздействии визуальной стимуляции. Это позволяет уменьшить время необходимое для обучения нейросетевого преобразователя.

■ Для уменьшения затрат времени на обработку данных ЭЭГ было решено использовать алгоритм быстрого преобразования Фурье.

■ Для проведения эксперимента использовалась база данных ЭЭГ для мысленных PIN-кодов из 4 символов.

■ Нейросетевой преобразователь "Биометрия - код доступа", взятый за основу, имеет структуру двухслойной нейронной сети.

■ В качестве параметров ЭЭГ было решено использовать вектор максимальных комплексных амплитуд возрастающего сигнала зрительного вызванного потенциала для каждого символа мысленного PIN-кода:

$$\bar{a}_i = \{a_{ij}\}, i = 1, \dots, 14, j = 1, \dots, 4,$$

■ где \bar{a}_i - вектор биометрических данных, используемый в нейросетевом преобразователе; i

–номер электрода, с которого снята электроэнцефалограмма; j – номер временного фрагмента, соответствующего символу мысленного PIN-кода, с которого взято максимальное значение комплексной амплитуды преобразования Фурье.

■ Процедура обучения нейросетевого преобразователя выполняется по стандарту ГОСТ Р 52633.5 [2]. В результате выполнения процедуры обучения мы получаем 2 набора векторов весовых коэффициентов:

$$\bar{M}_i = \{M_{ij}\}, i = 1, \dots, 14, j = 1, \dots, 4,$$

$$\bar{M} = \{M_k\}, k = 1, \dots, 320,$$

■ где \bar{M}_i – вектор весовых коэффициентов первого слоя нейронной сети, соответствующий вектору \bar{a}_i ; j – номер соответствующего компонента вектора \bar{a}_i ; \bar{M} – вектор весовых коэффициентов второго слоя нейронной сети; k – номер соответствующего нейрона первого слоя.

■ Дальнейшая работа нейронной сети преобразователя сходна работе нейронной сети из работы [3].

Полученные результаты

■ В базе ЭЭГ, используемой в эксперименте, были сняты ЭЭГ 10 пользователей. Данные одного пользователя были приняты за образ "Свой", а данные остальных 9 пользователей за образ "Чужой" и соответственно являются данными злоумышленников.

■ Был проведен опыт по возможности получения злоумышленником секретного ключа при условии знания весовых коэффициентов, а также при условии знания мысленного PIN-кода или при условии не знания PIN-кода и получены расстояния Хэмминга до секретного ключа пользователя. (таблица 1).

Таблица 1. Расстояние Хэмминга до секретного ключа пользователя

Номер пользователя	Расстояние Хэмминга	
	Противник не знает PIN-код	Противник знает PIN-код
1	111	60
2	74	75
3	100	64
4	108	63
5	109	88
6	119	85
7	104	79
8	106	90
9	115	65

■ Как видно из таблицы в случае, когда злоумышленник угадывает мысленный PIN-код, максимально близкое расстояние Хэмминга от полученного злоумышленником ключа до секретного ключа пользователя было равно 60.

■ Также были проведены опыты по восстановлению ключа пользователем, которому при-

надлежал этот ключ. Во всех опытах по восстановлению ключа пользователем, преобразователь безошибочно восстанавливал секретный ключ.

■ По результатам работы нейросетевого преобразователя "Биометрия - код доступа" были получены результаты ошибок первого и второго рода. При фиксированной ошибке первого рода $P_1 = 6 \cdot 10^{-4}$ ошибка второго рода P_2 достигала значения меньшего 10^{-12} .

Заключение

Полученные результаты показывают, что использование дискретного преобразования Фурье для выделения характеристик ЭЭГ позволяют улучшить качество работы нейросетевого преобразователя "Биометрия - код доступа". Помимо полученных результатов, подтверждающих эффективность применения дискретного преобразования Фурье, данное преобразование обладает важным свойством точного описания сигнала и следовательно большими возможностями по анализу сигналов.

Результаты показывают, что необходимо дальнейшее исследование работы полученного нейросетевого преобразователя. Необходимо:

1. Увеличить размер базы электроэнцефалограмм не только по количеству биометрических образов в ней, но и по количеству биометрических образцов для каждого образа.

2. Исследовать возможность увеличения расстояния Хэмминга от секретного ключа, получаемого злоумышленником до ключа пользователя, без утраты восстановительной способности преобразователя для пользователей.

3. Оптимально подобрать коэффициенты обучения нейронной сети преобразователя.

Таким образом, применение дискретного преобразования Фурье открывает новое направление в исследовании нейросетевых преобразователей на основе мысленного PIN-кода.

■

Литература

1. Dodis Y. Fuzzy extractors: How to generate strong keys from biometrics and other noisy data / Y. Dodis, R. Ostrovsky, L. Reyzin, A. Smith // SIAM Journal on Computing. – 2008. – Vol. 38, №1. – P. 97-139.
2. Защита информации. Техника защиты информации. Автоматическое обучение нейросетевых преобразователей биометрия - код доступа: ГОСТ Р 52633.5-2011. – Введен впервые; Введ. 01.12.2011. – М.: Стандартинформ, 2012. – 20 с.
3. Гончаров С.М. Построение нейросетевого преобразователя "Биометрия - код доступа" на основе параметров визуального вызванного потенциала электроэнцефалограммы / С.М. Гончаров, А.Е. Боршевников // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники: Научный журнал. –Томск: Изд-во ТУСУР, 2014. – № 2. – С. 51–55.

РАЗРАБОТКА ГОРИЗОНТАЛЬНО МАСШТАБИРУЕМОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Н.С. Хитеш, И.А. Ботыгин
Томский политехнический университет

bia@tpu.ru

Введение

Одним из современных трендов ИТ-отрасли в последнее время является проблема «больших данных» – BIG DATA. «Большие данные» можно увидеть в области финансов и бизнеса, во многих научных исследованиях, в клинических данных, в астрономии, в океанологии, в ряде инженерных расчетов и многих других областях. Большие данные формируют новую информационную культуру, в которой и бизнес и ИТ-специалисты должны объединить свои силы, чтобы создаваемые новые технологии и инструменты помогли перерабатывать терабайты входных данных [1-4].

Для примера, на рис. 1. представлена динамика использования «больших данных» по различным электронным СМИ для коммуникации. Электронная почта генерирует наибольшее количество данных (72%) по всему спектру электронных сообщений СМИ.

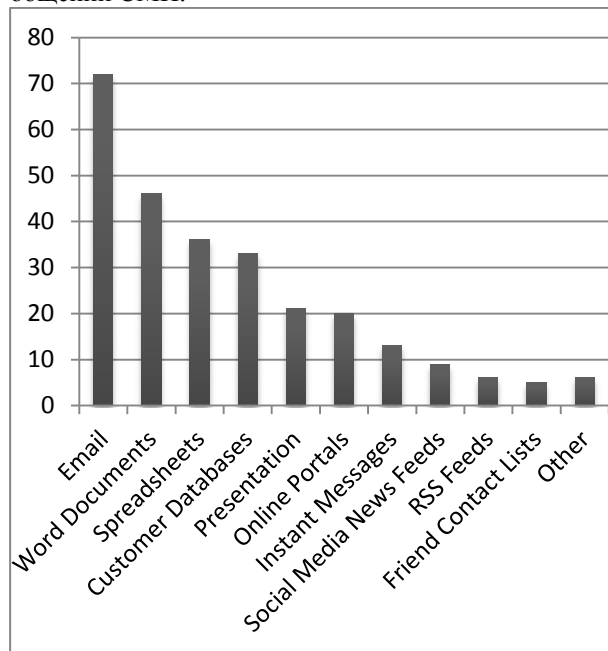


Рис. 1. Объемы генерируемых данных в электронных СМИ

Даже такой аспект рассмотрения больших данных может дать специалистам и пользователям основание принимать оптимальные решения для привлечения клиентов, оптимизации операций, предотвращения угроз и мошенничества [3].

Большие данные генерируются из многих источников с угрожающей скоростью, объемом и разнообразием. Такие объемы данных создают ряд проблем, в частности, необходимо большое количество времени, чтобы обработать данные, и достаточно большие ресурсы, чтобы сохранить их и

поддерживать в актуальном состоянии. Несмотря на то, что вычислительная мощность компьютеров с каждым годом увеличивается, а стоимость хранения данных уменьшается – это не решает проблему, так как с развитием цифровых технологий потоки данных увеличиваются в большем масштабе.

Чтобы фирмам получить конкурентное преимущество в хранении больших данных и при этом извлечь выгоду от обработки больших данных, от них требуется инфраструктура, которая может управлять и обрабатывать этот взрывной объем структурированных и неструктурированных данных и обеспечивать их безопасность.

Функциональные требования к инфраструктуре

Для того, чтобы инфраструктура аппаратно-программной системы для больших данных обеспечивала ее использование в эффективной и гибкой форме, она должна удовлетворять определенным требованиям архитектуры.

Масштабируемость. Система должна быть горизонтально и вертикально масштабируемой, т.е. основываться на том факте, что объем данных, который должен храниться и обрабатываться, заранее неизвестен. Поэтому система должна иметь возможность увеличения вычислительной мощности узлов путем замены или обновления аппаратного обеспечения без изменения функционального программного обеспечения.

Кросс-платформность. Есть много программных платформ, работающих на компьютерах, и каждая из них имеет свои преимущества и недостатки. Система кросс-платформности избавит от зависимости от конкретной платформы, для которой написано программный код. Эта особенность системы может значительно упростить механизм ее масштабирования – за счет увеличения количества поддерживаемых платформ.

Простота в использовании. Для облегчения доступа и независимости пользователей или администраторов от наличия на компьютере специального клиентского приложения имеет смысл создать графический веб-интерфейс в виде веб-портала.

Гибкость. Необходима для анализа неструктурированных данных, который включает в себя реализацию различных алгоритмов. Неизвестно, какие могут возникнуть проблемы при обработке данных, и, следовательно, невозможно описать заранее алгоритмы и разработать программы, с

помощью которых система будет решать эти проблемы.

Архитектура системы

В настоящей работе представлена обобщенная функциональная структура системы, по мнению авторов, способная достаточно эффективно с использованием недорогой вычислительной техники решить проблему создания горизонтально масштабируемого вычислительного кластера с требуемыми информационными ресурсами (рис.2.).

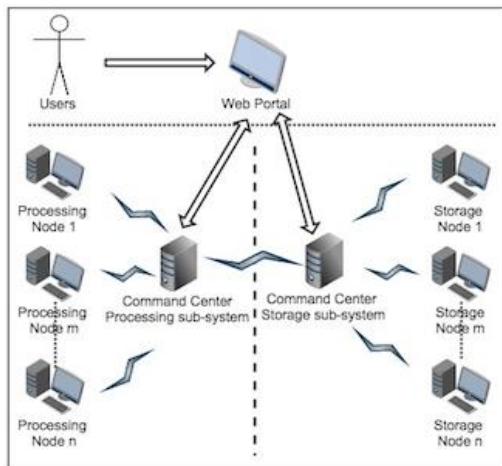


Рис. 2. Архитектура системы

Архитектура системы делится на две подсистемы: подсистему хранения и подсистему обработки. Подсистема обработки состоит из двух основных компонентов: командный центр и вычислительные узлы.

Командный центр обеспечивает функциональность параллельной обработки на вычислительных узлах. Система поддерживает веб-портал для сбора информации о доступных вычислительных ресурсах и предоставляет программный интерфейс для хранения данных и обработки.

Распределение нагрузки по узлам системы осуществляется пользователем.

Безопасность

По своей сути, распределенные системы являются более сложными, чем централизованные системы. Дополнительная сложность может увеличить потенциал для системных сбоев. Поскольку данные обрабатываются и хранятся в распределенной системе, может быть несанкционированный доступ к информации. Поэтому необходимо рассмотрение всех аспектов информационной безопасности и особенно аспекты, связанные с безопасностью на различных уровнях распределенных систем.

- Для входа в систему пользователь должен пройти авторизацию (идентификацию и аутентификацию).

- При передаче через Интернет, необходимо обеспечить безопасность канала передачи и защи-

ту от перехвата. Для этого все соединения – между веб-порталом и командным центром, между командным центром и узлами (узлами хранения и обработки) должны иметь возможность шифровать информацию.

- Для защиты от подслушивания связи между командным центром и вычислительными узлами сообщения могут быть на разных портах. Командный центр постоянно слушает определенный порт, но данные по этому порту не передаются. Порты для передачи выбираются случайным образом. Узлы получают из командного центра эту информацию, а также шифруют передаваемую информацию.

Заметим, что изменять «портовые» данные можно регулярно через определенные промежутки времени или по указанию системного администратора. В этом случае, командный центр создает новый порт и отправляет всем вычислительным узлам команду для изменения канала передачи. Вычислительные узлы по командам от центра осуществляют закрытие старой связи и подключаются к постоянному порту, где они получают новый порт, открывают новое подключение к порту и продолжают работать в обычном режиме.

- При необходимости передачи конфиденциальных данных или данных для большей безопасности, можно использовать безопасный канал (Virtual Private Network).

- Необходимо также защищать данные их от повреждения. В подсистеме хранения все данные дублируются на разных узлах. При сбое дискового накопителя или потери связи с одним из узлов, командный центр будет просто запрашивать те же данные от других узлов.

Заключение

Практическая апробация системы осуществлялась на примере задачи систематизации, хранения и обработки данных наземных метеорологических наблюдений, полученных из сети гидрометеорологических станций Российской Федерации.

Литература

1. What is Big Data? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ibm.com/big-data/us/en/>
2. Research Trends available for Big Data. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.researchtrends.com/wp-content/uploads/2012/09/Research_Trends_Issue30.pdf
3. Research article published by Avanade Group, USA. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.avanade.com/Documents/Research%20and%20Insights/Big%20Data%20Executive%20Summary%20FINAL%20SEOV.pdf>
4. Big Data. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://aws.amazon.com/ru/big-data/>

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА БЫСТРОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Р.А. Булдыгин, С.Г. Цапко
Томский Политехнический Университет
buldo@tpu.ru

Введение

Одной из задач проекта Ultrafast X-ray imaging of scientific processes with online assessment and data-driven process control(UFO2) является высокоскоростная томографическая реконструкция. Объем экспериментальных данных для одного снимка составляет 24ГБ. Обработка такого массива данных силами одного лишь CPU занимает до 32 часов. Очевидно, что такая скорость обработки слишком мала и не соответствует целям проекта. Скорость обработки зависит как от аппаратного обеспечения, так и от алгоритмов программного обеспечения. На текущий момент максимальной скорости обработки можно достичь выбрав и адаптировав ПО под правильное аппаратное обеспечение или же перенеся часть задач обработки на аппаратное обеспечение. При решении задачи ускорения цифровой обработки изображений стоит рассматривать следующее аппаратное обеспечение – графические процессоры(GPU), программируемые логические интегральные схемы(FPGA) и цифровые сигнальные процессоры(DSP).

GPU

В 2007 году компания NVidia произвела небольшую революцию в сфере параллельных вычислений, представив технологию NVidia CUDA. Именно с этого момента технологии вычислений общего назначения на графических процессорах начали бурный рост.

Вычисления общего назначения на графических процессорах – использование графического процессора(GPU), который обычно используется для обработки только компьютерной графики, для задач, традиционно решаемых на центральном процессоре.

Любой GPU обеспечивает функционально полный набор операций, выполняемых над произвольными данными. Кроме того, использование нескольких графических ускорителей в одном компьютере или большего числа графических чипов в одном ускорителе ещё более увеличивает уровень параллельности выполнения вычислительных задач.

Графические процессоры предназначены специально для работы с графикой и таким образом являются очень ограниченными в операциях и программировании. Благодаря своей конструкции, графические процессоры эффективны только для проблем, которые могут быть решены с использованием обработки потока и могут быть использованы только определенным образом.

Современные графические ускорители обеспечивают производительность в 515,2 гигафлопс при вычислениях с двойной точностью.

FPGA

Field-Programmable Gate Array или программируемая пользователем вентильная матрица - полупроводниковое устройство, которое может быть сконфигурировано производителем или разработчиком после изготовления; отсюда название: «программируемая пользователем». FPGA программируются путём изменения логики работы принципиальной схемы, например, с помощью исходного кода на языке проектирования (типа VHDL), на котором можно описать эту логику работы микросхемы. FPGA является одной из архитектурных разновидностей, программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

FPGA могут быть модифицированы практически в любой момент в процессе их использования. Они состоят из конфигурируемых логических блоков, подобных переключателям с множеством входов и одним выходом (логические вентили или gates).

Платы расширения формата PCI-E с FPGA позволяют создавать высокопроизводительные системы обработки данных. Однако в данном случае разработка требует специальных знаний, так как требуется аппаратная реализация алгоритма обработки и написание драйвера для работы операционной системы с платой обработки данных.

DSP

DSP или цифровой сигнальный процессор - специализированный микропроцессор, предназначенный для цифровой обработки сигналов в реальном масштабе времени.

Архитектура сигнальных процессоров, по сравнению с микропроцессорами общего применения, имеет некоторые особенности, связанные со стремлением максимально ускорить выполнение типовых задач цифровой обработки сигналов таких как (цифровая фильтрация, преобразование Фурье, поиск сигналов и т. п.). Математически эти задачи сводятся к поэлементному перемножению элементов многокомпонентных векторов действительных чисел, последующему суммированию произведений (например, в цифровой фильтрации выходной сигнал фильтра с конечной импульсной характеристикой равен сумме произведений коэффициентов фильтра на вектор выборки сигнала, аналогичные вычисления производятся при поиске максимумов корреляционных и автокорреляционных функций выборок сигналов). Поэтому сигнальные процессоры оптимизированы по быстро-

действию для выполнения именно таких операций. И DSP ориентированы, в первую очередь, на многократное выполнение умножения с расчётом «на лету» адресов перемножаемых элементов массивов.

Intel Many Integrated Core

Intel MIC - архитектура многоядерной процессорной системы, разработанная Intel. В основе архитектуры Intel MIC лежит классическая архитектура x86. Один чип, построенный на данной архитектуре, содержит до 72 ядер, каждое из которых способно исполнять 4 потока. Архитектура x86 выгодно отличает данное решение от описанных выше – разработанное ранее для исполнения на многоядерных CPU ПО требует минимальные модификации для запуска на Intel MIC.

Заключение

На данный момент мощностей CPU хватает для обработки изображений в реальном времени только по самым простым алгоритмам. Сложные алгоритмы, как и большие потоки данных требуют использования подходящих аппаратных средств. Доступная информация позволяет сделать определённые выводы и рекомендации по использованию вышеперечисленных типов аппаратного обеспечения:

- Вычисления на GPU имеют самый низкий порог вхождения, так как каждый компьютер имеет графический адаптер и большинство современных GPU поддерживают GPGPU. В случае, когда необходимо с меньшими затратами ускорить выполнение какой-либо обработки больших массивов информации, можно рекомендовать использовать GPGPU.
- Использование FPGA может ускорить обработку изображений даже больше, чем GPGPU, однако для использования FPGA в составе ПК необходимы дорогостоящие платы расширения. Так же от разработчика требуется большая квалификация. FPGA стоит использовать либо в случае, когда решается крайне специфичная и не меняющаяся со временем задача обработки или при создании автономного устройства, обеспечивающего обработку.
- Использование DSP выглядит как некий компромисс между использованием CPU и FPGA. Для ПК, DSP для обработки изображений так же является отдельной платой расширения, которую необходимо запрограммировать, однако её программирование проще и происходит на широко распространённых языках программирования, в отличие от FPGA. Использование DSP макси-

мально оправдано в случае мобильной разработки, так как во многие мобильные процессоры встроены DSP.

Для ускорения обработки экспериментальных данных в проекте UFO2 применяется связка FPGA и GPU.

FPGA используется как интерфейс к памяти устройства захвата изображения, а так же для первичной обработки изображений в реальном времени.

Использование GPU позволило сократить время томографической реконструкции с 31 часа до 5 минут.

Литература

1. StreamComputing | OpenCL vs CUDA Misconceptions – StreamComputing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://streamcomputing.eu/blog/2011-06-22/opencl-vs-cuda-misconceptions/>, свободный.
2. Development Kits, Daughter Cards & Programming Hardware [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.altera.com/products/devkits/kit-index.html>, свободный
3. Video and Image Processing Design Using FPGAs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.altera.com/literature/wp/wp-video0306.pdf>, свободный.
4. PCIe DSP Card – Advantech [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.advantech.com/products/PCIe-DSP-Card/sub_Half-length_PCIe_Card1.aspx, свободный.
5. 19. Image Processing : a DSP application [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.scss.tcd.ie/Rozenn.Dahyot/pdf/TCD2003_edge%20detection_lecture.pdf, свободный
6. CUDA Based Performance Evaluation of the Computational Efficiency of the DCT Image Compression Technique on Both the CPU and GPU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arxiv.org/abs/1306.1373>, свободный.
7. Final Report 'UFO – Ultra fast X-ray imaging of scientific processes with on-line assessment and data-driven process control' [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ipe.kit.edu/img/Fachgruppe_PD V/ufo1-report-2013.pdf, свободный.

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ НАНОВОЛЬТМЕТР

Андреев С.А.

Томский политехнический университет

xcemaxx@gmail.com

Введение

Повышение точности измерений напряжений переменного тока в нано- и микровольтовом диапазоне возможно методом синхронного детектирования [1, 2].

На рынке существует ряд приборов – синхронные усилители, нановольтметры [3], отличающихся высокими техническими характеристиками. Однако они в силу своей многофункциональности отличаются высокой стоимостью, громоздкостью и низкой ремонтоспособностью (как правило, отсутствует техническая и программная документация).

В лаборатории дискретной и микропроцессорной техники Томского политехнического университета был создан синхронный усилитель с встроенным генератором синусоидального напряжения (рис. 1).

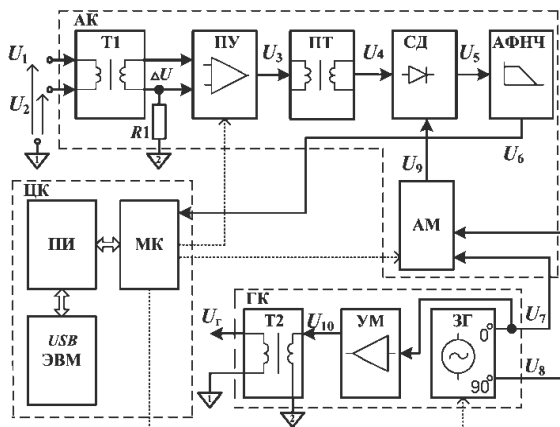


Рис. 1. Структурная схема синхронного усилителя

Одним из основных назначений устройства является использование его в качестве прибора сравнения при калибровке и поверке индуктивных делителей напряжения (ИДН) [4]. Например, усилитель позволяет измерять синфазную и квадратурную составляющие разности двух напряжений тестируемого и эталонного индуктивных делителей напряжения.

Синхронный усилитель состоит из основного измерительного канала (ИК) и дополнительного генераторного канала (ГК). Управление каналов осуществляется цифровой подсистемой (ЦПС), содержащей микроконтроллер (МК), преобразователь интерфейса RS232/USB (ПИ) и персональную ЭВМ верхнего уровня (ЭВМ).

В основном канале входной двухобмоточный трансформатор Т1 с коэффициентом трансформации 1:1 обеспечивает гальваническую развязку синхронного усилителя от источников напряже-

ний $U_1(t)$, $U_2(t)$, подключаемых к дифференциальному входу устройства. Разностное напряжение $\Delta U(t)$ поступает на программируемый трехкаскадный инструментальный усилитель ПУ с коэффициентом усиления 50, 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 . Такое многокаскадное построение усилительного тракта позволяет установить диапазон измерения синхронного детектора СД в пределах (0,5–5) В. Режим работы ПУ по постоянному току обеспечивается резистором R1. Передача переменной составляющей напряжения $U_3(t)$ с выхода ПУ на СД осуществляется при помощи переходного трансформатора ПТ с коэффициентом трансформации 1:1 (рис. 1). Заметим, что использование такого трансформатора вместо переходной C,R -цепи на входе СД позволяет практически полностью устранить влияние сравнительно большого входного тока и его дрейфа на стабильность работы СД. Так как ПТ не вносит фазовых искажений, то напряжение на его выходе равно входному, т. е. $U_4(t) = U_3(t)$.

Далее выходное напряжение $U_5(t)$ синхронного детектора фильтруется посредством активного фильтра низких частот АФНЧ второго порядка с частотой среза 5 Гц. Выходное напряжение $U_6(t)$ фильтра поступает на вход АЦП микроконтроллера ЦПС.

Генераторная часть прибора формирует синусоидальное напряжение частотой 0,2...2 кГц и состоит из задающего генератора ЗГ и усилителя мощности УМ с выходным трансформатором Т2 с коэффициентом трансформации 1:1 и аналогового мультиплексора АМ. Выходное напряжение $U_7(t)$ генератора, формируемое на вторичной обмотке Т2 поступает на объект исследования, например, сличаемые рабочий и эталонный ИДН.

ЗГ построен по схеме инвертора и двух интеграторов [5]. Такие генераторы обеспечивают малые нелинейные искажения (десятые доли процента) синусоидального напряжения, что является условием точной работы СД. Другая отличительная особенность ЗГ – генерирование двух квадратурных напряжений. Напряжение $U_7(t)$ поступает на вход УМ и на один из входов АМ. Выходное напряжение $U_{10}(t)$ усилителя мощности подается на первичную обмотку трансформатора Т2. Напряжение $U_8(t)$, сдвинутое на 90° относительно $U_7(t)$, подается на второй вход мультиплексора. Таким образом, при измерении синфазной или квадратурной составляющей разностного напряжения $\Delta U(t)$ напряжение $U_5(t)$ на опорном входе СД будет равно $U_7(t)$ или $U_8(t)$ соответственно.

Цифровой код управления работой программируемого усилителя, задающего генератора и

аналогового мультиплексора поступает от микроконтроллера (Atmega 128). Связь последнего с ЭВМ верхнего уровня осуществляется посредством ПИ (FT232RL).

Основными элементами устройства являются синхронный детектор, параметры и характеристики которого определяют потенциальную разрешающую способность сравнения двух синусоидальных напряжений $U_1(t)$, $U_2(t)$, и задающий генератор, генерирующий напряжения $U_7(t)$ и $U_8(t)$.

Целесообразно в качестве СД использовать микросхему AD630, представляющую собой прецизионный балансный модулятор-демодулятор с полосой частот до 350 кГц. Кроме своего основного назначения микросхема применима при синхронном, фазовом, квадратурном детектировании, а также в синхронных усилителях. Одним из основных недостатков AD630 является сравнительно большие входные токи (до 300 нА) и напряжения смещения (до 500 мкВ), что приводит к снижению чувствительности СД при работе с высокоомными источниками сигнала. Поэтому, как упоминалось выше, на входе СД используется переходный трансформатор, обеспечивающий малое омическое сопротивление на входе СД.

Полоса пропускания АФНЧ, подключенного к выходу СД, определяется элементами R_2 , R_3 , C_1 и C_2 , т. е. частота среза равна $f_{cp} = \frac{1}{2\pi R_2 C_1} = \frac{1}{2\pi R_3 C_2}$.

Коэффициент усиления на постоянном токе равен $|K_0| = \frac{R_2}{R_1}$.

От частоты среза АФНЧ зависит выбор частоты дискретизации АЦП микроконтроллера. Заметим, что стремление уменьшить полосу пропускания фильтра ведет к повышению его инерционности, а, следовательно, и увеличению времени реакции всего устройства. Как показали экспериментальные исследования, при частоте среза АФНЧ, равной 5 Гц, время установления переходного процесса устройства не превышает 2 сек.

При работе микросхемы СД в режиме синхронного детектирования на вход SEL В второго демодулятора поступает сигнал опорной частоты U_9 . Синфазную составляющую разности входных напряжений $U_1(t)$, $U_2(t)$ можно определить в случае, когда фаза этих сигналов практически равна фазе напряжения U_7 , генерируемого задающим генератором ГК. Для этого необходимо, аналоговый мультиплексор АМ находился в положении S1. Если же сигнал управления, поступающим на вход IN мультиплексора от микроконтроллера цифровой подсистемы, АМ переводится в положение S2, то $U_9 = U_8$. Последнее напряжение сдвинуто на 90 градусов относительно U_7 , поэтому СД измеряет квадратурную составляющую разности напряжений $U_1(t)$, $U_2(t)$.

В задающем генераторе инвертор выполнен на операционном усилителе и сопротивлениях,

интеграторы – на двух операционных усилителях и емкостях.

В приборе использованы микросхемы AMP01EX, AD620BN, OP27G, OP37G, LM3886T, AD630ARZ, 525PC2A, Atmega128, FT232RL.

Программное обеспечение разработано на языке C++.

Описанный синхронный усилитель был использован при поверке исходного ИДН, входящего в состав Государственного первичного эталона единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц (ГЭТ93-2011).

Другие области применения – определение погрешностей преобразования ЦАП, АЦП, коэффициентов усиления операционных усилителей и ослабления аттенуаторов, испытания измерительных каналов аппаратно-программных комплексов.

Основные технические характеристики:

Диапазон рабочих температур, °С	20±5
Диапазон рабочих частот, кГц.....	0,2...2
Диапазон входных напряжений (амплитудное значение), В	0,01...10
Максимальная разность входных напряжений, мВ ..	1
Разрешающая способность сравнения напряжения, нВ	50
Максимальная относительная погрешность измерения разности входных напряжений, %	5
Максимальное время измерения, с.....	3
Выходное напряжение встроенного генератора (амплитудное значение), В	10
Максимальный выходной ток генератора (амплитудное значение), А	1
Нестабильность напряжения генератора в течении 15 мин., не более %.....	0,5
Коэффициент гармоник напряжения генератора, не более %	0,2

Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы». Государственный контракт № 14.578.21.0032.

Список литературы

1. Ким В.Л., Цимбалист Э.И., Чебуренко Д.С. Дифференциальный нановольтметр Датчики и системы. – 2011. – № 9. – С. 49-51.
2. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – 3-е изд. – БХВ-Петербург, 2011. – 768 с.
3. Used-Line: сайт: URL: http://www.used-line.com/used-lock-in-amplifiers/bb_74 (дата обращения 03.09.2014)
4. Ким В.Л. Методы и средства повышения точности индуктивных делителей напряжения: монография – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2009. – 214 с.
5. Борилов В.Н., Ким В.Л., Меркулов С.В. Генераторы тестовых напряжений // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2010. – № 1. – С. 23–26.

СОЗДАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Ю. Черкашин, И.Е. Забродин, А.В. Марчуков
Томский политехнический университет
marchukovav@tpu.ru, nmm5019@tpu.ru iez2@tpu.ru

Введение

Постепенное снижение объёмов добычи нефти на старых месторождениях из-за осложнения добычи, освоение нефтеносных районов Арктического побережья, и общая тенденция на «усложнение» нефти (в противовес «легкой», т.е. легкодобываемой) настоятельно требуют новых методов добычи с целью повышения нефтеотдачи пластов, уменьшения эксплуатационных, а также различных сопутствующих расходов для общего удешевления процесса добычи. Данные проблемы решаются во всём мире путём применения новых высокоэффективных методов добычи. В качестве примера можно указать, что одна горизонтально пробуренная скважина с управляемыми штуцерами, постоянным мониторингом процесса добычи и состояния подземного резервуара, заменяет несколько десятков вертикальных скважин. Это существенно, снижает эксплуатационные расходы и увеличивает коэффициент извлечения нефти пласта, уменьшает количество обслуживающего персонала. Соответственно снижается экологическая нагрузка на окружающую среду.

В последнее время, в силу всех стоящих перед отраслью проблем, ведущие мировые корпорации по добычи и сервисному обслуживанию взяли курс на создание т.н. «интеллектуальных месторождений» или цифровых месторождений. В интеллектуальных месторождениях применяется множество современных технологий, позволяющих заметно сократить издержки в некоторых условиях, а самое главное увеличить количество рентабельных скважин и этим увеличить общий объём добычи. Данные технологии, к сожалению, на сегодняшний день в нашей стране носят либо зачаточный характер, либо отсутствуют вообще. Но приступать к проектированию цифровых месторождений или модернизировать старые для увеличения коэффициента извлечения нефти крайне необходимо, так как наблюдается заметное отставание российской промышленности в этой области.

Применение технологий интеллектуальных месторождений при добычи дает значительное снижение стоимости добычи. В условиях Арктики, куда в последнее время заметно сместились интересы нефтяных гигантов России, это имеет особое значение, так как уменьшаются транспортные расходы, расходы на персонал. Управлять данными месторождениями можно за тысячи километров, как это делается на Аляске. Естественно, что реализация данных проектов потребует

множество новых технических решений. Одной из составляющих технологии «интеллектуальных месторождений», является использование новых стандартов передачи данных от скважины к моделирующему месторождение пакету программ, и обратная передача данных от модели к скважине для оперативного управления процессом бурения. Что характерно для данной составляющей «интеллектуальных месторождений», её можно создать и применить, без особых затрат за сравнительно короткое время.

Протоколы передачи данных

Для решения задачи оперативной управления буровым оборудованием непосредственно в процессе бурения ведущими мировыми нефтесервисными, нефте- и газодобывающими компаниями был предложен метод моделирования геологического пласта по ходу буровой головки в реальном времени. Моделирование в реальном времени позволяет сократить издержки, связанные с неэффективными скважинами и в целом сократить их количество за счет более точного расчета траектории бурения. Кроме того, оперативное управление бурением позволяет эффективно создавать рентабельные горизонтальные скважины и скважины, которые ранее считались «сложными» и не создавались по этой причине.

Однако, на практике, кроме всего прочего, остро встала проблема получения данных с буровых платформ и установок в реальном времени. Если техническая сторона проблемы имеет относительно несложное решение, заключающееся в установлении сетевого соединения между контрагентами, выполняющими расчеты, и местом, где непосредственно происходит бурение, то вторая проблема – проблема интерпретации данных не имела на момент начала развития «интеллектуальных месторождений» универсального решения.

Суть проблемы была в следующем. Множество производимого различными компаниями и применяемого на буровых платформах и буровых установках оборудования имело собственные проприетарные форматы передачи данных. В лучшем случае, производители могли снабжать свои продукты «конвертерами» данных поступающих с произведенного ими оборудования в протокол WITS. Однако протокол WITS уже достаточно устарел и не удовлетворяет требованиям, предъявляемым в целом «интеллектуальному месторождению», и в частности к составу, организа-

ции и порядку данных поступающим с буровых платформ.

Таким образом, одной из главных проблем становилась несовместимость структур данных различных производителей моделирующих платформ и промышленного оборудования. С целью минимизировать эту проблему был создан консорциум Energistics. Миссия новой организации была определена как разработка, поддержка, развитие, а также содействие созданию открытых стандартов для научных, инженерных и операционных аспектов разведки и добычи нефти и газа. В результате этой работы были созданы протоколы передачи данных на основе языка XML, учитывающие весь накопленный промышленностью опыт эксплуатации и разведки месторождения, а также полностью соответствующую инфраструктуру «интеллектуального месторождения»: WITSML, PRODML, RESQML.

Проблемы отечественной промышленности

Принимая во внимание всю выгоду от использования современных стандартов передачи данных на «интеллектуальных месторождениях» и их актуальность, был проведен анализ связанных с этим проблем в отечественной промышленности:

1. Отсутствие отечественных программных компонент «интеллектуальных месторождений» - серверов поддержки современных стандартов передачи данных при разработке и добычи нефти и газа.

2. Невозможность передачи данных с отечественных скважинных контроллеров и систем управления бурением в современные системы моделирования месторождения в оперативном режиме, так как эта задача реализуется через PRODML и WITSML сервера, а зарубежные сервера не поддерживают отечественные устройства.

3. Невозможность управлять процессом бурения или добычи, автоматически, используя существующие протоколы передачи данных для построения модели месторождения в реальном времени.

4. Отсутствие отечественных, совместимых с международными, стандартов передачи данных при разработке и добычи нефти и газа, что приводит к большим экономическим потерям, из-за несовместимости программных и аппаратных средств различных производителей.

Заключение

Нет сомнений, что решение проблемы совместимости отечественных протоколов передачи данных с современными международными прото-

колами принесет огромную выгоду не только в сфере нефти- и газодобычи, но и всей отечественной добывающей промышленности. Так как это в целом позволяет удешевить разведку, бурение и эксплуатацию скважин.

Решение данной проблемы заключается в адаптации международных стандартов для отечественного оборудования. Создания агентов, серверов, средств моделирования и иного программного и аппаратного обеспечения, поддерживающего стандарты WITSML, PRODML и RESQML с учетом отечественных специфик и потребностей. Разработка и повсеместное внедрение на контроллеры, станции управления бурением и буровые платформы «конвертеров» специфичных протоколов оборудования в стандартизированные протоколы передачи данных.

Если возможностей этих стандартов недостаточно для удовлетворения потребностей отечественной промышленности, то необходимо разработать совместимые с оригиналами отечественные аналоги данных протоколов, удовлетворяющие всем требованиям отечественной промышленности. Для обеспечения деятельности по созданию, распространению отечественных стандартов и консолидации усилий в этом направлении в масштабах всей страны, необходимо создать единый Всероссийский центр стандартизации промышленных протоколов передачи данных.

Литература

1. Оптимизация добычи и интеллектуальные скважины [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.weatherford.ru/ru/service/production/53>, свободный
2. Основы технологии бурения скважин [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://portal.tpu.ru/files/departments/publish/Dmitriev_maket_.pdf, свободный
3. Портал Energistics [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.energistics.org/>, свободный
4. Российская система согласованного обмена промышленными данными [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.slideshare.net/SergeyGumerov/ss-21174305>, свободный
5. Промышленные стандарты обмена данными по бурению и заканчиванию скважин [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.energistics.org/Assets/witsmlflyerrussian.pdf>, свободный.

ЭМУЛЯТОР ЧЕТЫРЕХРАЗЯДНОГО ПРОЦЕССОРА

Г.И. Костарев, И.А. Тутов
Томский политехнический университет
kostarevgi@gmail.com

Введение

На сегодняшний день, информационные технологии и вычислительная техника являются одними из самых стремительно развивающихся отраслей в мире. Современный человек каждый день сталкивается с различными вариациями электронно-вычислительных устройств, которые значительно облегчают процессы получения, обработки и обмена информацией. Многообразие архитектур построения данных систем определяет широкий спектр направлений профессиональной подготовки специалистов в данной области. Вместе с тем, во многих высокотехнологичных сферах, таких как микропроцессорная техника, робототехника, космическая техника и т.п., специалисту необходимо знать и понимать не только общие принципы построения таких систем, но и глубинные процессы, происходящие непосредственно на аппаратном уровне. При подготовке специалиста, на данном этапе возникает проблема высокой сложности изложения изучаемого материала в доступной и наглядной форме.

Как правило, в силу того, что современные вычислительные системы имеют крайне сложную архитектуру, подача материала в текстовом виде не позволяет обучающемуся в полной мере понять все процессы, которые одновременно протекают в подобных устройствах, поэтому обучение ведется с применением программ-эмуляторов, которые воспроизводят логическую структуру и функционал простейших моделей процессоров.

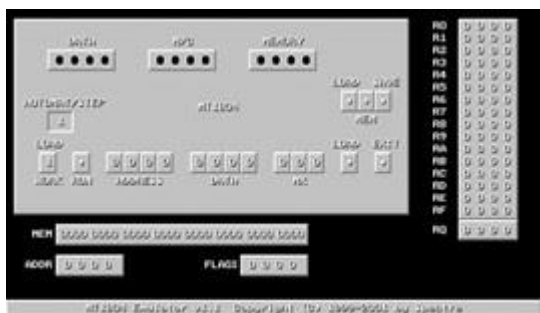


Рис. 1. Эмулятор MT1804 (MS-DOS)

Но, к сожалению, практика показывает, что разработчики подобных эмуляторов, при написании программы, стараются достигнуть максимальной схожести с функционалом эмулируемого устройства, не уделяя должного внимания созданию дружелюбного графического интерфейса пользователя (см. рис.1.), а также наглядности отображения процессов, происходящих внутри вычислительной машины. Еще одной проблемой является устаревание операционной системы (как

правило MS-DOS или Win95 – 98), для которой разработано большинство подобных программ.

Проектирование архитектуры

Как результат решения описанных выше проблем, была поставлена задача создать современную программу-эмулятор, с простой четырехразрядной архитектурой, которая воспроизводила бы все свойства и функционал процессора, при этом являясь достаточно наглядной и легкой в освоении (при разработке архитектуры упор делался в первую очередь на доступность к пониманию процессов, происходящих внутри, в ущерб производительности).

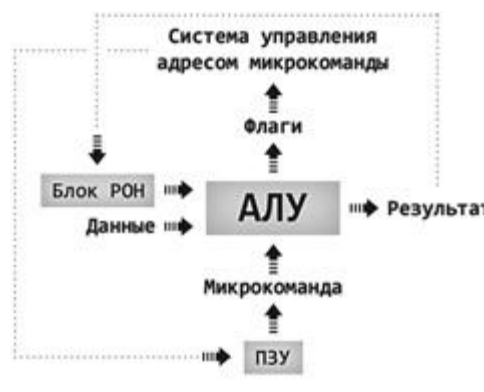


Рис. 2. Структура эмулируемого процессора

Центральное место в разработанной архитектуре занимает 4-х разрядное арифметико-логическое устройство (АЛУ), которое позволяет выполнять ряд основных логических и математических операций процессора, таких как:

- сложение чисел без учета знака (от 0 до 15)
- сложение чисел с учетом знака (от -7 до 7)
- вычитание чисел с учетом знака
- логическое сложение (OR)
- логическое умножение (AND)
- исключающее «ИЛИ» (XOR)
- инкремент числа

Процесс выполнения программы начинается с загрузки микрокоманды процессора с постоянного запоминающего устройства (ПЗУ). После этого, мультиплексоры определяют, какие данные будут отправлены на вход АЛУ (это могут быть внешние данные, либо данные ПЗУ, либо данные из блока регистров общего назначения (РОН)). Затем арифметико-логическое устройство производит с поступившими числами заданную операцию и формирует регистр флагов (в данном АЛУ предусмотрены флаги по переполнению, нулевому, ненулевому и отрицательному результату), после

чего данные поступают в регистр сдвига. Сдвиговый регистр, в зависимости от команды, производит (или не производит) сдвиг двоичного числа в соответствующем направлении (операция эквивалентна умножению или делению числа на 2) и отправляет результат в демультиплексор и буфер. Демультиплексор отвечает за внесение результата операции в блок РОН, а буфер, за вывод информации во внешнюю среду. После выполнения всех описанных выше действий, система управления адресом микрокоманды, которая состоит из генератора тактовых импульсов, счетчика, мультиплексора и дешифратора, определяет, к какому адресу памяти ПЗУ необходимо обратиться на следующем шаге выполнения программы. На данном этапе, происходит сравнение флагов арифметико-логического устройства с флагами перехода, которые задает пользователь, и в случае совпадения, счетчик (и дешифратор, который им управляется) принимает значение адреса следующей строки памяти ПЗУ. В случае команды остановки, счетчик отключается и выполнение программы прерывается.

Такая структура позволяет реализовывать простейшие базовые конструкции языков программирования, например:

- условный оператор «if – else»
- цикл «do – while»
- безусловный переход «goto»

Разработка

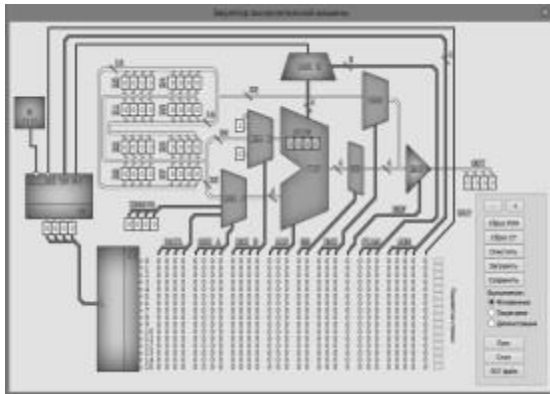


Рис. 3. Интерфейс эмулятора вычислительной машины

Создание программы происходило в интегрированной среде разработки Embarcadero RAD Studio, на языке Delphi, с использованием стандартных компонентов. После запуска эмулятора, пользователю сразу предоставляется схема внутреннего устройства процессора, с возможностью получения информации об управляющих командах (см. рис. 4.), структуре и функциональном назначении каждого из элементов. Большинство элементов, помимо текстового описания, снабжены интерактивной анимацией, наглядно демонстрирующей принцип их работы.

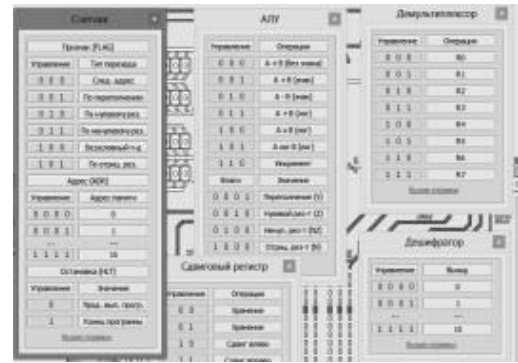


Рис. 4. Вспомогательные меню, содержащие команды управления элементами

Также, в эмуляторе реализована динамическая подсветка, что позволяет акцентировать внимание на действии или операции, которая выполняется в данный момент. Для удобства пользователя, в программе предусмотрена возможность загрузки и сохранения файлов, содержащих данные ПЗУ, а также возможность проследить ход выполнения программы, при помощи генерации так называемого ЛОГ-файла, в котором команды машинного кода расшифровываются и представляются в удобочитаемом виде.

Заключение

Результатом применения данного эмулятора в учебном процессе в рамках изучения дисциплины «Микропроцессорная техника» является увеличение скорости освоения материала студентами по соответствующей тематике с двадцати до четырех академических часов. Обучающиеся отмечают удобство и простоту работы с программой, а также проявляют инициативу досрочного выполнения лабораторных работ. В последующем, студенты, прошедшие обучение на эмуляторе, быстрее осваивают курс программирования на языке «Assembler» и испытывают меньше трудностей при изучении архитектур других вычислительных систем. К настоящему моменту, созданная программа находится в процессе государственной регистрации в Федеральном институте промышленной собственности (ФИПС).

Литература

1. Таненбаум Э. Архитектура компьютера.: Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2012. – 846с.
2. Кнут Д. Э. Искусство программирования, том 1, выпуск 1. MMIX – RISC-компьютер нового тысячелетия.: Пер. с англ. – М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2007. – 160с.
3. Осипов Д. Delphi. Профессиональное программирование.: «Символ-плюс», 2006. – 1056с.
4. Тутов И. А. , Костарев Г. И. Организация учебного процесса подготовки программистов с использованием интегрированного в эмулятор учебника // Высшее образование сегодня. - 2014 - №. 9.

ВОЛОКНО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Е.Ю. Кузнецова. О.В. Стукач
Томский политехнический университет
katua1993k1@mail.ru

Введение

Под волоконно-оптическим измерением температуры понимают применение оптоэлектронных приборов для измерения температуры, при которой стеклянные волокна используются в качестве линейных датчиков. Типичными случаями применения линейных волоконных температурных датчиков являются сферы, связанные с безопасностью, например, системы пожарного оповещения в автомобильных, железнодорожных или сервисных туннелях; термический контроль силовых кабелей и воздушных линий передач для оптимизации производственных отношений; повышение эффективности нефтяных и газовых скважин; обеспечение безопасного рабочего состояния промышленных индукционных плавильных печей; контроль герметичности контейнеров с сжиженным природным газом на судах в разгрузочных терминалах; обнаружение утечек на плотинах и запрудах; контроль температуры при химических процессах; обнаружение утечек в трубопроводах.

Принцип работы оптоволоконного датчика

Физические воздействия на оптоволокно, такие как: температура, давление, сила натяжения - локально изменяют характеристики пропускания света и как следствие, приводят к изменению характеристик сигнала обратного отражения. В основе измерительных систем, основанных на оптоволоконных датчиках используется сравнение спектров и интенсивностей исходного лазерного излучения и излучения, рассеянного в обратном направлении, после прохождения по оптоволокну.

Технология волоконно-оптического измерения температуры была изобретена более 20 лет назад. Основные принципы измерения основаны на обнаружении обратного рассеяния света, например, на основе Рэлеевского [1], Рамановского [2], и Бриллюэновского [3] рассеяний. Подобные системы способны измерять температуру с высокой степенью точности на значительных расстояниях. Будучи нечувствительны к электромагнитным помехам волоконно-оптические системы представляют особый интерес для электротехнических систем, например, энергетических систем, кабелей и т.д.

А. Рамановское рассеяние

Оптические волокна изготовлены из легированного кварцевого стекла. Кварцевое стекло представляет собой разновидность двуокиси кремния (SiO_2) с аморфной твердотельной структурой. Температурные воздействия инициируют вибрации в молекулярной решетке. Когда свет попадает на термически возбужденные молекулы, происходит взаимодействие между световыми

частицами (фотонами) и электронами. Таким образом, в оптическом волокне происходит световое рассеяние, так же известное, как рамановское рассеяние. У рассеянного света есть спектральное изменение, эквивалентное частоте резонансных колебаний решетки [2], [4].

Обратное световое рассеяние состоит из нескольких спектральных составляющих:

- Рэлеевское рассеяние, с длиной волны аналогичной, используемой в лазерном источнике;
- Стоксовы компоненты Рамановского рассеяния с длиной волны большей, чем у используемого лазерного источника, при которых испускаются фотоны;
- Антистоксовы компоненты Рамановского рассеяния с меньшей длиной волны, по сравнению с Рэлеевским рассеянием, при которых фотоны поглощаются.

Интенсивность рассеяния так называемого антистоксова диапазона зависит от температуры, в то время как, стоксов диапазон от температуры практически не зависит. Локальная температура оптического волокна выводится из отношения антистоксовой и стоксовой интенсивностей света. Это показано на рис. 1, подход был разработан в 1980-х годах в Университете Саутгемптона, Великобритания [2].

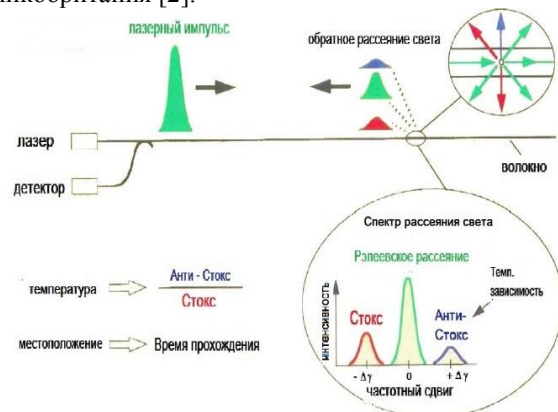


Рис. 1. Волоконно-оптическое измерение температуры на основе Рамановского рассеяния, полученное отношением антистоксовой и стоксовой интенсивностей света.

В. Бриллюэновское рассеяние

Бриллюэновские линии имеют спектральный сдвиг, вызванный акустическими колебаниями кристаллической решетки волокна и несущий в себе информацию о механических напряжениях и температурах, воздействующих на волокно. Бриллюэновское частотное смещение определяется частотой акустической волны ω_A по формуле:

$$\gamma_B = \frac{\omega_A}{2\pi} = \frac{2n\gamma_A}{\lambda_0}, \quad (1)$$

где n – показатель преломления;

γ_A – скорость звука;

λ_0 – длина волны в вакууме.

Методика Бриллюэна может быть использована для измерения как температуры, так и для измерения деформации, но не одновременно.

Сравнение технологий волконно-оптического измерения

В таблице 1 приведены сравнительный обзор различных технологий волконно-оптического измерения температуры.

Таблица 1. Сравнительный обзор различных технологий волконно-оптического измерения температуры.

Тип рассеяния	Релея	Рамана	Бриллюэна
Темп. Чувств., %/°C	0,54	0,8	0,01
Темп. Диапазон, °C	от 5 до 110	от 0 до 70	от -30 до 60
Точность, °C	1	10	1
Пространственное разрешение, м	1	3	от 3 до 5
Диапазон длинны волокна, м	170	1000	51000
Время измерения, с	2,5	40	4
Деформация, мкм	-	-	100

Из Таблицы 1 видно, что Рэлееское рассеяние показывает лучшую точность, но оно ограничено с точки зрения диапазона длины волокна, который очень важен в наши дни для контролирования длинных кабелей, например, в подземных системах распределения энергии. Рассеяние Бриллюэна же в свою очередь обеспечивает лучший диапазон длины с самой высокой температурной чувствительностью и с относительно хорошим временем измерения. Рассеяние Бриллюэна может также измерять деформацию, которая не может быть измерена другими двумя методами. Тем не менее, невозможно измерить температуру и деформацию одновременно. Как правило, рассеяния Бриллюэна применяется либо для измерения температуры, либо для измерения деформации. Поэтому рассеянию Бриллюэна, вероятно, будет отдаваться предпочтение в будущих разработках, в качестве замены Рамоновского рассеяния.

Особенности работы с оптоволоконными датчиками измерения температуры

Основная сложность, с которой сталкиваются исследователи, занимающиеся температурными оптоволоконными датчиками – это малая интенсивность рассеянного света. Центральная линия на длине волны 1550 нм соответствует рэлеескому рассеянию лазерного излучения, а две симметрично отстоящие компоненты на длинах волн ~1450 нм и ~1650 нм (антистокс и стокс, соответственно). Из-за того, что стекло является аморфным

веществом, спектральные максимумы, соответствующие колебательным возбуждениям уширены и перекрываются между собой. Интенсивность антистоксовой компоненты обратно рассеянного света, содержащей информацию о температуре в волокне, на 30 dB меньше чем интенсивность рэлееского рассеяния. При этом максимальный уровень мощности зондирующего излучения ограничен такими нелинейными эффектами, как вынужденное рассеяние Манделъштама-Бриллюэна и вынужденное комбинационное рассеяние света.

Для уменьшения шума, как правило, применяется многократное усреднение полученных сигналов. Многократное усреднение приводит к тому, что сенсорная система становится достаточно инерционной – т.е. для получения хорошего сигнала требуется достаточно долгое накопление сигнала. При этом сенсорная система будет неспособна регистрировать на быстрые температурные флуктуации, так как они будут усредняться по времени. Следовательно, необходим другой подход в уменьшении шума измеряемого сигнала. Например, при кодировании посылаемого в волконную линию сигнала с последующим декодированием сигналов отражения можно добиться низкого уровня шума. Существует множество различных техник кодирования, но наиболее распространена, так называемая, техника симплекс-кодирования.

Симплекс-кодирование основано на кодах Адамара, которые относятся к локально декодируемым кодам. Суть кодирования заключается в равномерном «размазывании» закодированной информации по всем кодовым словам. Таким образом, слово, закодированное локально декодируемым кодом, можно восстановить при потере значительной части закодированных данных.

Заключение

В будущем планируется применение симплекс-кодирования основанного на кодах Адамара и экспериментальное подтверждение преимущества данного метода перед усреднением сигнала для уменьшения уровня шума полученных сигналов.

Литература

1. A. H. Hartog, "A distributed temperature sensor based on liquid-core optical fibers," *J. Lightwave Technol.*, vol. 1, pp. 498–509, 1983.
2. J. P. Dakin, D. J. Pratt, G. W. Bibby, and J. N. Ross, "Distributed optical fiber Raman temperature sensor using a semiconductor light source and detector," *Electron. Lett.*, vol. 21, pp. 569–570, 1985.
3. X. Bao, D. J. Webb, and D. A. Jackson, "Combined distributed temperature and strain sensor based on Brillouin loss in an optical fiber," *Opt. Lett.*, vol. 19, no. 2, pp. 141–143, 1994.
4. A. H. Hartog, "Distributed temperature sensing in solid-core fibers," *Electron. Lett.*, vol. 21, pp. 1061–1062, 1985.

РЕАЛИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ДАНЫХ НА ОСНОВЕ ERLANG/OTP FRAMEWORK

А.В. Гориченко, А. А. Киселев, В. А. Попугин
Научный руководитель: И.А. Ботыгин, доцент кафедры ИПС
Томский политехнический университет
nutka.1991@mail.ru

Введение

В мировой экономике происходят процессы глобализации и информационной интеграции. Причем, желательно, чтобы компьютерная технология, обеспечивающая интеграцию всей необходимой аналитикой информации в конкретной сфере интереса, была представлена единым программным комплексом.

В мире современных информационных технологий существуют решения, позволяющие проектировать такие комплексные виртуальные организации – grid-системы. Идеология grid предполагает возможность доступа к ресурсам виртуальной организации независимо от географического места расположения пользователя и самих ресурсов [1, 5, 6]. Современной предпосылкой к интеграции и консолидации данных является также и концепция Cloud computing, в основе которой также лежат виртуальные и распределенные системы.

Заметим, что именно распределенные информационные системы обеспечивают работу с данными, расположенными на разных серверах, на различных аппаратно-программных платформах и хранящимися в различных форматах. В современных сетевых информационных технологиях всё чаще используют распределённую обработку данных. Она позволяет повысить эффективность удовлетворения информационных потребностей пользователей, обеспечить гибкость и оперативность принимаемых им решений.

Настоящая работа посвящена исследованию распределённых систем, а также реализации распределённой системы обработки и хранения данных на основе Erlang/OTP Framework [2-4, 6, 7].

Ролевая модель доступа

Изначально была определена цель разрабатываемого распределённого приложения – хранение и получение данных. Такая цель, как минимум, предполагает следующую ролевую модель доступа:

Пользователь. Заходя в систему, пользователю необходимо авторизоваться. После авторизации он обладает правами просмотра полученных данных.

Неавторизованный пользователь (гость). Гость может лишь попасть на интерфейс идентификации. Никаких данных просмотреть он не может.

Администратор. Обязательная полная авторизация, но с разграничением прав доступа к отдельным выделенным ресурсам. В частности, мо-

жет редактировать, удалять и добавлять пользователей, видеть список работающих удалённых узлов. Имеет возможность просмотреть и отредактировать содержимое базы данных.

Пользователи с помощью браузера взаимодействуют с веб-сервером. Веб-сервер взаимодействует с основным серверным приложением Erlang, и уже основное серверное приложение Erlang взаимодействует с удалёнными рабочими узлами Erlang (рис. 1.).

Веб-сервер предоставляет графический интерфейс для пользователей, контролирует сессии пользователей. С веб-сервера идёт взаимодействие с серверным приложением Erlang. Серверное приложение Erlang динамически осуществляет коммутацию (соединения) с удалёнными узлами (подключение и отключение), распределяет задание по узлам. Инициаторами подключения к системе являются удалённые рабочие узлы.

Информация хранится на удалённых узлах. На каждом узле развёрнута база данных «Mnesia», входящая в состав Erlang/OTP. «Mnesia» является приложением OTP, основанном на NoSQL – базе данных с использованием ETS и DETS-таблиц. Каждый узел имеет одинаковую структуру данных, создаваемую при первом запуске удалённого узла. Однако, каждый узел хранит свою уникальную информацию и серверное приложение занимается распределением потоков данных между удалёнными узлами.

Главный компонент – это серверное приложение и веб-сервер, которые находятся на одном компьютере, а удалённые узлы на других.

Разработка приложения

Разработанная система представляет собой распределённое приложение сбора и хранения данных гидрометеорологических наблюдений. Веб-ориентированный интерфейс пользователя обеспечивается веб-сервером Cowboy.

Система включает следующие основные модули.

Серверный модуль. На нём выполняется запуск сервера, инициализация базы данных (БД), создание общей схемы и таблицы для БД, отслеживание подключения/отключения пользователя, передача задания, запроса, файла пользователю, получение данных от пользователя, передача данных с временной базы данных в постоянную.

Модуль пользователя. С его помощью осуществляется подключение пользователя к серверу, актуализируется база данных, заносятся получен-

ные данные в таблицы базы данных. Один раз в сутки, или по запросу сервера, осуществляется передача собранной информации от клиента на сервер.

Также разработаны дополнительные модули.

Модуль, отслеживающий работоспособность сервера.

Модуль отвечающий за выполнение задания, передачу файлов и запросов.

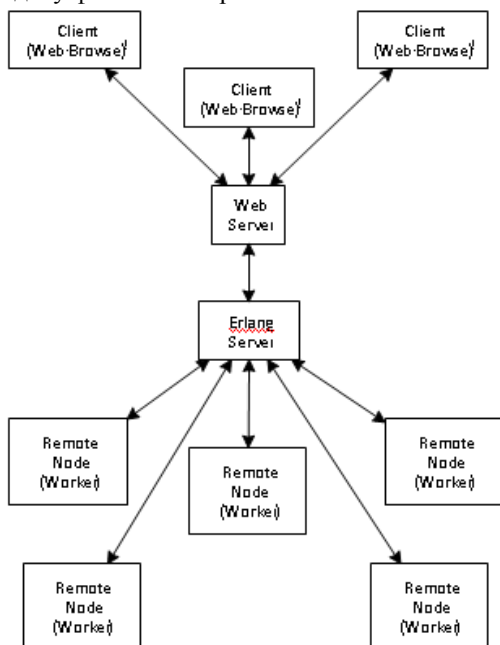


Рис. 1. Функциональная структура системы

Распределённая вычислительная сеть обработки и хранения данных, реализованная с помощью функционального языка Erlang в составе фреймворка OTP, состоит из следующих элементов:

ErlangServer – основной компонент распределённой вычислительной сети. Занимается хранением информации о подключённых рабочих узлах и пользователях. Автоматически отслеживает подключения и отключения удалённых рабочих узлов и оповещает об этом пользователей. Принимает запросы от пользователей на выполнение заданий. Распределяет принятые задания по удалённым узлам.

Remotenodes – рабочий узел, расположенный в сети Internet. Исполняет задания, принятые от ErlangServer. После обработки возвращает результат в ErlangServer. Количество рабочих узлов – не ограничено.

Webserver – веб-сервер для работы с пользователями. Выступает в роли клиента для ErlangServer. Реализует взаимодействие с пользователями через веб-интерфейс. Принятые от пользователя задания преобразует в понятный для ErlangServer формат и передаёт их на исполнение. Получает от ErlangServer результаты выполнения заданий и передаёт их пользователю.

Client – компонент пользователя, использующего сервисы распределённой вычислительной

сети. Взаимодействует с сетью через веб-интерфейс, предоставляемый от WebServer.

Заключение

На данном этапе разработки получены следующие результаты:

1. Реализована часть серверного модуля, а именно: компонент ErlangServer. Выполняется запуск сервера, отслеживаются подключенные клиенты. Инициализируется БД, создается общая схема для «Mnesia», создаются таблицы и копируются на все подключенные узлы.

2. В удалённом рабочем узле реализовано подключение к серверу и инициализация БД.

3. Реализован модуль, отслеживающий работоспособность сервера. Запускает сервер, а в случае его отказа выполняет перезапуск.

4. В дальнейшей перспективе необходимо реализовать такие модули как WebServer, пользовательский интерфейс программы и конкретные сценарии для выполнения задач на распределённых удалённых узлах. Реализовать полноценное взаимодействие с базой данных.

5. Также в перспективе – реализация динамического распределения нагрузки между узлами сети, распределение данных по узлам в зависимости от их физического расположения.

Проделанная работа на данном этапе является серверным модулем, который позволит решать задачи с высокими требованиями к вычислительным ресурсам. Предложен программный инструмент, позволяющий наращивать вычислительную мощность системы без её остановки и незаметно для конечного пользователя с минимальными затратами.

Литература

1. Распределённые вычисления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=65233585>, свободный.
2. Learn You Some Erlang [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://learnyousomeerlang.com/>, свободный.
3. Erlang [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.erlang.org/>, свободный.
4. Erlang Solutions [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.erlang-solutions.com/>, свободный.
5. Грид [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=66132964>, свободный.
6. Grid computing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Grid_computing свободный.
7. Erlang (programming language) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Erlang_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Erlang_(programming_language)), свободный.

СЕТЕВОЕ ХРАНИЛИЩЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ

В.И. Вальт, В.В. Лоскутов, Е.А. Скорикова
Научный руководитель: И.А. Ботыгин, доцент кафедры ИПС
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
[E-mail: kate_sk_ar@mail.ru](mailto:kate_sk_ar@mail.ru)

Введение

В век информационных технологий проблема хранения и обработки терабайтов информации переходит в ранг штатных ситуаций. Сверхбольшие объемы информации характерны для космических наблюдений, при сборе и систематизации различных метеорологических данных, для крупных производственных сфер, “smart grid”, для новейших медицинских исследований, исследований в биологии и другие. Таким образом, проблема хранения и обработки гигантских объемов данных является довольно распространенной, но разрешимой. Вариантом решения является покупка нового дополнительного оборудования или модификация старого, но это довольно дорогостоящая операция и решающая проблему больших данных только на конкретный период времени.

Наиболее простым и эффективным решением указанной проблемы, по мнению авторов, является создание сетевого хранилища данных. По определению, сетевое хранилище подразумевает территориально-распределенное хранение информации. Таким образом, сетевое хранилище данных можно представить распределенной вычислительной системой, предназначенной для хранения набора логически связанных между собой разделяемых данных, которые физически распределены по разным узлам компьютерной системы. В пользовательском смысле, основной задачей такой распределенной системы, как составного элемента централизованного Интернет-сервиса, является хранение данных и предоставление доступа к ним по мере необходимости со стороны неограниченного количества сетевых пользовательских сервисов.

Настоящая работа посвящена разработке программного обеспечения распределенного сетевого хранилища приземных метеорологических наблюдений, представленных кодом КН-01 [1] о состоянии окружающей среды с метеорологических станций по всем регионам России и предоставлением необходимых данных исследователям как в визуальной форме, так и в широко распространенных экспортных форматах.

Структура данных КН-01

Как было отмечено выше, в качестве обрабатываемой информации используются данные метеорологических наблюдений со станций гидрометеослужб РФ, расположенных на суше и закодированных национальным вариантом международного кода FM 12 SYNOP – КН-01. Данный код

позволяет очень легко кодировать и декодировать метеоданные, используя кодовые таблицы и схему кода. Например, дан следующий код: 15151 26063 21328 81407 10073 21027 40025 57021 76345 86626 333 10115 60052 86708. Число 15151 означает, что приведенные метеоданные отображают погоду 15 числа со сроком наблюдения в часах равным 15, а также, что единица измерения скорости ветра определяется инструментальным образом в м/с. Таким образом, метеорологические данные (температура воздуха, скорость ветра, количество осадков и т.д.) передаются в виде набора чисел, которые содержат в себе исчерпывающую информацию о погоде на месте работы станции. Подробное описание структуры и формата хранения метеоданных КН-01 можно найти в [2].

Архитектура системы

При проектировании распределенного сетевого хранилища метеоданных были выделены следующие модули: модуль командного центра (индикация и мониторинг вычислительных узлов), модуль диспетчера баз данных (распределение метеоданных по узлам и выполнение клиентских запросов), клиентский модуль (доступ к метеоданным исследователям), модуль терминалов (источники получения метеорологических наблюдений) и модули хранения и обработки (узлы хранения распределенных метеоданных) (Рис.1).



Рис. 1. Архитектура системы

Центральным звеном сетевого хранилища метеорологических данных является модуль командного центра. Именно на модуль командного центра возложен весь функционал по управлению и функционированию хранилища метеоданных. Командный центр осуществляет мониторинг работы узлов хранения и отправку информации с терминалов диспетчеру баз данных.

Непосредственной связи метеостанций с сетевым хранилищем метеоданных в системе не предусмотрено. Но имеется возможность ввода метеонаблюдений, представленных в коде КН-01, с использованием специализированного приложения, доступного через модуль терминала.

Таким образом, данные метеонаблюдений с терминалов попадают на обработку в командный центр, который и обеспечивает их передачу диспетчеру баз данных. Диспетчер баз данных, в свою очередь, классифицирует метеоданные и отправляет узлам хранения (машина для хранения данных). Для этого на диспетчере содержится таблица со всеми активными узлами в данный момент, с описанием – какой узел что хранит. Для эффективного распределения полученных метеоданных от командного центра, диспетчер выполняет поиск по таблице активных узлов хранения, выбирает наиболее подходящий таким образом, чтобы узел не содержал разнотипной информации. В настоящий момент структуризация данных метеонаблюдений ориентирована на административно-территориальные регионы Российской Федерации.

На узле, получаемые от диспетчера, метеоданные размещаются в текстовых файлах. В этих файлах данные приземных гидрометеорологических наблюдений представлены в строгом соответствии со схемой кода КН-01 и его разделами. Файлы метеонаблюдений, в свою очередь, расположены в каталогах по станциям региона, годам и месяцам наблюдения. Взаимодействие исследователей с системой происходит через веб-браузер, с использованием веб-страницы, на которой запускается java-апплет командного центра. *Апплет* – это программа, способная обрабатывать действия пользователя и динамически менять свое поведение.

После процедуры авторизации исследователя, включающей как идентификацию пользователя, так и определение права на получение запрашиваемой информации, запрос исследователя передается диспетчеру баз данных. После чего диспетчер баз данных определяет узел, к которому необходимо обратиться для получения требуемой информации.

После получения запрашиваемых данных от узлов хранения, диспетчер баз данных выполняет отправку информации клиенту. Клиентский модуль, в свою очередь, получив метеоданные, закодированные кодом КН-01, выполняет их декодирование и в текстовом виде выводит исследователю. Кроме того, присутствует возможность экспорта полученных данных в распространенных экспортных форматах.

Реализация

Описанная архитектура разработана на объектно-ориентированном языке программирования Java, что, в первую очередь, позволяет обеспечить кроссплатформенную совместимость на разных

платформах. Кроме того, Java является открытой, свободной и «непотопляемой» в мире языков программирования, что позволило программистам Java написать огромное множество полезных библиотек.

Для расширения возможностей веб-сервера используется технология java-сервлетов. Сервлет взаимодействует с клиентами посредством принципа запрос-ответ. Сервлет срабатывает "на втором плане", принимая данные от апплета и обрабатывая их. Именно апплет-сервлетное взаимодействие позволяет значительно сократить временные и производственные затраты.

Интеграция системы с сетью Интернет обеспечивается пакетом java.lang, входящим в системную библиотеку Java. Класс Socket поддерживает сокеты TCP/IP, для создания серверов Интернет используются объекты класса ServerSocket. Наконец, имеется класс URL для связи с сетью. Сетевые классы Java представляют ясный и простой в использовании интерфейс для работы.

Заключение

Несмотря на то, что формат данных КН-01 используется на всей территории Российской Федерации, универсального средства распределенного сетевого хранилища приземных метеорологических наблюдений, представленных кодом КН-01 о состоянии окружающей среды с метеорологических станций по всем регионам России и предоставлением необходимых данных по запросу, не существует. Прежде всего, при разработке данного программного обеспечения, ставилась задача обеспечения возможности распределения и управления большими объемами данных. Выбранные для реализации сетевого хранилища средства позволили максимально эффективно реализовать взаимодействие модулей системы и обеспечить его оптимальное быстродействие.

Литература

1. Официальный сайт Java [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://java.com/ru>, свободный.
2. Википедия - КН-01 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%9D-01>, свободный.
3. Официальный сайт Росгидромет центра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.meteorf.ru/>, свободный.
4. Лукьянов Н.М. Анализ факторов, влияющих на качественные и количественные показатели функционирования систем распределенного хранения данных // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО.– 2008. – № 56. – 9 с.
5. Портал – Изучаем Java [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://java-study.ru/java-uchebnik/14-applets>, свободный

МОНОУРАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЛОКАЛИЗАЦИИ ИСТОЧНИКА ЗВУКА

Поляков И. В., Гай В. Е.
НГТУ им. Р. Е. Алексеева
Polyakovigor92@gmail.com

Введение

Работа посвящена описанию метода оценки направления на источник звука, с использованием только одного микрофона. В отличие от существующих методов поиска направления, предлагаемый метод реализует концепцию грубо-точного анализа сигнала, описанную в теории активного восприятия. Приводятся результаты вычислительного эксперимента, подтверждающие работоспособность описанного метода.

Задача поиска направления на источник звука приобрело особую актуальность еще в годы Первой Мировой Войны, когда широкое распространение артиллерии и военной авиации заставило технологов обратиться к акустике, как к способу определения местонахождения артиллерии и путей движения самолетов.

В то время основное внимание уделялось бинауральному (два приемника звука) методу поиска источника звука, как более очевидному и простому. Метод заключался в нахождении разницы фаз и величины разности амплитуд между записями двух приемников звука, находящихся в одной плоскости. Но такой способ дает довольно грубый результат и измерительный прибор занимает тем больше места, чем больше область поиска (к примеру, область бинаурального распознавания ограничивается всего тремя метрами, при расстоянии между приемниками равном расстоянию между ушами человека).

Со временем была сформулирована задача определения направления на источник звука с помощью одного микрофона. Решения данной задачи основанные на методе дискриминации акустических передаточных функций и методе акустической передаточной функции с применением параболической отражающей платы, приведены в работах [1] и [2].

Многие современные методы исследования и нахождения зависимостей в звуке обрабатывают анализируемый сигнал на уровне отсчетов. С другой стороны, известны факты, свидетельствующие о целостности механизма зрительного восприятия человека, выполняющемся зрительной системой при грубо-точном анализе сенсорных данных[3]. В теории активного восприятия (ТАВ) описан метод грубо-точного анализа, который используется для распознавания изображений. Предполагается, что похожие механизмы работают в слуховой системе, исходя из чего, данный метод может быть применён и к анализу речевых сигналов. Предлагаемая реализация этапов системы распознавания рассмотрена с точки зрения ТАВ.

Предлагаемый подход

Систему определения направления на источник звука можно представить как систему распознавания образов. С точки зрения системного анализа, задача распознавания (в широком смысле) является совокупностью трёх этапов: предварительная обработка, вычисление признаков и принятия решения. Рассмотрим реализацию этапов системы локализации источника звука, с точки зрения ТАВ.

1. Предварительная обработка: выделение активности голоса.

2. Вычисление признаков: область определения анализируемого сигнала разбивается на подобласти, далее каждая подобласть разбивается на сегменты. По каждому сегменту с помощью У-преобразования вычисляется спектральное представление, далее по каждому спектральному представлению вычисляются замкнутые группы. Множество описаний спектров в виде замкнутых групп, в пределах одной подобласти, объединяются в гистограмму частоты появления замкнутых групп. В результате, формируется описание анализируемого сигнала в виде набора гистограмм замкнутых групп.

3. Принятие решения (классификация)

Этап классификации основан на использовании метода сравнения описания анализируемого сигнала с эталоном (см. рис. 1, мера близости – евклидово расстояние).

В качестве результирующего класса выбирается класс того эталона, до которого расстояние от входного сигнала оказалось наименьшим.

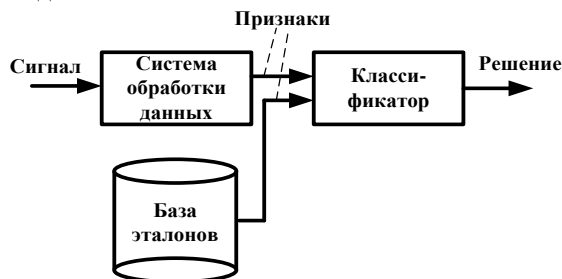


Рис. 1. Классификация принятого сигнала

Вычислительный эксперимент

С использованием предложенного в этой статье метода, становится возможным создание системы, которая распознает направление на источник звука довольно точно, при этом используя

всего один микрофон (монауральная система). Для записи требуется небольшая установка (10см x 15см x 11см), содержащая подставку, микрофон и прямоугольную стенку, для обеспечения искажения звука, приходящего от источника (см. рис. 2). Стенка является упрощенным аналогом внешнего уха человека, изменяющего звук, в зависимости от направления, с которого он принимается.

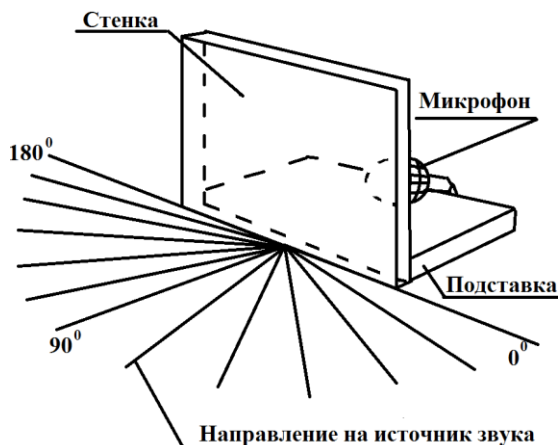


Рис. 2. Записывающая установка.

Была сформирована база эталонов, а также база контрольных записей. При проведении эксперимента использовались два помещения, с двумя точками расположения записывающего устройства в каждом, для исключения воздействия акустики комнат (см. рис. 3). Одна из комнат имела кирпичные стены, частично закрытые ковровым покрытием, другая комната имела штукатуренные деревянные стены.

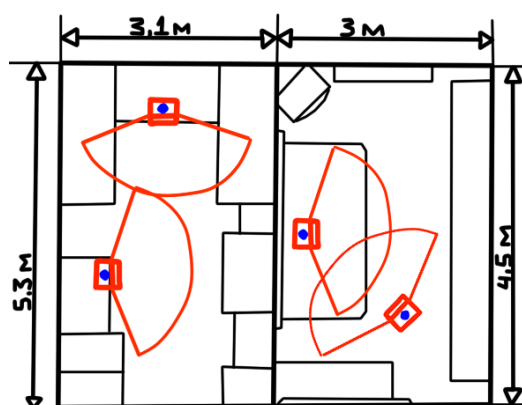


Рис. 3. Помещения для проведения экспериментов.

Вычисления и запись базы данных выполнялись на ноутбуке Asus k42jv, процессор – Intel Core i3 350M (два ядра), SSD, 6Гб ОП.

Эксперимент проводился с такими звуками, как непосредственная устная речь, аудиозаписи устной речи среднего качества, аудиозаписи с низким и нерегулярным шумом (звук двигателя мотоцикла).

Записи проводились в метре от установки, источник звука на каждой записи варьирует местоположение по 15° , передвигаясь радиально, относительно установки. В итоге за 13 записей охватывается область в 180° .

В результате проведения экспериментов, относительная точность определения направления остается в пределах 15° . В среднем в двух записях из десяти происходит, смещение найденного направления в соседний 15° сектор, относительно действительного. Также, ошибки в 30° - 45° встречаются, при работе с записями шумов (звук двигателя мотоцикла), а записи с направлений 0° и 180° практически идентичны.

Заключение

В статье дано описание модели информационных преобразований для решения задачи локализации источника звукового сигнала. Предложенная модель основана на использовании операции дихотомии, позволяющей выделить однородные участки анализируемого сигнала для их дальнейшего описания. При создании признакового описания используется U -преобразование, которое является базовым в теории активного восприятия. Разработанный метод является дикторозависимым, поэтому дальнейшая работа будет направлена на его модификацию для снятия указанного ограничения. Использование предложенного метода позволяет, с одной стороны, получить инвариантность описания реализации речевого сигнала в рамках одного участка дихотомии, а с другой стороны сохранить грубую временную структуру сигнала. Алгоритмическая реализация предложенного метода обладает высоким потенциалом к распараллеливанию.

Литература

1. Ryoichi Takashima, Tetsuya Takiguchi and Yasuo Ariki (2011). Single-Channel Sound Localization Based on Discrimination of Acoustic Transfer Functions, *Advances in Sound Localization*, Dr. Pawel Strumillo (Ed.), ISBN: 978-953-307-224-1, InTech.
2. T. Takiguchi, R. Takashima, and Y. Ariki, "Active Microphone with Parabolic Reflection Board for Estimation of Sound Source Direction," *Proc. Joint workshop on Hands-free Speech Communication and Microphone Arrays (HSCMA 2008)*, pp. 65-68, 2008.
3. Утробин В.А. Информационные модели системы зрительного восприятия для задач компьютерной обработки изображений: учеб.пособие / В.А. Утробин. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2001. – 234 с.
4. Утробин В.А. Элементы теории активного восприятия изображений / В.А. Утробин // *Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева*. – 2010. – Т. 81. – № 2. – С. 61-69.

ДИСПЕРСИЯ ТЕ-МОД ПЛАНАРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДОВ С ЛЕВО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СЕРЕДИНОЙ

Д.А. Конкин, Р.В. Литвинов

Томский университет систем управления и радиоэлектроники
konkinda@inbox.ru

Введение

Интенсивное развитие нанотехнологий привело к появлению экспериментальных прототипов лево-ориентированных материалов, обладающих одновременно отрицательными величинами диэлектрической и магнитной проницаемостей в оптическом диапазоне длин волн [1]. Исследования дисперсионных свойств волноводов на основе таких материалов является актуальным с точки зрения их использования в различных приложениях, в том числе телекоммуникационных.

Анализ зависимости постоянных распространения β собственных оптических мод ТЕ-типа планарного волновода с сердцевинной толщиной h от длины световой волны $\lambda = 2\pi v_c / \omega$ (ω – частота, v_c – скорость света) может быть выполнен на основе дисперсионного соотношения, которое может быть представлено в форме [2]

$$\tanh \chi_f h = - \frac{\chi_s \mu_f \chi_f^{-1} \mu_s^{-1} + \chi_c \mu_f \chi_f^{-1} \mu_c^{-1}}{1 + \chi_s \chi_c \mu_f^2 \chi_f^{-2} \mu_s^{-1} \mu_c^{-1}}, \quad (1)$$

где μ_c , μ_f и μ_s – относительные магнитные проницаемости покровной среды, пленки и подложки, соответственно; зависящие от величины β коэффициенты

$$\chi_* = \sqrt{\beta^2 - \varepsilon_* \mu_* (\omega / v_c)^2}, \quad (2)$$

(здесь в нижнем индексе вместо букв «с, f или s» используется знак «*») определяют качественную картину электромагнитного процесса в покровной среде «с», подложке «s» и пленке «f»; ε_* – относительная диэлектрическая проницаемость соответствующих слоев волновода, .

Фазовая скорость быстрых мод волновода из обычных право-ориентированных материалов с положительными значениями проницаемостей ($\varepsilon_* > 0$ и $\mu_* > 0$) больше фазовой скорости плоских электромагнитных волн в объемных средах из материалов покровной среды и подложки [3].

Если материал сердцевинной волновода является лево-ориентированным ($\varepsilon_* < 0$ и $\mu_* < 0$), то в волноводе могут распространяться не только быстрые, но и медленные моды, фазовая скорость которых меньше скорости плоских электромагнитных волн в объемных средах, соответствующих различным слоям волновода [3].

Следуя работам [1,2], будем считать, что зависимость диэлектрической и магнитной проницаемости объемной среды из лево-ориентированного материала от частоты светового поля ω описываются соотношениями

$$\varepsilon_f = 1 - \omega_p^2 / \omega^2, \quad \mu_f = 1 - F \omega^2 (\omega^2 - \omega_0^2)^{-1} \quad (3)$$

где ω_p – плазменная частота, ω_0 – частота магнитного резонанса, F – фактор заполнения.

Выполним анализ зависимости эффективных показателей преломления $n_{eff} = \beta v_c / \omega$ собственных оптических мод волновода с лево-ориентированной сердцевинной от длины световой волны λ . Рассмотрим случай воздушной покровной среды ($\varepsilon_c = 1$ и $\mu_c = 1$) при следующих параметрах сердцевинной: $\omega_p = 3,46 \cdot 10^{15}$ рад/с,

$\omega_0 = 1,63 \cdot 10^{15}$ рад/с и $F=0,5$. В этом случае диапазон λ , в котором одновременно выполняются условия $\varepsilon_f \leq 0$ и $\mu_f \leq 0$ лежит в пределах от 0,816 мкм до 1,155 мкм и определяется областью отрицательных значений проницаемости μ_f . В качестве подложки рассмотрим немагнитные ($\mu_s = 1$) диэлектрические среды вдали от резонансов поглощения. В рассматриваемом диапазоне λ влияние дисперсии диэлектрической проницаемости подложки на величину постоянных β пренебрежимо мало.

Численные расчеты выполнены для трех значений проницаемости ε_s , равных 1; 1,5; и 2. Рассчитанные зависимости $n_{eff}(\lambda)$ представлены на рисунке 1 сплошными кривыми. Здесь же представлены зависимости показателя преломления $n_f = \sqrt{\varepsilon_f \mu_f}$ объемного лево-ориентированного материала (штрихованные кривые) и уровни (пунктирные) показателей подложки $n_s = \sqrt{\varepsilon_s \mu_s}$.

Общей особенностью дисперсионных зависимостей всех мод является наличие двух сингулярных точек. Первая из них обусловлена сингулярностью зависимости проницаемости $\mu_f(\omega)$ при частоте ω_0 . Вторая сингулярность находится в точке $\lambda=1$ мкм, где магнитная проницаемость принимает значение $\mu_f = -1$. В окрестности этой точки дисперсионные кривые медленных мод волновода асимптотически приближаются к дисперсионным кривым поверхностных электромагнитных волн s-типа [5]. Для принятых условий и при $\lambda=1$ мкм выполняются условия $\mu_s^2 = \mu_f^2 = \mu_c^2 = \mu_f^2$, при которых фазовые скорости поверхностях волн равны к нулю.

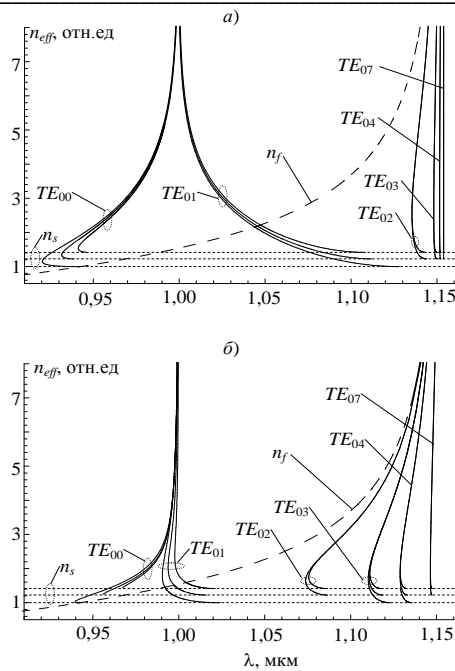


Рис. 1. Дисперсионные зависимости показателей преломления TE-мод планарного волновода с сердцевинной из лево-ориентированного материала толщиной 100 нм (а) и 330 нм (б).

В волноводе с сердцевинной толщиной $h=100$ нм дисперсионные зависимости TE_{00} мод лежат в области медленных мод и обладают точкой с нулевой групповой скоростью $v_g = d\omega/d\beta = 0$, в которой $dn_{eff}/d\lambda = \infty$ (см. рис.1а). Эта точка делит дисперсионную кривую на две ветви. Нижняя ветвь соответствует положительной групповой скорости ($v_g > 0$, фазовая и групповая скорости имеют одинаковое направление), а верхняя – отрицательной ($v_g < 0$, фазовая и групповая скорости имеют противоположные направления). Дисперсионные зависимости TE_{01} моды лежат как в области медленных, так и в области быстрых мод, им соответствует положительная величина $v_g > 0$. Дисперсионные зависимости остальных мод лежат в области быстрых мод. Однако в отличие от обычных волноводов из право-ориентированных материалов, дисперсионные зависимости мод которых являются монотонными, дисперсионные зависимости быстрых мод волноводов с лево-ориентированной сердцевинной делятся на две ветви точкой, соответствующей случаю $v_g = 0$ (аналогично зависимостям TE_{00}). При этом с ростом номера моды дисперсионные зависимости, приближаясь к области сингулярности проницаемости μ_f , практически сливаются.

В более толстом волноводе толщиной $h=330$ нм (см. рис. 1б) дисперсионные зависимости его мод также лежат в области медленных и

быстрых мод. Однако теперь дисперсионные зависимости TE_{01} моды являются немонотонными, делятся точкой с $v_g = 0$ на верхнюю и нижнюю ветви, отвечающие различным направлениям групповой скорости. При этом дисперсионная зависимость моды TE_{00} в ассиметричном волноводе с $n_s = 2$ является монотонной, отвечает одинаковым направлениям фазовой и групповой скорости.

Характерно, что изменение показателя преломления подложки (асимметрия волновода) заметно сказывается на дисперсионных зависимостях только в области отсечки мод ($n_{eff} \approx n_s$). При этом в волноводе с $h=100$ нм (см. рис. 1а) оно не приводит к качественному изменению характера дисперсионных зависимостей мод, практически влияя только на условия отсечки мод. Однако в более толстом волноводе с $h=330$ нм (см. рис. 1б) увеличение показателя преломления подложки может привести к отсечке ветви, лежащей ниже точки с нулевой групповой скоростью $v_g = 0$ и увеличить диапазоны длин волн λ , в которых волновод является одномодовым. Важным качественным отличием рассматриваемого волновода от обычных волноводов из право-ориентированных материалов является наличие несколько диапазонов длин волн λ , в которых он является одномодовым. Это условие может быть выполнено для всех мод рассматриваемого волновода, в отличие от обычного, в котором оно выполняется только для моды низшего порядка.

Таким образом, планарные оптические волноводы с сердцевинной из лево-ориентированного материала обладают качественно новыми дисперсионными свойствами.

Работа выполнена в рамках проекта № 2406 поддерживаемого Министерством Образования и Науки РФ.

Литература

1. Negative refractive index metamaterials in the visible spectrum based on MgB_2/SiC composites/ N. Limberopolous et al.//Appl. Phys. Lett.– 2009.– v. 95.– pp. 023306-1-3.
2. Y. He. Guided optical modes in asymmetric left-handed waveguides/ He Y., Cao Z. and Shen O.// Optics Communications.– 2005.– V. 245.–pp. 125-135.
3. Shadrivov I. V. Guided modes in negative-refractive-index waveguides/ Shadrivov I. V., Sukhorukov A. A., and Kivshar Y. S. // Phys. Rev. E.– 2003.– V. 67.– pp. 057602-1-4.
4. Wang Z. Surface modes in left-handed material slab waveguides/ Wang Z. H., Xiao Z.Y. and Luo W.Y. // J. Opt. A: Pure Appl.Opt.– 2009.– V. 11.– 015101-1-6.
5. Surface plasmon polaritons at interfaces associated with artificial composite materials/ Zhang H. et al. //JOSA B.–2005.–V. 22, pp. 2686-2696.

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ В ИТ-ОТРАСЛИ

Ивашутенко А.С.

Томский политехнический университет

ivashutenko@tpu.ru

Специфика информационных технологий заключается в особенностях потребляемых ресурсов и производимых эффектов. Основными потребляемыми ресурсами здесь являются: труд (интеллектуальный ресурс), энергия (чаще всего электрическая) и программно-технические средства.

Основными эффектами, т. е. положительными результатами реализации информационных технологий являются: снижение трудоемкости (повышение производительности) процессов использования информационного ресурса; повышение надежности (снижение рисков сбоя) функционирования информационных систем; повышение оперативности (скорости обработки) информации.

В этом свете ресурсоэффективность в контексте информационных технологий будет представлять собой нацеленность на получение максимального результата (производительности труда, надежности информационной системы и скорости обработки информации) от использования необходимых ресурсов (труд, энергия, программно-технические средства), в рамках требований экономичности, устойчивости и экологичности.

Использование достижений миниатюризации и повышения мобильности в ИТ-отрасли

Современные требования к компонентной базе ИТ-аппаратуры отличаются жесткими требованиями к энергопотреблению. Это связано прежде всего с требованиями миниатюризации и мобильности современной ИТ-аппаратуры – чем меньше энергии потребляют компоненты устройства, тем более легкий и компактный аккумулятор будет необходим устройству. Таким образом, следуя моде или отдавая дань экологическим потребностям общества производители ИТ-отрасли в 1992 году ввели в обращение концепцию «Green IT» («зеленые» ИТ-решения). Этим термином обозначали такие продукты, которые обеспечивали бы максимум производительности при минимальных затратах энергии. Такие устройства создают минимальный «углеродный след» – вред природе, который наносится при производстве электроэнергии.

Строительной единицей процессора компьютера является транзистор, реализующий простейшие логические операции двоичной (битовой) логики. На одном кремниевом кристалле площадью 1—2 см² могут разместиться несколько миллиардов транзисторов [1]. Чем больше транзисторов удастся разместить на одной и той же площади кристалла, тем меньше им нужно энергии для выполнения одной и той же задачи, и тем меньше тепла они выделяют в ходе этой работы. Не говоря уже о том, что это позволяет создавать более ком-

пактные устройства. Поэтому практически каждые два-три года производители ИТ-компонентов переходят от одного стандарта миниатюризации к более эффективному (технологические нормы техпроцесса – 65 нм, 45 нм, 32-нм). Революционной технологией стали 22-нм процессоры, в которых используются 3D-транзисторы Intel Tri-Gate [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Их структура состоит из нескольких слоев компонентов, что позволяет обеспечить низкое энергопотребление при высокой производительности. По сравнению с первым процессором Intel 4004, выпущенным в 1971 г., новые процессоры работают в 4 тыс. раз быстрее, потребляют в 5 тыс. раз меньше, а их цена в пересчете на один транзистор сократилась в 50 тыс. раз. Поэтому использование современных ИТ-устройств позволяет получить дополнительный эффект в энергосбережении, так как устаревшее оборудование требует больше затрат на охлаждение и питание, чем современное.

Эффективность энергооборудования

Потери электроэнергии в основном возникают при преобразовании электричества, и в проводниках, выделяющих тепло. Потери на трансформацию энергии можно снизить путем выбора оборудования с максимальным КПД в основных режимах эксплуатации. В крупных ЦОД источники бесперебойного питания (ИБП) пропускают через себя мегаватты электричества, поэтому повышение их КПД способно существенно сократить расходы.

При сравнении КПД ИБП следует учитывать, что в большинстве ЦОД нагрузка вводится в эксплуатацию постепенно, поэтому системам бесперебойного электропитания большую часть времени приходится работать при неполной загрузке. Для ИБП, как правило, КПД близок к максимальному при уровне загрузки 60–90 %. Если реальное потребление меньше 50 %, КПД источника быстро падает – вплоть до 60 % и ниже [3]. Чтобы избежать огромных потерь электроэнергии, схему подключения следует формировать таким образом, чтобы оборудование работало в наиболее эффективном режиме. Более выгодным оказывается полная загрузка одного ИБП, чем распределение нагрузки между двумя ИБП, которые всегда работают с нагрузкой менее 50 %, что влечет за собой потери электроэнергии, уходящей в тепло. К тому же это тепло надо выводить из помещения, а значит, электроэнергия расходуется еще и на кондиционирование. Поэтому следует выбирать новейшие модели ИБП с более высоким КПД в самом широком диапазоне мощностей. В новейших разработках ведущих производителей при

уровне нагрузки от 0,3 до 1 этот показатель изменяется в пределах 0,5–1 % [4].

Потери на тепло в проводниках, кабельных трассах, распределительных щитах, блоках распределения (PDU) достаточно малы, однако и ими не стоит пренебрегать. Длина магистралей силовых кабелей должна быть заранее минимизирована. Кроме того, не стоит увлекаться нагрузкой с питанием от 48В – при таком низком напряжении потери тепла в проводах заметно выше.

Следует избегать перекоса фаз. Для этого нужно осуществлять централизованный мониторинг баланса фаз, а также отслеживать нагрузку по фазам непосредственно в стойках. Эти же меры снизят вероятность сбоя оборудования в результате перегрузки. По возможности рекомендуется использовать трехфазную нагрузку [5].

Оптимизация использования периферийного оборудования

По аналогии с совместным использованием рабочей группой дорогостоящего вспомогательного ПО, добиться оптимизации ресурсов возможно при помощи «обобществления» периферийных ИТ-устройств – принтеров, плоттеров, сканеров, факсов и т. п. С появлением сетевого интерфейса у периферийных устройств (прежде всего у принтеров), их совместное использование стало офисным стандартом. Теперь принтер не нужно обязательно подключать к какому-то компьютеру или выделенному принт-серверу. Он подключается напрямую в локальную сеть и доступен всем её пользователям.

Совместное использование периферийных устройств позволяет выровнять рабочую нагрузку между ними, повысить доступность дефицитных периферийных устройств (например плоттер или цветной лазерный принтер может быть в компании в единственном числе). В случае поломки принтера в вашем кабинете, вы всегда сможете распечатать документ на принтер в соседнем кабинете. Помимо этого, обобществление периферийных устройств помогает сократить их необходимое количество в организации по чисто психологическим и социальным причинам. Раньше практически каждый сотрудник просил себе отдельный персональный принтер, потому что «у коллеги же уже есть, чем я хуже», наличие устройства на рабочем столе подчеркивало его статус в коллективе. Сейчас принтер становится таким же общим оборудованием, как кулер с водой или холодильник – чаще всего достаточно одного принтера на одну комнату. Как вы уже догадались – уменьшение количества периферийных устройств позволит сократить затраты на расходные материалы и обслуживание [6]. Кроме того у «больших» печатающих устройств стоимость 1 копии получается значительно дешевле, что дает дополнительную экономию, если например заменить 10 персональных принтеров на один мощный принтер рабочей группы.

Другим способом оптимизировать затраты на периферийные устройства стал переход от использования отдельных периферийных устройств к использованию МФУ – многофункциональных периферийных устройств. МФУ включает в свой состав печатающее устройство, сканер и модем, позволяя объединять в одном корпусе функции принтера, копировального аппарата, сканера и факса. Добавляя сюда сетевой интерфейс, получаем экономичное и универсальное офисное решение для рабочей группы.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 596-600.
3. Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.
4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.
5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы бр010-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.
6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. ДЕФЕКТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОЛИТЫХ БРОНЗОВЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ КОЛЕЦ НАСОСОВ И КОМПРЕССОРОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.
7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.
8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.
9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.
10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.

РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ БЕРЕГОВАЯ РЛС С КВАЗИНЕПРЕРЫВНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ «ОБЗОР»

Привезенцева В.С.

Дальневосточный Федеральный Университет

Инженерная школа, кафедра инфокоммуникационных технологий и средств связи

Научный руководитель: Стаценко Л.Г.

Защита российских интересов в Мировом Океане, включая территориальные воды и экономическую зону, комплексное решение проблем безопасности мореплавания и международные обязательства России требуют организации высокоэффективного государственного контроля за судоходством на основе использования современных и перспективных радиоэлектронных систем и информационных технологий.

Основными техническими средствами системы управления движением судов (СУДС) являются береговые радиолокационные станции (БРЛС), станции автоматизированной информационной (идентификационной) системы (АИС), подсистема телевизионного наблюдения за ближайшей акваторией портов и подсистема ОВЧ радиосвязи с судами. С помощью указанных технических средств СУДС обеспечит радиолокационный контроль за акваторией в пределах 15 миль от места установки БРЛС и зону действия АИС и ОВЧ радиосвязи СУДС в радиусе 30 миль от места установки базовых станций.



Рис. 1.

Радар нового поколения «Обзор» обладает уникальными техническими и эксплуатационными параметрами. [1]

БРЛС «Обзор» использует технологию «высокоэнергетического луча». Это новая технология приема сигналов, ранее не использовавшаяся в гражданских навигационных радарх. Высокоэнергетический луч – это излучение сигналов небольшой мощности, но большой длительности, что в результате увеличивает энергию отраженного от цели сигнала. Технология «высокоэнергетического луча» позволяет повысить дальность и улучшить обнаружение малоразмерных целей при мощности передатчика в сотни раз меньшей, чем в традиционных магнетронных радарх.

«Обзор» имеет полностью твердотельный приемопередатчик. В нем отсутствуют магнетрон и высоковольтный модулятор. Выходным устрой-

ством является транзисторный усилитель. Приемопередатчик не имеет органов регулировки и предназначен для работы вне помещений.

Все управляющие и выходные сигналы приемопередатчика цифровые. Обмен с приемопередатчиком осуществляется через Gb Ethernet.

Основные процедуры по формированию и обработке сигналов производятся в компьютере.

Доплеровская селекция позволяет отделить подвижные цели от неподвижных, а также улучшить наблюдение целей на фоне отражения от цели.

Основные характеристики:

Тип станции – когерентно-доплеровская

Вид сигнала – амплитудно-частотно-фазоманипулированный сигнал

Состав: антенна 18 фт, резервированный твердотельный приемопередатчик, технологический индикатор

Частотный диапазон: 9410±30 МГц

Диапазон рабочих температур от -40°C до +55°C

Береговая радиолокационная станция "Обзор" имеет свидетельство одобрения Минтранса РФ и может быть использовано: береговые посты системы управления движением судов, Охрана прибрежных объектов, морские платформы – обеспечение навигации и безопасности



Рис. 2.

Импульсно-доплеровские РЛС, в отличие от РЛС с селекцией движущихся целей, используют другой, более сложный способ избавления от помех. Принятый сигнал, содержащий информацию о целях и помехах, передается на вход блока фильтров Доплера. Каждый из фильтров пропускает сигнал определенной частоты. На выходе из фильтров вычисляются производные от сигналов. Способ помогает находить цели с заданными скоростями, может быть реализован аппаратно или программно, не позволяет (без модификаций) определить расстояния до целей. Для определения расстояний до целей можно разделить интервал

повторения импульса на отрезки (называемые отрезками дальности) и подавать сигнал на вход блока фильтров Доплера в течение данного отрезка дальности. Вычислить расстояние удаётся только при многократных повторениях импульсов на разных частотах.

Важное свойство импульсно-доплеровских РЛС — когерентность сигнала - фазовая зависимость отправленных и полученных (отражённых) сигналов.

Импульсно-доплеровские РЛС, в отличие от РЛС с селекцией движущихся целей, чаще обнаруживают низколетящие цели. На современных истребителях эти РЛС используются для воздушного перехвата и управления огнём. Современные реализации в основном программные: сигнал оцифровывается и отдаётся на обработку отдельному процессору. Часто, цифровой сигнал преобразуется в форму, удобную для других алгоритмов, с помощью быстрого преобразования Фурье. Использование программной реализации по сравнению с аппаратной имеет ряд преимуществ:

- возможность выбора алгоритмов из числа доступных;
- возможность изменения параметров алгоритмов;
- возможность добавления/изменения алгоритмов.

Перечисленные достоинства наряду с возможностью хранения данных в ПЗУ позволяют, в случае необходимости, быстро приспособиться к технике глушения противника. [2]

РЛС не чувствительна к помехам от других РЛС и не создает им помех.

Связь приемопередатчика с индикатором в цифровом виде (Gigabit Ethernet). Длина связи по электрическому кабелю до 100 м.

Схема РЛС «Обзор»

РЛС «Обзор» обеспечивает:

- Обнаружение надводных и низколетящих воздушных целей
- Быструю (за время одного оборота антенны) селекцию подвижных и неподвижных целей с индикацией приближающихся и удаляющихся целей;
- Ручной или автоматический захват целей на автосопровождение с выработкой их элементов движения;
- Визуальное или автоматическое обнаружение целей, пересекающих границы контрольных зон, и выдачу звукового сигнала для предотвращения несанкционированного доступа;
- Индикацию параметров целей, полученных от универсальной автоматической идентификационной системы (АИС);
- Выдачу координат целей или параметров движения в телевизионную систему;

- Электронное архивирование радиолокационной информации.

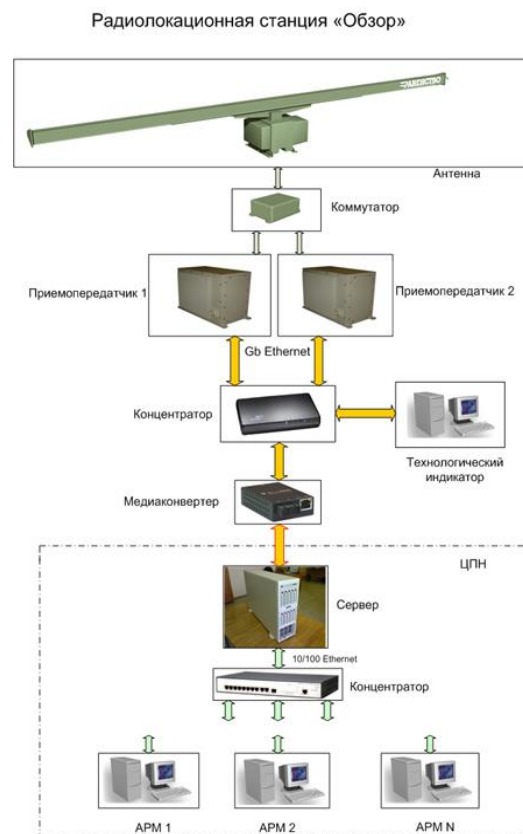


Рис. 3. Структурная схема РЛС

Данное оборудование является наиболее оптимальным с точки зрения контроля за всеми рекомендованными путями движения судов на акватории и подходах к портам Дальнего Востока и строящимся причальным терминалам. Оборудование обеспечивает необходимые точностные характеристики для определения координат и параметров движения целей, обзор максимальной площади при минимальном числе объектов СУДС и количестве оборудования для реализации всех функций системы.

В настоящее время рассматривается вопрос о замене старого оборудования на РЛС нового поколения, которые кроме обеспечения безопасности мореплавания, могут выполнять функции экологического контроля (разлив нефтепродуктов), а так же исследование ледовой обстановки.

Список литературы

1. <http://www.rawenstvo.ru/ru/products/radar>
2. <http://web.archive.org/web/20050324031603/http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/094/937.htm>

СОВРЕМЕННАЯ РАДИОСИСТЕМА ЗАЩИТЫ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

И.Р. Мардиев, Л.Г. Стаценко
Дальневосточный Федеральный Университет
[Ilyha2809@mail.ru](mailto:ilyha2809@mail.ru)

Введение

Эволюция автомобиля всегда сопутствовала совершенствованию преступной деятельности по взлому и угону.

Как известно, чтобы защита автомобиля от угона была эффективной необходимо, несколько устройств с разным назначением, которые объединены в одно понятие – «охранный комплекс».

В наше время 100 % защиту не может обеспечить ни одна противоугонная система, именно поэтому под понятием надёжность следует понимать время, требуемое на полную ликвидацию системы защиты.

Стандартные «охранные комплексы» вскрываются в течении 3-5 минут не вызывая особых проблем у угонщиков. Что бы быть уверенным в защите, транспортного средства, требуется продумать каждую ступень защиты.

Сигнализация - отвечает за звуковое оповещение владельца об угрозе угона. Так же она выполняет ряд сервисных функций: прогрев двигателя до нужной температуры, открытие/закрытие дверей и багажника, постановка и снятие с охраны авто.

GPS/GSM маяк - это специальное автономное устройство, главная функция которого заключается в определении и передаче своих координат. Его радиус действия ограничен только картой покрытия сотовых сетей, а связь стандарта GSM покрывает практически всю территорию нашей страны. При угоне, с помощью данного устройства, можно узнать, где находится автомобиль.

Имобилайзер встраивается в сеть питания автомобиля и блокирует подачу питания на топливный насос, блокирует цепи питания двигателя. Управляется с брелка-присутствия у автовладельца. При нахождении владельца внутри авто - системы работают отлично, при отсутствии - системы блокируются.

В данной статье предложено решение, разобранное по ступеням, начиная от элементарной механической защиты, сигнализации, GPS/GSM маяка и заканчивая альтернативным иммобилайзером на основе технологии RFID-меток. По каждой из ступеней защиты будет дано рациональное решение исходя из условия надёжности и цены которую придётся заплатить.

«Сборка» комплекса

Механическая защита нужна для того, чтобы затруднить доступ под капот злоумышленника. Все жизненно важные «органы» нашей системы находятся под капотом, именно поэтому следует уделить внимание данной ступени. Самым надёж-

ным на данный момент является электромеханический замок на капот.

Для удобства требуется установка сигнализации. Выбирать слишком дорогую не стоит, так как непосредственную защиту она не даёт, а служит средством оповещения и дистанционного управления машиной.

В качестве GPS/GSM маяка, лучше всего установить устройство FindMe. FindMe - отличается длительным автономным режимом работы и передает данные о своем местонахождении только в момент выхода на связь, благодаря чему способно длительное время оставаться не обнаруженным для различных сканеров.

Имобилайзер будет установлен «PRO KEY 2.4» с технологией 2,4 ГГц. В данном охранном комплексе особенностью иммобилайзера на 2.4 ГГц, будет установка метки присутствия под обшивкой салона. Это новшество позволит владельцу автомобиля не носить её постоянно с собой, а злоумышленнику создаст дополнительные трудности при угоне.

При попытке угона с использованием подавителя сигнала, будет разорвана обратная связь с брелком сигнализации и сигнал который обеспечивает работу метки и иммобилайзера так же будет подавлен, в результате чего иммобилайзер выполнит свою основную функцию и заблокирует цепи питания автомобиля.

В случае попытки угона без использования подавителя, машина не сможет тронуться по причине включения в работу дополнительной ступени защиты RFID-иммобилайзера. Размещение метки рассчитано по классической формуле дальности радиосвязи.

$$D = \sqrt{\frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \lambda^2 \cdot V_{осл}}{P_r \cdot 16 \cdot \pi^2}}, \quad (1)$$

где P_t – мощность передатчика, P_r – чувствительность приёмника, G_t и G_r – коэффициенты усиления АФ тракта, λ – длина волны, $V_{осл}$ – множитель ослабления.

Данный расчёт выявил, что наиболее оптимальным расстоянием расположение метки относительно приёмной антенны является 1 метр.

RFID - иммобилайзер и его реализация.

RFID - считыватель

RFID, данная ступень является дополнительной и высокоэффективной. Так же она является не дорогой и реализовать её можно самостоятельно. Внедряются абсолютно независимые две пары "метка-считыватель". Считыватели подключаются в цепи питания топливного насоса и зажи-

гания. Метки хранятся у хозяина. Система предназначена для автоматической блокировки двигателя после его выключения.

Диапазонов работы меток RFID много, для выбора наиболее удачного был произведён расчёт дальности на трех самых используемых частотах 125 кГц, 13,56 МГц, 900 МГц.

В системах RFID требуется учитывать две дальности, «модуляционную» и «энергетическую».

«Модуляционное» уравнение описывает обратную линию (reverseline), т.е. прием считывателем отраженного от метки сигнала, модулированного кодами идентификационного номера или данных метки.

$$R_{\text{мод}} = \sqrt[4]{P * G_r^2 * \lambda^2 * \sigma_{\text{max}} * \frac{M_r^2}{(4\pi)^2 * S_r}} \quad (2)$$

где P – мощность излучателя, G_r – коэффициенты усиления АФ тракта, σ_{max} – максимальное значение эффективной поверхности рассеяния антенны, λ – длина волны, S_r – рабочая чувствительность приёмника считывателя. M_r – глубина амплитудной модуляции.

Для расчёта, предельной дальности в прямом направлении (forwardline), используется так называемое «энергетическое» уравнение.

«Энергетическое» уравнение, характеризует прямую линию (forwardline) – канал доставки энергии от считывателя к метке, необходимой для обеспечения энергопитания активных элементов чипа. Именно это уравнение, как правило, ограничивает дальность действия систем RFID с чиповыми метками:

$$R_{\text{эн}} = \sqrt{k_e * P * G_r * A_e * \frac{1}{4\pi * S}} \quad (3)$$

Таблица 1 - Дальности распространения сигнала на рабочих частотах

	125 кГц	13,56 МГц	900 МГц
R _{мод} , м	53,4	45,7	25,2
R _{эн} , м	0,8	4,2	7,2

Частота 900МГц наиболее удовлетворяет потребностям дальности, а так как система собрана с индивидуальными кодовыми метками, она не имеет проблем с электромагнитной совместимостью.

RFID – метка

Из-за технических и стоимостных ограничений наиболее сложной задачей является проектирование метки (т.е.определение параметров A_e, S и Δσ). Поскольку S – минимальная рабочая чувствительность чипа, определена его производителями, а число производителей в мире чипов UHF диапазона крайне невелико, в первую очередь

проектирование метки сводится к проектированию ее антенны с необходимой эффективной площадью A_e и вариацией ЭПР Δσ.

$$A_e = \frac{4 * \pi * R^2 * S}{k_e * P * G_r} \quad (4)$$

При снижении чувствительности приемника S_r или вариации ЭПР метки Δσ возникает ситуация, когда R_{мод} ≤ R_{эн}. В этом случае дальность действия системы с пассивной меткой будет определяться модуляционным уравнением (2). Тогда, приравняв правые части уравнений (2) и (3), для систем, у которых антенна метки является полуволновым диполем, получим второе условие обеспечения заданной дальности R ≥ R_{мод} = R_{эн} :

$$\Delta\sigma = \frac{k_e^2 * P * S_r * A_e * G_d}{S^2} \quad (12)$$

В результате, исходя из заданной дальности действия R и известных параметров аппаратуры, можно определить два основных параметра метки: A_e и Δσ – эффективную площадь и вариацию ЭПР ее антенны соответственно. Подставив значения в формулы получаем, что эффективная площадь антенны равна 0,19*10⁻³ м², а вариация эффективной площади рассеяния равна 10 мкм².

Заключение

В данном проекте все ступени охранного комплекса разобраны досконально и предложено наиболее защищенное и современное решение. Так же предложен RFID-иммобилайзер, который является новшеством в мире защиты транспортного средства, и в обозримом будущем будет взято на вооружение ведущими компаниями, занимающимися проектированием охранных комплексов. Компания Pandora уже внедряет данную ступень в свои комплексы, но рабочая частота обеспечивает качественную работу только на расстоянии, порядка 7 см., что является не очень удобным. Предложенная система обеспечивает работу до 5 метров.

Литература

1. Корнеев С.В. «Оптимизация параметров технологии радиочастотной идентификации», Радиопромышленность, № 3, 2002
2. Т. Шарфельд «Системы RFID низкой стоимости», Москва 2006.
3. Иванов В.И., «Цифровые и аналоговые системы передачи»,Горячая линия-Телеком, 2003.
4. Р.Г. Магауенов «Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения», 2004
5. Syed A. Ahson, Mohammad Ilyas., «RFID Handbook: Applications, Technology, Security, and Privacy».: CRC Press, 2008.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «УМНОГО ДОМА»

Мартюшев Н.В.

Томский политехнический университет

martjushev@tpu.ru

Любой электрический компонент IT-инфраструктуры потребляет электричество. Высокопроизводительные компоненты (например серверное, активное сетевое оборудование) потребляют значительно больше электричества и требуют помимо этого постоянную принудительную вентиляцию и специализированное охлаждение. Поэтому одно из самых интуитивно понятных и простых в реализации направлений ресурсоэффективности в IT – *избегание непроизводительной работы IT-компонентов*. Пример: отключение не используемых ночью персональных компьютеров, мониторов, лазерных принтеров, МФУ (которые периодически подогревают печку в ожидании печати), отключение или перевод в «спящий режим» неиспользуемого серверного оборудования и т. д. Для получения устойчивого эффекта *отключение оборудования необходимо автоматизировать*, поскольку «человеческий фактор» – неизбежный источник потерь (аспекты применения методики на практике обсуждаются в [1]). Примеры: режим работы устройств «день / ночь», запрограммированное отключение и включение IT-устройств, переход в «спящий режим» неиспользуемого оборудования, адаптивные системы охлаждения и вентиляции в серверных помещениях и т. п.

Главный способ автоматизации оборудования – использование электронных систем управления. Такие системы управления помещениями следует разделить на две категории. К первой относятся системы управления зданием (building management system). Как правило, данные системы имеют централизованное управление и используются в крупных промышленных зданиях или крупных офисных учреждениях. Основная задача данных систем – мониторинг и управление системами жизнеобеспечения (отопление, кондиционирование, безопасность и др.).

Дополнительный эффект после отключения оборудования в нерабочее время может дать *оптимизация загрузки аппаратных средств*. Даже во время рабочего дня, во время вынужденного простоя, аппаратные средства тем не менее продолжают работать, поэтому сокращение времени непроизводительного простоя оборудования может дать заметный эффект [2-4]. В исследовательских лабораториях, при использовании дорогостоящих вычислительных комплексов, используется «пакетный» режим работы, когда в обработку отправляется только «пакет» заданий, обеспечивающих полную загрузку вычислительных ресурсов в одном цикле обработки. Для подготовки к работе и калибровки мини-типографии потребуется

значительный объем расходных материалов, что не выгодно при малом тираже заданий печати.

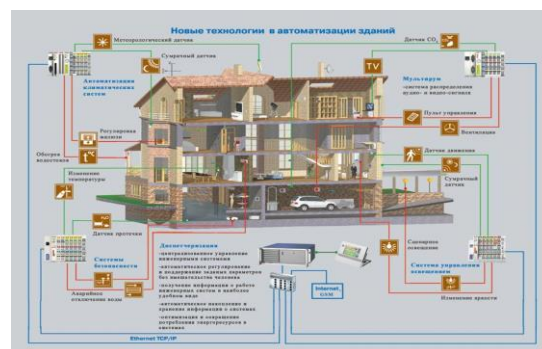


Рис. 1. Пример проекта «умного здания».

«Умным» может быть практически любое здание – от торгового центра или офисного небоскреба, до жилого дома. Автоматизация систем ресурсоснабжения здания (отопление, кондиционирование, освещение, водоснабжение и другие системы жизнеобеспечения) позволяет на порядок повысить эффективность их использования и экологичность жизнедеятельности человека. Например, по данным Министерства энергетики США, в этой стране офисные помещения и жилые дома дают 39 % всех выбросов углекислоты и потребляют 70 % электроэнергии [5]. В ближайшие четверть века, по прогнозу U.S. Green Building Council, выбросы углеводородов в связи с функционированием офисных центров будут расти быстрее, чем в любом другом секторе американской экономики.

Так какие же технологии позволяют назвать здание «умным» в области эффективного использования ресурсов:

Точное измерение показателей расходования ресурсов при помощи микродатчиков (smart dust – «умная пыль»), беспроводных и проводных IP-сетей, получаемое в режиме on-line, позволяет выявлять зоны и периоды неоптимальности в работе ресурсоснабжающих систем (датчики температуры, освещенности, счетчики и т. д.).

Автоматизированные вентили, выключатели, регуляторы позволяют гибко настраивать снабжение ресурсами, точно в соответствии с потребностями, позволяя системам жизнеобеспечения доставлять ровно столько теплого или холодного воздуха, сколько нужно, и только в те помещения, куда требуется в тот или иной момент. Например режим «день / ночь» позволит отключать неиспользуемое оборудование. Датчики наличия человека в помещении при необходимости автомати-

чески зажигают для посетителя свет, включают оборудование, отопление, вентиляцию и т. д. (рис. 1) Датчики освещенности и гибко регулируемые осветительные приборы могут поддерживать необходимую подсветку комнаты, минимизируя необходимость использования искусственного освещения. В жарком климате автоматические жалюзи предотвратят нежелательный нагрев помещений, а автоматизированная оросительная система позволит оптимально расходовать воду. Адаптирующиеся к сложившимся потребностям в нагреве помещений кондиционеры, вентиляторы, отопительные батареи позволяют значительно экономить ресурсы организации, сохраняя оптимальный микроклимат для людей и оборудования [6].

Одним из главных преимуществ «умного здания» является *интегрированность систем ресурсообеспечения*. По наблюдениям аналитиков КПД отдельных систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха вдвое ниже, чем у интегрированных систем [7]. Например в «умном здании» не возможно соревнование «кто круче!» между системой отопления и системой кондиционирования.

Использование естественных источников тепла, холода и света позволяет снизить затраты на поддержание необходимых условий в здании. Современные строительные материалы и IT-технологии позволяют строить «дышащие» стены здания, которые изменяют свои свойства (проницаемость для внешнего воздуха, теплопроводность, отражение или поглощение света) в зависимости от состояния внешней среды. Солнечные батареи и ветроулавливающие электрогенераторы на крыше «умного здания» позволяют экономить электроэнергию. Использование внешнего холодного воздуха для охлаждения, а горячего – для нагрева например воды или воздуха в здании так же позволяет экономить ресурсы.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 596-600.
3. Аврамчук В. С. , Лунева Е. Е. , Черемнов А. Г. Повышение эффективности использования аппаратных ресурсов ЭВМ при вычислении частотно-временной корреляционной функции [Электронный ресурс] // *Интернет журнал Науковедение*. - 2013 - №. 6 (19). - С. 1-10. - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/26TVN613.pdf>
4. Аврамчук В. С. , Лунева Е. Е. , Черемнов А. Г. Оптимизация расчета частотно-временной корреляционной функции на центральном процессоре //

Системы управления и информационные технологии. - 2014 - №. 2 (56). - С. 58-62

5. Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз. // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.
6. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала. // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.
7. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы брос10-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.
8. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнолитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.
9. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.
10. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.
11. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.
12. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.
13. Мартюшев Н.В. Триботехнические свойства свинцовосодержащих бронз // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2012. Т. 55. № 5-2. С. 201-204.
14. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Параметры дендритной структуры заготовок сегментных колец компрессоров ядерной промышленности // *Цветные металлы*. 2012. № 10. С. 100-103.
15. Мартюшев Н.В., Мельников А.Г., Веселов С.В., Терентьев Д.С., Семенов И.В. Режимы активации порошков меди и оксида алюминия в шаровой мельнице // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2012. № 3. С. 103-106.
16. Мартюшев Н.В., Плотникова Н.В., Скиба В.Ю., Попелюх А.И., Семенов И.В. Влияние скорости охлаждения бронзы БРОС10-10 на структуру, фазовый состав и циклическую долговечность отливок // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2012. № 3. С. 67-70.

СЕКЦИЯ 2.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И
КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

А.О. Иващенко, Т.В. Емельянова
Томский государственный университет
Anuta_i@bk.ru

Введение

Как в жизни отдельного человека, так и в повседневной деятельности организаций или общества в целом, принятие решений является важнейшей составляющей, которая определяет их будущее. Человек выбирает профессию, друзей, партнера по браку, работу, место проживания и многое другое, причем вся его жизнь есть, по существу, последовательность решений. При выборе решений главную роль играет анализ их последствий. К сожалению, для подавляющего большинства решений, принимаемых человеком, последствия нельзя точно рассчитать и оценить. Человек может лишь предположить, что определенный вариант решения приведет к определенному результату. Такое предположение может оказаться ошибочным, потому что далеко не всегда удастся учесть все факторы, влияющие на результат принятого решения. Однако, уступая компьютеру в скорости и точности вычислений, человек обладает уникальным умением быстро оценивать обстановку, выделять главное и отбрасывать второстепенное, соизмерять противоречивые оценки, восполнять неопределенность своими догадками. В то же время число ошибочных решений велико, а сила и глубина их отрицательного воздействия растет вместе с мощностью человеческого общества. В связи с этим возникает вопрос о средствах, которые могут помочь человеку в принятии решений.

В работе рассматривается метод анализа иерархий (МАИ), разработанный американским математиком Т.Саати в 70-х годах 20-го века. Метод базируется на парных сравнениях альтернатив и критериев [1-3]. Сегодня МАИ имеет широкое распространение в специализированных журналах и имеет множество реальных приложений.

Характеристика и применение МАИ

В работе рассматривается задача оптимизации выбора банка для наиболее выгодного вложения. Выборка среди депозитов проводилась по возможности вложения 100 000 рублей сроком 1-2 года. Цель нашего исследования – выявление наиболее выгодного депозита. Выборка депозитов проводилась из таких банков как Сбербанк, Газпромбанк, Уралсиб и ВТБ-24. Альтернативами в исследовании являются депозиты – «Управляй Online» (Сбербанк), «Оптимальный» (Газпромбанк), «Бизнес-класс» (Уралсиб) и «Комфортный-Телебанк» (ВТБ-24). Критериями – процентная ставка, надежность, удобство и срок работы банка. Строится иерархическая структура задачи.

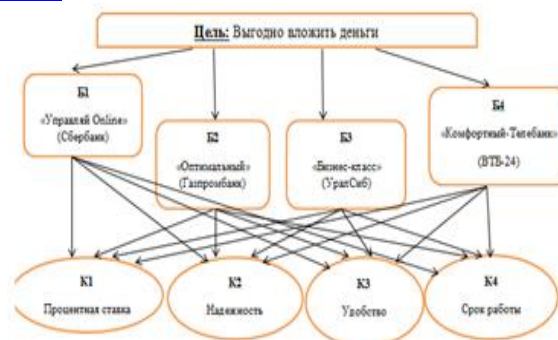


Рис. 1. Иерархическая структура

На первом уровне находится цель исследования, на втором – альтернативы, обозначенные B_i , $i=1..4$, на третьем уровне – критерии, обозначенные K_i .

Формируются матрицы парных сравнений $[S^k_{p \times m}]$ для каждого k -го уровня множества объектов.

Для матриц вводится специальный числовой показатель «индекс согласованности» [2], характеризующий степень доверия к полученным результатам.

Так как матрица A положительна, то по теореме Фробениуса-Перрона существует максимальное

положительное собственное значение и собственный вектор. Собственное значение рассматривается как возмущение собственного значения невозмущенной матрицы. Поэтому собственный вектор матрицы A используется в качестве искомого набора весов.

В ходе исследования убедились, что матрицы парных сравнений имеют небольшое отклонение от совместной матрицы. Ответом является альтернатива, имеющая наибольшее значение обобщенного приоритета. Наиболее выгодным является депозит «Управляй online» Сбербанка.

Достоинства и недостатки МАИ

Достоинства:

1) В рамках метода анализа иерархий нет общих правил для формирования структуры модели принятия решения. Это является отражением реальной ситуации принятия решения, поскольку всегда для одной и той же проблемы имеется целый спектр мнений. Метод позволяет учесть это обстоятельство с помощью построения дополнительной модели для согласования различных мнений, посредством определения их приоритетов. Таким образом, метод позволяет учитывать «человеческий фактор» при подготовке принятия решения.

2) Схема применения метода совершенно не зависит от сферы деятельности, в которой принимается решение. Поэтому метод является универсальным, его применение позволяет организовать систему поддержки принятия решений [4].

3) Данный метод может служить надстройкой для других методов, призванных решать плохо формализованные задачи, где более адекватно подходят человеческие опыт и интуиция, нежели сложные математические расчеты. Метод дает удобные средства учета экспертной информации для решения различных задач.

4) Метод отражает естественный ход человеческого мышления и дает более общий подход, чем метод логических цепей. Он не только дает способ выявления наиболее предпочтительного решения, но и позволяет количественно выразить степень предпочтительности посредством рейтингования. Это способствует полному и адекватному выявлению предпочтений лица, принимающего решение. Кроме того, оценка меры противоречивости использованных данных позволяет установить степень доверия к полученному результату [6].

Недостатки:

1) В рамках МАИ нет средств для проверки достоверности данных. Это важный недостаток, ограничивающий отчасти возможности применения метода. Однако метод применяется главным образом в тех случаях, когда в принципе не может быть объективных данных, а ведущими мотивами для принятия решения являются предпочтения людей. При этом процедура парных сравнений для сбора данных практически не имеет достойных альтернатив [4].

2) Работа по подготовке принятия решений часто является слишком трудоемкой для одного человека [5].

3) Метод дает только способ рейтингования альтернатив, но не имеет внутренних средств для интерпретации рейтингов, т.е. считается, что человек, принимающий решение, зная рейтинг возможных решений, должен в зависимости от ситуации сам сделать вывод. Это следует признать недостатком метода [7-11].

Заключение

Инвестировать с максимальной прибылью - желание многих людей. В данной работе приме-

нение метода анализа иерархий применяется для решения проблемы выбора наиболее выгодного капиталовложения. МАИ эффективно справляется с этой задачей. Внушительная история успешного применения указанного метода в частных и государственных организациях разных стран показала его высокую практическую эффективность.

Литература

1. Saaty, T.L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3): 234-281.
2. Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, Inc., New York.
3. Saaty, T.L. (1994). *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process* (Vol. 6). Rws Publications, Pittsburgh.
4. ЗАО «Нейросплав». Технологии принятия решений: метода анализа иерархий. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://citforum.ru/consulting/BI/resolution/> свободный.
5. [11] Macharis, C., Springael J., De Brucker, K., Verbeke, A. (2004). Promethee and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening Promethee with ideas of AHP. *European Journal of Operational Research* 153: 307-317.
6. Ramanathan, R. (2001). A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact assessment. *Journal of Environmental Management*, 63: 27-35.
7. Kuenz Murphy, C. (1993). Limits on the analytic hierarchy process from its consistency index. *European Journal of Operational Research*, 65(1): 138-139.
8. Belton, V., and Gear, T. (1983). On a short-coming of Saaty's method of analytic hierarchies. *Omega*, 11(3): 228-230.
9. Belton, V. (1986). A comparison of the analytic hierarchy process and a simple multi-attribute value function. *European Journal of Operational Research*, 26(1): 7-21.
10. Bouyssou, D., Marchant, T., Pirlot, M., Tsoukias, A., and Vincke, P. (2006). *Evaluation and decision models with multiple criteria: Stepping stones for the analyst* (Vol. 86). Springer.
11. Ishizaka, A., and Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*, 38(11): 14336-14345.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРОВ ГАБОРА В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕКТОРА ПРИЗНАКОВ

Ю.В. Савицкий

Научный руководитель: В.Г. Спицын
Томский политехнический университет
mr-l-ik@yandex.ru

Введение

С развитием техники и программного обеспечения круг задач, решаемых автоматизированными системами, существенно расширился. Многие задачи, которые до этого считались прерогативой человека, были отданы машинам. Но не все задачи к настоящему времени могут быть решены компьютерами на достаточном уровне. К таким задачам относится задача распознавания лиц[2].

Данная работа является частью исследования по разработке алгоритма распознавания человека из заданного списка, в котором на каждого человека приходится по одному изображению, в потоке людей на видео последовательности в режиме реального времени. Кроме того, алгоритм не должен проходить переобучение, после добавления в список нового человека.

Фильтры Габора

Одним из наиболее популярных методов выделения краёв на изображении является применение фильтров Габора[1]. Действительные части ядер фильтра Габора строятся по следующей формуле:

$$G = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} * \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) * \cos\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi\right),$$

где

$$\begin{aligned} x' &= x * \cos(\theta) + y * \sin(\theta) \\ y' &= -x * \sin(\theta) + y * \cos(\theta) \end{aligned}$$

В данном уравнении λ – длина волны множителя косинуса, θ – определяет ориентацию нормали параллельных полос функции Габора, ψ – сдвиг фаз, γ – коэффициент сжатия, характеризующий эллиптичность. Для построения мнимой части ядер Габора необходимо в выше приведённой формуле заменить вычисление косинуса синусом. Нахождение мнимой части фильтров Габора необходимо для последующего нахождения магнитуды фильтрованного изображения, вычисляемой по следующей формуле[2]:

$$M = \sqrt{RG^2 + IG^2},$$

где M – матрица, отвечающая значениям магнитуды, RG – матрица, отвечающая значения изображения, полученного после обработки действительными частями фильтров Габора, IG – матрица, отвечающая значения изображения, полученного после обработки мнимыми частями фильтров Габора.

На рис. 1 представлен пример банка действительной части фильтров, получаемых по указанной формуле.

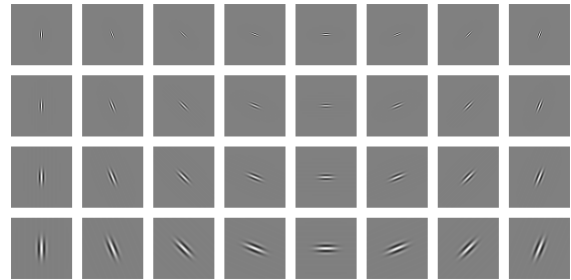


Рис. 1. Пример банка действительной части фильтров Габора

Процесс фильтрации заключается в свёртке изображения и фильтра в пространственной области. На рис. 2 показан пример изображения, полученного в результате фильтрации действительными частями ядер и суммирования полученных изображений.



Рис. 2. Пример фильтрации

Обработка изображения перед извлечением вектора признаков состоит из следующих этапов:

1. Обработка изображения действительными частями фильтров Габора, изображёнными на рис. 1, в результате получаем вектор из 40 изображений.
2. Обработка изображения мнимыми частями фильтров Габора, в результате получаем вектор из 40 изображений, вместе с предыдущим вектором получаем 80 изображений.
3. Вычисление магнитуд, в результате получаем вектор из 40 изображений.
4. Проводим наложение изображений, относящихся к одинаковым ориентациям фильтров Габора, по максимальному значению яркостной составляющей, в результате получаем 8 изображений.
5. Находим средневзвешенную сумму 8 изображений, полученных на предыдущем этапе, в результате получаем одно изображение.

После обработки изображения фильтрами Габора можно переходить к извлечению признаков.

Извлечение вектора признаков

Существует множество способов извлечения информации из изображения и построения из неё вектора признаков. В рамках данной работы было предложено использовать метод, состоящий из следующих шагов:

1. Разбиение изображения на пересекающиеся квадратные области, например 32x32.
2. Вычисление в каждой из областей стандартного отклонения.
3. Запись полученного значения в вектор.

В результате вышеописанных действий, получаем вектор, характеризующий конкретное лицо. Схема алгоритма вышеописанного алгоритма, включая обработку изображения фильтрами Габора, изображена на рис. 3.

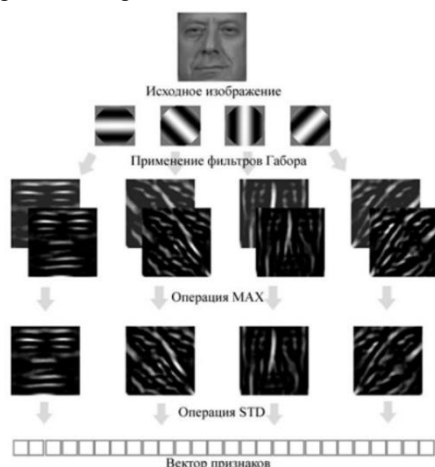


Рис. 3. Схематическое изображение алгоритма **Тестирование**

Тестирование вышеописанного алгоритма проводилось на базе лиц ORL. Данная база состоит из изображений 40 человек с небольшим различием в углах поворота головы в градациях серого. На каждого человека приходится по 10 изображений.

В качестве эталонных изображений были выбраны фотографии с максимально фронтальным поворотом головы. Первая тестовая выборка была составлена по тому же принципу. Было так же составлено ещё 8 тестовых выборок из оставшихся изображений в случайном порядке.

Размер фотографий задавался равным 224x224. Количество ядер фильтров Габора – 32 (16 действительных, 16 мнимых), размер – 32x32.

В качестве меры дистанции было выбрано расстояние Евклида.

Для каждого изображения строился вектор признаков по выше описанному алгоритму. Для каждой тестовой выборки находилась дистанция от вектора признаков текущего изображения до вектора признаков каждого изображения из эталонной выборки. Наименьшее расстояние определяло одинаковость изображений. В результате проведения тестов процент распознавания в пер-

вой тестовой выборке составил 100%, по сравнению с прямым сравнением необработанных изображений 90%. Для остальных 8 выборок минимальный процент распознавания составил 75%, по сравнению с прямым сравнением необработанных изображений 62,5%, средний процент распознавания составил 80%, по сравнению с прямым сравнением необработанных изображений 70%.

Заключение

В результате проделанной работы был реализован и опробован алгоритм извлечения вектора признаков с применением фильтров Габора и вычисления стандартного отклонения.

Результаты проведённого тестирования данного алгоритма на базе ORL показали прирост распознавания примерно на 10% по сравнению с прямым сравнением необработанных изображений. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что полученный алгоритм позволяет выделять вектор признаков из изображения, содержащий характеризующие изображение параметры.

В дальнейших исследованиях планируется увеличить количество извлекаемых признаков, используя не только вычисление стандартного отклонения, но и другие методы. Также, планируется продолжить поиск ядер фильтров Габора, способных более точно выделять края на изображении.

■ Список использованных источников

1. Кермани Коланкх Араш Нахождение параметров и удаление постоянной составляющей фильтра Габора для обработки изображений / Кермани Коланкх Араш, В. Г. Спицын, Ф. Хамкер // Известия ТПУ. - Томск: ТПУ, 2011. - Т. 318, №5: Управление, вычислительная техника и информатика. - С. 57-59
2. Фан, Н.Х. Распознавание жестов на видеопоследовательности в режиме реального времени на основе применения метода Виолы-Джонса, алгоритма CAMShift, вейвлет-преобразования и метода главных компонент / Н.Х. Фан, Т.Т.Ч. Буй, В.Г. Спицын // Вестник Томского государственного университета. – Томск: ТГУ, 2013. – Т. 23. – № 2. – С. 102–111
3. Vitomir struc and Nikola Pavesic (2010). From Gabor Magnitude to Gabor Phase Features: Tackling the Problem of Face Recognition under Severe Illumination Changes, Face Recognition, Milos Oravec (Ed.), ISBN:978-953-307-060-5, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/face-recognition/from-gabor-magnitude-to-gabor-phase-features-tackling-the-problem-of-face-recognition-under-severe-i>

ПРОГРАММНАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВИНЦА В ЦЕНТРОБЕЖНО-ЛИТЫХ ЗАГОТОВКАХ ИЗ БРОНЗЫ

Дроздов Ю.Ю.
Томский политехнический университет
yud@tpu.ru

Для получения отливок из оловянистых бронз центробежное литье является наиболее надежным способом, обеспечивающим получение плотных отливок. Основными факторами процесса формирования центробежной отливки являются условия охлаждения сплава, определяющие скорость направленного затвердевания, плотность и качество отливки, которые в свою очередь зависят от теплопроводности формы и нагрева сплава и формы. Скорость вращения является фактором необходимым для вовлечения жидкого металла во вращательное движение с целью нормального питания последовательно затвердевающей отливки, оказывающим большое влияние на охлаждение отливки

Существующие разногласия, касающиеся особенностей кристаллизации оловянисто-свинцовистых бронз при центробежном литье, которые встречаются в литературе [2.3], вызвали у нас интерес проверить, как влияет скорость вращения формы на формирование свинца в отливках из пятикомпонентной оловянистой бронзы.

Для исследования влияния скорости вращения формы на формирование свинца, пятикомпонентную оловянистую бронзу заливали в формы с вертикальной (кольца) и горизонтальной (штулки) осями вращения. Соотношение массы формы и отливки, а также скорость заполнения формы жидким металлом приняли одинаковыми для всех образцов. Температуру заливки выбрали одинаковую для всех образцов, равную 1150°. Скорость вращения для колец варьировали от 200 до 1600 об/мин с интервалом 200 об/мин. Для штулок скорость вращения выбрали 400, 800 и 1000 об/мин.

Из полученных отливок вырезали образцы для металлографических исследований. На нетравленных шлифах свинец выглядит в виде темных глобул разной дисперсности. Образцы, вырезанные из колец, исследовали в трех сечениях: внутренняя, средняя и наружная поверхности. На рис. 1 и 2 представлены кривые зависимости объемной доли и среднего размера свинца от скорости вращения формы. Исследуемые образцы вырезаны из колец.

Минимальная концентрация свинца находится в срединной части отливки. С повышением скорости вращения формы размеры свинцовых включений увеличиваются в наружной и внутренней частях отливки, количество свинца снижается во всех трех сечениях отливки (рис. 3 а, б).

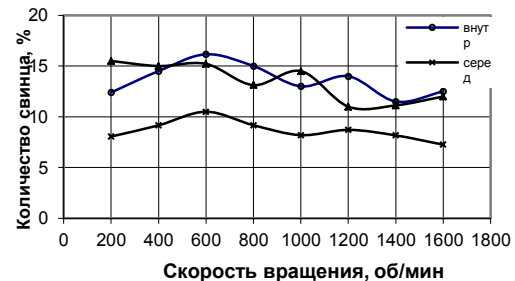


Рис.1 Влияние скорости вращения формы на количество свинца

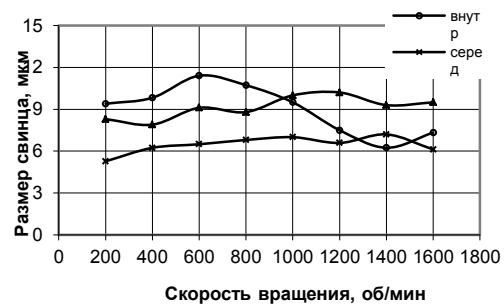
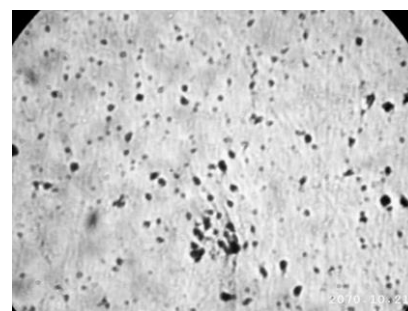
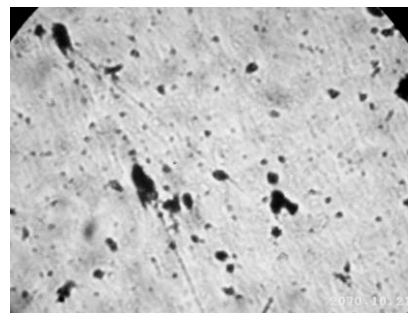


Рис.2 Влияние скорости вращения формы на размер свинца



а



б

Рис.3 Влияние скорости вращения формы на распределение свинца в центробежнолитой отливке

из пятикомпонентной оловянистой бронзы. Середина отливки, (а-заливка при 200, б - при 1400 об/мин; ув × 160).

На рис. 4 представлены кривые распределения свинца в разных сечениях образцов, вырезанных из колец.

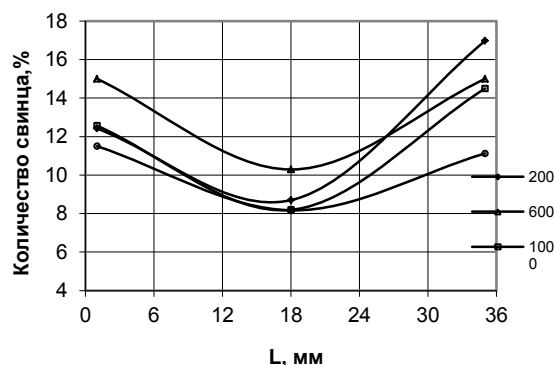


Рис.4 Влияние скорости вращения формы на количество свинца в различных сечениях отливки. Образы вырезаны из колец.

Все кривые имеют похожий характер: количество свинца минимальное в середине отливки и возрастает к краям. По ходу затвердевания отливки количество свинца возрастает от серединной части к внутренней, причем для высоких скоростей вращения различия содержания свинца в разных сечениях отливки менее заметно, чем при низких.

При исследовании образцов вырезанных из втулок характер распределения свинца по сечению подобен распределению, наблюдаемому при исследовании колец.

Количество свинца максимально на внутренней поверхности отливки, причем у образцов отлитых при низкой скорости вращения формы различие в содержании свинца по сечению заметнее.

Увеличение скорости вращения и соответствующее повышение давления жидкого металла тормозит усадку отливки и уменьшает воздушный зазор между отливкой и формой, что усиливает охлаждение отливки и ускоряет её затвердевание. Казалось бы, средний размер свинцовых включений должен уменьшаться. Но благодаря повышению давления в отливке происходит слияние и укрупнение свинцовых включений.

При большой скорости вращения формы ливационные явления уменьшаются и кривые распределения элементов по сечению отливок становятся плавными, без скачкообразных изменений, характерных для низких скоростей вращения [1].

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии ме-

таллов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.

2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 596-600.

3. // Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.

4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.

5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы брос10-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.

6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнолитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.

7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обзоров литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.

8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.

9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.

10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.

СИЛОВОЙ РАСЧЕТ РЕДУКТОРА С МОДИФИЦИРОВАННЫМ ПРОФИЛЕМ ЗУБА

Д.Л. Степанова, П.Я. Крауиньш
Национальный исследовательский Томский политехнический
dasami2@mail.ru

Важнейшими задачами для развития машиностроения является - создание новых образцов высокопроизводительного оборудования. Их качество зависит от качества проектирования элементов трансмиссий машин - зубчатых передач. Редуктор с модифицированным профилем зуба обладает высоким передаточным числом, небольшими габаритами и весом. Передаточное число нашей передачи в 12 раз больше чем у редукторов на основе эвольвентного зацепления. При этом вес передачи в 8 раз меньше.

На рис.1 представлена кинематика движения редуктора с модифицированным профилем зуба. Шестерня z_1 напрессована на подшипник, а сам подшипник на эксцентриковый вал. Шестерня также установлена на трех неподвижных пальцах с диаметральным зазором, равным $2e$. Число зубьев z_1 шестерни меньше числа зубьев z_2 колеса, происходит редуцирование движения колеса по отношению к входному эксцентриковому валу. Само колесо центрируется по направляющим.

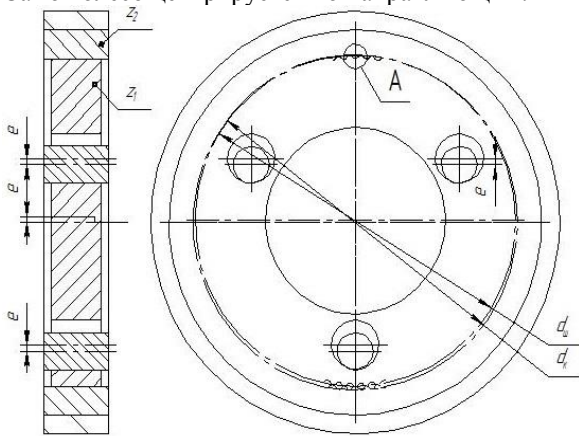


Рис. 1. Редуктор с модифицированным профилем зуба

Передаточное число данной передачи будет выражаться формулой (1), где значение числа зубьев шестерни $z_1=89$, а колеса $z_2=90$.

$$i = \frac{z_2}{z_2 - z_1} = \frac{90}{90 - 89} = 90; \quad (1)$$

Особенностью данного редуктора является модифицированный профиль зубьев колеса и шестерни (рис.1). Профиль зуба колеса представляет собой выступающий полуцилиндр радиусом r , а профиль зуба шестерни полуцилиндрическую выемку с таким же радиусом. Именно такой профиль обеспечивает большую площадь контакта, по сравнению с эвольвентным зацеплением, что обеспечивает высокую нагрузочную способность.

Именно такая форма профиля зубьев колеса обеспечивает возможность создания передачи, у которой разница зубьев колеса и шестерни в один зуб. Это является следующей характерной особенностью кинематического волнового редуктора с модифицированной формой зуба, разность между числом зубьев колеса и шестерни в один зуб. Именно такая разность позволяет получить высокое значение нагрузочной способности, т.к. нагрузку воспринимает не один зуб, а ряд зубьев.

Для проведения силового анализа кинематического волнового редуктора с модифицированным профилем зуба проведем исследование в среду Solid Works. Колесо сделали неподвижным звеном, в свою очередь шестерню поворачивали на угол $0,3$ мин. При значениях угла поворота меньше $1,2$ мин отсутствует касание (красная зона рис. 2), т.е. шестерня проходит путь равный значению люфта. Чем выше значение угла поворота, тем больше площадь контакта, тем больше интерференция колеса и шестерни (рис. 2 красная зона).

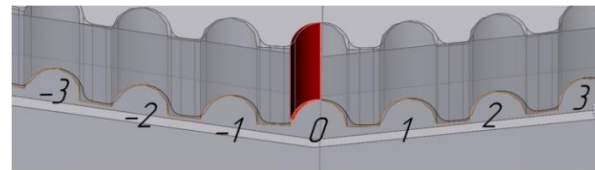


Рис. 2. Картина зацепления

Основываясь на табличных данных, построим объемный график (рис. 3) зависимости угла поворота колеса от объема интерференции в проекции на каждый задействованный зуб. Как видно из полученного графика максимальное значение интерференции приходится на зуб № 0, значит, что нагрузку которая, может вызвать такой объем интерференции, больше всех воспринимает зуб № 0, т.е. именно этот зуб больше всего нагружен. Как видно из зависимости (рис. 3) соседние зубья (зуб №1, 2, 3, -1, -2, -3 (нумерация зубьев см. рис.2)) делят эту нагрузку между собой, при этом нагрузка воспринимается симметрично относительно зуба №0. В случае поворота шестерни в противоположную сторону, картина нагрузки остается подобной.

С помощью полученной интерференции можно определить величину удельной деформации зуба. Зная величину удельной деформации зуба, можно определить усилия, необходимые для этой деформации. Но при этом необходимо учитывать предел допускаемых напряжений, чтобы предотвратить необратимые деформации (срез, смятие) зуба.

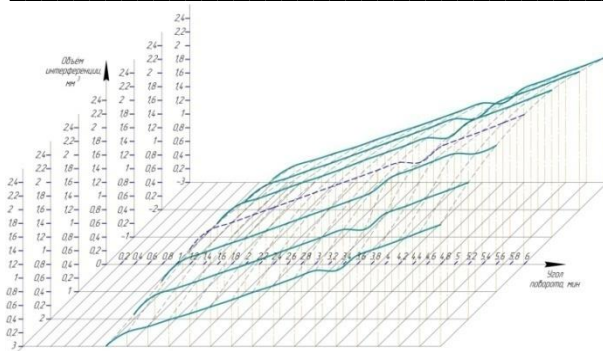


Рис. 3. Зависимость объема интерференции от угла поворота

Величина относительной деформации вычислим по следующей формуле (2):

$$\varepsilon = \frac{\Delta W}{W}; \quad (2)$$

Объем деформации определим из эксперимента. Для вычисления напряжений существует два пути: если известны внешние силы, то вычисляется по формуле (3):

$$\sigma = \frac{P}{F}; \quad (3)$$

Если же внешние силы неизвестны, но известна удельная деформация, то напряжение определяется формулой (4):

$$\sigma = \varepsilon \cdot E; \quad (4)$$

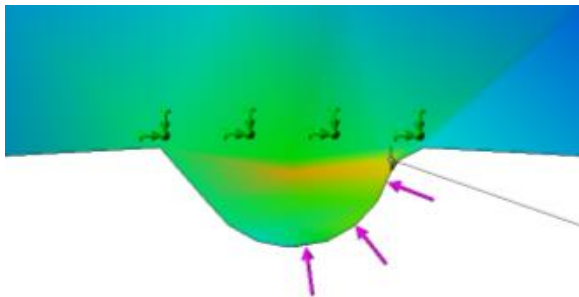


Рис. 4. Направление нагрузки и эпюра напряжений

Чтобы определить относительную деформацию, необходимо определить характерный объем. Для этого необходимо провести исследование, суть заключается в следующем: в среде Solid Works создадим колесо с одним зубом. На поверхность зуба симулируем нагрузку (рис. 4), которую воспринимает зуб при редуцирование движения. Нагрузку будет воспринимать половина зуба, поэтому к ней приложим нагрузку (розовые стрелки рис. 4). При этом закрепим колесо, так как это оговорено в конструкции (колеса с двух сторон являются направляющими - крышками) (зеленые стрелки рис. 4). Определим показания напряжений

На диаграмме эпюр напряжений (рис. 4) видно, что приложенную нагрузку воспринимает весь зуб и часть колеса (на рис. 4 Светло зеленая зона). При этом в сумме этот объем представляет собой цилиндр. Сравним как выглядит эта ситуация при различных нагрузках.

С помощью функции Solid Works зондирования определим границы зоны, воспринимающей нагрузку. Выделим на одной из эпюр напряжения искомую зону (рис. 5).

Значения характерного объема (размера) будет получаться из суммы двух площадей: площадь зуба и площадь зон колеса (рис. 5 светло-зеленая зона), воспринимающей нагрузку, и умноженного на ширину венца колеса.

Зная значение удельной деформации, рассчитаем значения напряжений возникающих в зонах деформации. Зная площадь, не составит труда определить силу вызывающую деформацию. При использовании материала колеса и шестерни Сталь 40X, при твердости поверхности HB, не более 217, максимально допустимая нагрузка составляет 2,12 т.

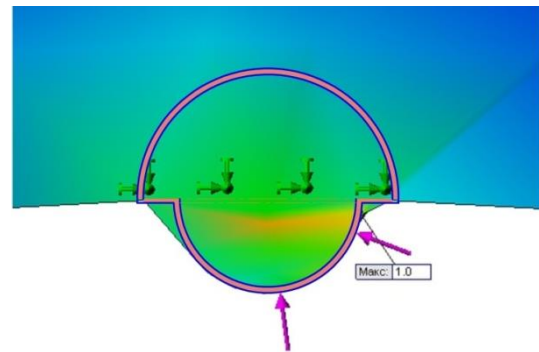


Рис. 5. Характерный объем

■ Список используемой литературы

- 1 <http://www.psu.by/images/stories/msf/personal/shu mov/Lection-tmm.pdf#6>
- 2 <http://www.ec-gearing.ru/>
- 3 Краснощекое Н.Н., Федякин Р.В., Чесноков В.А. Теория зацепления Новикова. М.: Наука, 1976 – 175
- 4 <http://smc.tomsk.ru/ru/2/>
- 5 Орлов, П.И. Основы конструирования. В 2 томах. Издательство: М.: Машиностроение; Издание 3-е, испр. 1988 г. – 560 с.
- 6 Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т.1.- М.: Машиностроение, 2001.-920 с.
- 7 Планетарные передачи. Справочник. Под ред. Докторов техн. Наук В.Н. Кудрявцева и Ю.Н.Кудряшева. Л.: Машиностроение, 1977 г. – 536 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ НАЛИЧИИ НЕРЕГУЛЯРНОЙ ПОМЕХИ

А.И. Осипенко

Томский политехнический университет
Osipenko7@sibmail.com

Введение

Часто на практике решается задача оценки спектров сейсмических импульсов при наличии помех [1].

Целью данной работы является изучение методики расчета на ПЭВМ амплитудных и фазовых спектров, а так же исследование их свойств.

Как известно импульсные сигналы заданы во временной области в виде некоторой функции времени $S(t)$ либо в спектральной области в виде его комплексного спектра $S(f)$.

При цифровой обработке информации сигнал $S(t)$ представляется в виде дискретной последовательности $S(n\Delta t) = S(n)$, $n = \overline{0, N-1}$, $T = N\Delta t$.

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) в общем случае можно записать:

$$S(k\Delta f) = \sum_{n=0}^{N-1} S(n\Delta t) e^{-j2\pi k\Delta f n\Delta t}; \quad (1)$$

$$S(n\Delta t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} S(k\Delta t) e^{j2\pi k\Delta f n\Delta t}, \quad (2)$$

где $S(k\Delta f)$ - комплексный спектр, который можно представить в виде:

$$S(k\Delta f) = A(k\Delta f) - jB(k\Delta f), \quad (3)$$

где

$$A(k\Delta f) = \sum_{n=0}^{N-1} S(n\Delta t) \cos 2\pi k\Delta f n\Delta t \quad (4)$$

$$B(k\Delta f) = \sum_{n=0}^{N-1} S(n\Delta t) \sin 2\pi k\Delta f n\Delta t \quad (5)$$

Выражения (4), (5) обычно используются для определения АЧХ и ФЧХ сигналов на ЭВМ по формулам (6), (7) соответственно

$$|S(f)| = \sqrt{A^2(f) + B^2(f)} \quad (6)$$

$$\varphi(f) = \arctg \frac{B(f)}{A(f)} + 2\pi n \quad (7)$$

Интервал дискретизации по частоте определяется [2]: $\Delta f = \frac{1}{N\Delta t}$.

При определении фазового спектра осуществляется расчет только главных значений

$$\arctg \frac{B(f)}{A(f)}, \text{ заключенных в интервале от } -\frac{\pi}{2}$$

до $\frac{\pi}{2}$, что может приводить к возникновению

скачков в фазовом спектре. Один из наиболее простых алгоритмов устранения скачков заключается

в следующем: определение $\arctg \frac{B(f)}{A(f)}$ осу-

ществляется в области от $-\pi$ до π с учетом знаков действительной $A(f)$ и мнимой $B(f)$ частей преобразования Фурье. Такой способ сводится к следующей схеме:

$$\arg = \begin{cases} \arctg \frac{B(f)}{A(f)}, & \text{если } A(f) \geq 0 \text{ или } B(f) = 0 \\ \arctg \frac{B(f)}{A(f)} + \pi, & \text{если } A(f) < 0, B(f) > 0 \\ \arctg \frac{B(f)}{A(f)} - \pi, & \text{если } A(f) < 0, B(f) < 0 \\ \frac{\pi}{2}, & \text{если } A(f) = 0, B(f) > 0 \\ -\frac{\pi}{2}, & \text{если } A(f) = 0, B(f) < 0 \end{cases} \quad (8)$$

Воспользуемся наиболее простым алгоритмом устранения скачков:

$$\varphi(f_1) = \varphi^p(f_1);$$

$$\varphi(f_k) = \varphi(f_{k-1}) + (\varphi^p(f_k) - \varphi^p(f_{k-1})) + B_0;$$

$$B_0 = \begin{cases} 0, & |\varphi^p(f_k) - \varphi^p(f_{k-1})| < \pi \\ 2\pi, & (\varphi^p(f_k) - \varphi^p(f_{k-1})) \leq -\pi \\ -2\pi, & (\varphi^p(f_k) - \varphi^p(f_{k-1})) \geq \pi, \end{cases} \quad (9)$$

где k - номер отсчета дискретного шага, $k=1 \dots n$,

$\varphi^p(f)$, $\varphi(f)$ - соответственно расчетное и доопределенное значения фазового спектра.

Теперь будем считать, что на некотором интервале записей наблюдаются сейсмические сигналы, регистрируемые на фоне нерегулярных помех. Математическая модель такого поля может быть представлена в виде:

$$x(t) = s(t - \tau) + \xi(t), \quad (10)$$

где $s(t - \tau)$ - сейсмический сигнал;

$\xi(t)$ - гауссова помеха;

τ - временное положение сейсмического сигнала.

Примем в качестве сигнала импульс с колокольной огибающей вида:

$$S(t) = A_0 e^{-\beta^2(t-t_0)^2} \cos(2\pi f_0(t-t_0) + \varphi_0) \quad (11)$$

где A_0 – амплитуда импульса ($A_0 = 1$);

β – коэффициент затухания ($\beta = 60$);

f_0 – основная частота ($f_0 = 40$ Гц);

t_0 – временной сдвиг сигнала

φ_0 – начальная фаза ($\varphi_0 = 0$).

На рисунке 1 представлен исходный сигнал, $m_\xi = 0, \sigma_\xi^2 = 1$.

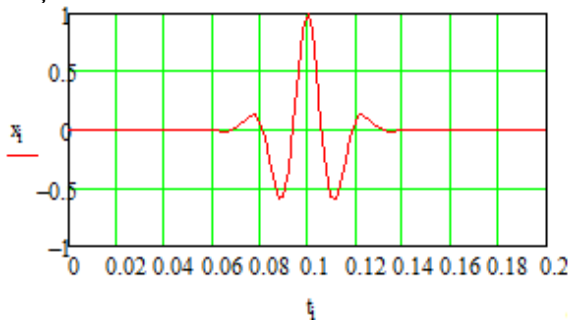


Рис. 1. Исходный сигнал

На рисунке 2, 3 представлены амплитудный и фазовый спектры сигнала.

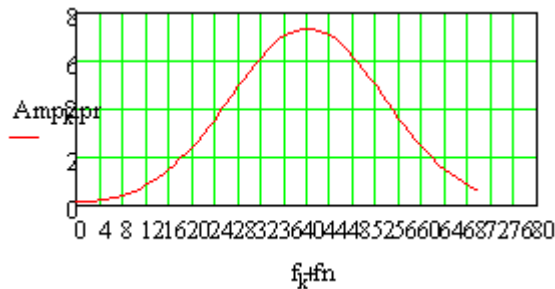


Рис. 2. Амплитудный спектр сигнала



Рис. 3. Фазовый спектр сигнала

Будем считать, что помеха имеет нормальное распределение с математическим ожиданием m_ξ и дисперсией σ_ξ^2 . Для генерации помехи воспользуемся встроенным в Mathcad датчиком случайных величин, распределенных по нормальному закону: $n := \text{rndnm}(N, \mu, \sigma)$.

На рисунке 4 представлен сигнал смеси сигнала и помехи.

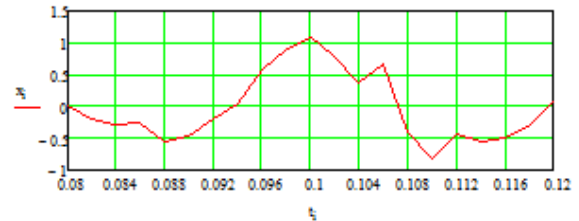


Рис. 4. Смесь сигнала и помехи

Далее проведем расчет спектральных характеристик смеси сигнала и помехи с помощью описанных выше процедур (1-7). Представление амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристики представлены на рисунках 5-6.

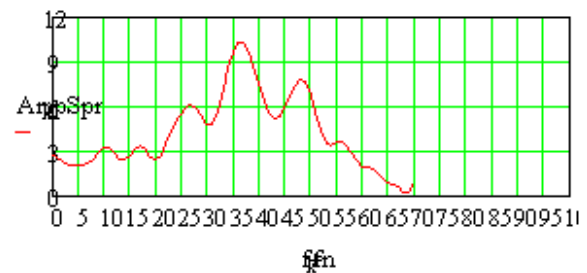


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика смеси сигнала и помехи

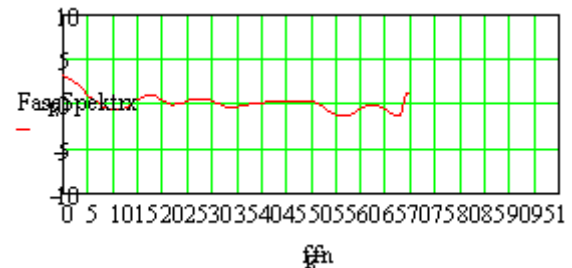


Рис. 6. Фазо-частотная характеристика смеси сигнала и помехи

Заключение

Из представленных выше рисунков видно, что амплитудно-частотная характеристика смеси сигнала и помехи имеет форму близкую к колокольной, а при наличии шума возникают флуктуации. Фазо-частотная характеристика смеси сигнала и помехи является стационарной. Таким образом наиболее характерную форму имеет фазовый спектр сейсмических сигналов.

Литература

1. У.М.Сиберт. Цепи, сигналы, системы. Ч. II. – М.: Мир, 1988.
2. В.Г.Карташев. Основы теории дискретных сигналов и цифровых фильтров. – М.: Высшая школа, 1982.
3. Иванченков В.П., Кочегуров А.И. Определение временного положения сейсмических сигналов по оценкам их фазочастотных характеристик //Геология и геофизика. –1988. –№9. –с. 77-83.
4. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения М.: Мир. –1971. –316 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ВЕЩЕСТВА ПО ЦВЕТОВОЙ ШКАЛЕ

Т.А. Выймова, А.С. Спиридонова
Томский политехнический университет
vymovat@mail.ru

Введение

Информация о составе и строении сложных смесей (веществ), определение их компонент является одной из наиболее актуальных задач аналитической химии. Она необходима для обеспечения надлежащего качества промышленного сырья и продукции, повышения эффективности сельскохозяйственного производства, совершенствования здравоохранения, решения экологических проблем. С каждым годом потребность в подобной информации возрастает в связи с увеличением количества выполняемых анализов и исследуемых веществ и расширением диапазона определяемых содержаний.

Целью работы является разработка метода многокомпонентного определения состава вещества по цветовой шкале

Наиболее распространенными методами химического анализа для определения качественного и количественного состава веществ являются следующие:

- спектральный анализ;
- хроматографический метод;
- спектрофотометрический метод;
- цветометрический анализ [1].

Использование цветометрии в качестве получения информации в химическом анализе началось несколько десятков лет назад. Любой цвет можно представить как сумму трех его составляющих – основных цветов, в соответствии с трехкомпонентной теорией зрения; в этой системе цвет может быть изображен с тремя координатами цвета – тремя числами, где последние соответствуют количествам основных цветов в данном цвете при стандартных условиях его наблюдения [2].

В последние десятилетия развивается цифровой цветометрический анализ (ЦЦА). Суть данного метода заключается в том, что он позволяет определить качественные и количественные характеристики состава вещества, при взаимодействии реагентов с веществом, образец меняет цвет, что указывает на присутствие в нем определенного компонента [3]. Данный метод также относится к аналитической химии, где в свою очередь используются хемометрические методы получения информации.

Анализ многомерных данных

Анализ многомерных данных (АМД) является предметом хемометрики и применяется для моделирования многомерных (многофакторных) данных. Он основан на применении проекционных

математических методов, которые позволяют выделить в больших массивах данных скрытые переменные и проанализировать связи, которые существуют в изучаемой системе [4]. В электронном ресурсе Российского хемометрического общества [5] рассматривают такие методы исследования, обработки и интерпретации накопленных данных, как:

- метод главных компонент (МГК);
- множественная калибровка;
- множественная линейная регрессия (МЛР);
- регрессия на главные компоненты (РГК)
- проекция на латентные структуры (ПЛС1, ПЛС2).

В ходе предварительных исследований были рассмотрены и выявлены преимущества следующих методов: метод главных компонент; множественная линейная регрессия и регрессия на главные компоненты. Исследование методов проводилось с применением цветовой шкалы. Данная шкала представляет собой набор оптодов. Оптоды вырабатываются из полимерных прозрачных материалов по специальной технологии. Это прозрачный индикатор чувствительного материала (ИЧМ), который позволяет упростить визуальную и фотометрическую оценку изменения его окраски после контакта с анализируемым объектом [6]. Объектом являлась смесь из трех веществ Co , Cu , Ni , эксперимент повторили семь раз.

Реализация методов

Целью метода главных компонент (ГК) является преобразование исходного описания образцов с помощью специальных переменных в новую форму, допускающую извлечение из данных необходимой информации [5].

В ходе реализации алгоритма был построен график зависимости собственных значений, которые характеризуют важность каждой компоненты, от общего числа компонент, график представлен на рисунке 1.

Общее число ГК a определяется точкой пересечения графика с осью n .

МЛР является классическим подходом или, как ее еще называют, классической калибровкой, в которой участвуют несколько каналов (в нашем случае три канала: R , G , B). Соответствующая модель строится с помощью множественной линейной регрессии (МЛР). При большом числе каналов отбирается такое число каналов, которые будут меньше числа веществ, входящих в смесь.

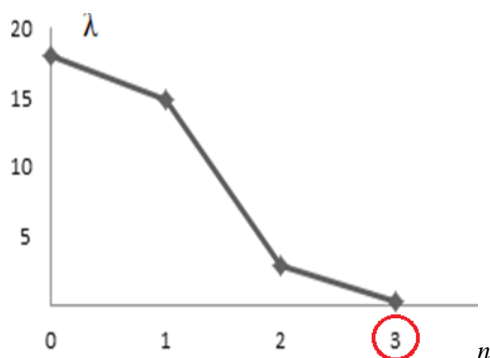


Рис. 1 – График зависимости собственных значений – λ от общего числа компонент n .

Так как смесей у нас семь, а каналов всего три берем все три канала и строим по ним модель МЛР, данная модель отражает предсказанное количества вещества и измеренное (концентрацию).

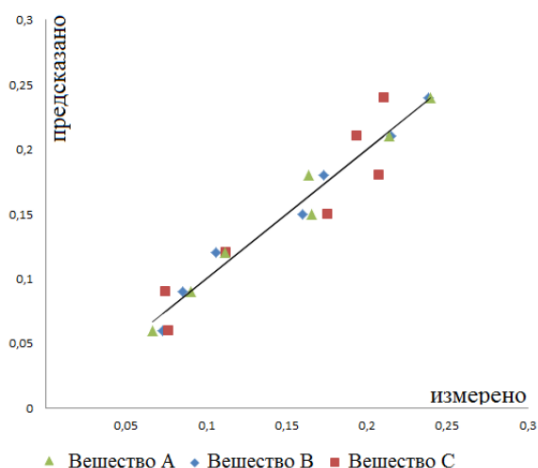


Рис. 2 – Измеренное и предсказанное значение концентрации (мг/л) веществ в смесях

Регрессия на главные компоненты рассматривается, как двухэтапная процедура: с помощью МГК преобразуется матрица X , а затем получившаяся матрица счетов T непосредственно используется в модели многомерной регрессии.

Таблица 1 – Результаты реализации РГК

№	Канал	Уравнение	R^2
1	R	$y = 0,861x - 0,021$	0,861
	G	$y = 0,297x - 0,106$	0,297
	B	$y = 0,975x - 0,004$	0,975
2	R	$y = 0,660x - 0,099$	0,66
	G	$y = 0,978x - 0,147$	0,978
	B	$y = 0,978x - 0,147$	0,978
3	R	$y = 0,603x - 0,090$	0,603
	G	$y = 0,789x - 0,118$	0,789
	B	$y = 0,876x - 0,131$	0,876

В данном методе в отличие от МЛР строятся три модели, для каждого вещества в смеси определяется свой рабочий канал. Данные приведены в таблице 1.

Если сравнивать два последних метода (РГК и МЛР), то по результатам видно, что на модели МЛР все линии тренда совпали и коэффициенты корреляции равны и стремятся к единице. Т.е. была получена «слишком хорошо» описанная модель. Однако, при излишней сложности ($n = 4, 5$), модель все хуже работает. А вот РГК модель показывает рабочие каналы для каждого вещества отдельно. Были получены высокие значения коэффициентов корреляции для рабочих каналов.

Заключение

В данной работе были реализованы следующие методы: метод главных компонент, множественная линейная регрессия и регрессия на главные компоненты.

МГК является качественным методом, с его помощью мы определили число главных компонент в смесях. При сравнении МЛР и РГК выявили, что регрессия на главные компоненты имеет явные преимущества в сравнении с методами классической калибровки. Этот способ моделирования точнее и имеет меньшее смещение. Это объясняется тем, что в многомерной калибровке используются все имеющиеся экспериментальные данные, что позволяет избежать переоценки данных.

Дальнейшая работа будет состоять в исследовании других методов, таких как: проекция на латентные структуры (ПЛС1 и ПЛС 2) и множественная калибровка. Будет разработан алгоритм обработки многомерных данных с использованием математического пакета MatLab.

Литература

1. Шаевич А.Б. Аналитическая служба как система. – М.: Химия, 1981.
2. Синтез цвета // Фотокинетика: Энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1981.
3. Муравьев С.В., Гавриленко Н.А., Силушкин С.В., Овчинников П.Г. Мобильный цветометрический комплекс для измерения состава вещества на основе полимерных оптодов // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 318. – № 4. – С. 68-73.
4. Martens H., Martens M., Multivariate Analysis of Quality, NY, Willey, 1998.
5. Российское хемометрическое общество [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rcs.chph.ras.ru/>. – (дата обращения 15.02.2014)
6. Индикаторный чувствительный материал для определения микроколичеств веществ: пат. 272284 Рос. Федерация No 2004125304/04; заявл. 18.08.04; опублик. 20.03.06, Бюл. No 8 – 9 с

АЛГОРИТМ СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДОКУМЕНТОВ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ МЕТАОПИСАНИЙ

Губин М. Ю.

Научный руководитель: Тузовский А.Ф. д.т.н., профессор
Томский политехнический университет
e-mail: gubin.m.u@gmail.com

Введение

Основным препятствием для повсеместного распространения технологий Semantic Web на сегодняшний день служит недостаточное количество семантически метаанных, пригодных для обработки с использованием семантических технологий и подходов. В данной работе описывается постановка задачи создания семантических метаанных на основе текстов на русском языке и предлагается алгоритм решения этой задачи.

Постановка задачи

Под **документом** D_i будем понимать фрагмент текста на естественном языке.

Семантическое метаописание документа строится согласно **онтологии предметной области** O , представляющей собой набор **понятий** C_i , связанных между собой **отношениями** R_i . Также в онтологию предметной области входят **экземпляры объектов** E_i . Понятия, отношения и экземпляры имеют одну или более текстовых меток T_i . **Текстовая метка** T_i элемента онтологии – слово либо словосочетание естественного русского языка, соответствующее некоторому элементу онтологии.

Для построения базового семантического метаописания на основе текста документа для каждого его предложения L_i формируется сеть элементов документа, представляющая собой граф, состоящий из множества вершин W_i и соединяющих их рёбер L_i . Элементарная сеть представляет результат синтаксического анализа и дополнительных семантических трансформаций дерева синтаксических зависимостей между словами в отдельном предложении. **Вершинами** W_i сети элементов являются сущности, встречающиеся в предложении, а **рёбра** L_i представляют собой семантические отношения между сущностями.

Сети элементов предполагается получать из результатов синтаксического разбора текстов на естественных языках.

Задача синтаксического разбора текстов на данный момент в различной степени решена для русского [6,7] и английского [3,4,5] языка. Также существуют работы по синтаксическому разбору текстов на французском, норвежском, корейском и греческом [4], а также испанском и японском [4,5] языках. В данной работе рассматривается частный случай с русским языком.

Семантическое метаописание – это набор извлечённых из предложений документа RDF-триплетов T_i , представляющих собой кортежи вида $\langle S_i, P_i, O_i \rangle$, где S_i включен в объединение C_i и E_i , P_i включен в R_i , а O_i включен в объединение C_i и E_i .

Поскольку для анализа документа необходимо использовать онтологию соответствующей предметной области, возникает необходимость определения предметной области документа. Для определения предметной области предлагается использовать наивный байесовский классификатор. Классом C_i в данном применении классификатора будет считаться предметная область документа, а классифицирующим признаком W_i – вхождение в данный текст данного термина. Тогда вероятность принадлежности документа к предметной области можно вычислить по формуле

$$p(C_i | W_1, W_2, \dots, W_n) = \left(\frac{1}{Z}\right) p(C_i) \prod_{j=1}^n p(W_j | C_i)$$

где $Z = 1/n$, а $p(C_i)$ и $p(W_j | C_i)$ получаются путём анализа обучающего набора документов на этапе предварительной настройки классификатора.

Решаемой задачей является получение на основе текста на русском языке его семантического метаописания, процесс построения семантического метаописания

Для построения метаописания предполагается использовать редактор метаописаний, который позволяет пользователю создавать метаописания в полу-ручном режиме с использованием онтологического инструментария. Построение метаописания производится с применением онтологии предметной области, а также базы знаний.

Для этого, вначале производится предварительный анализ текста.

Производится семантический анализ текста, преобразующий текст в слова с номером их начальных символов, смысловые связи между словами, обнаруженные и преобразованные в RDF триплеты.

Подсчитывается количество вхождений слов в текст. При этом не учитываются так называемые «стоп-слова» (предлоги, союзы и частицы). Остальные слова нормализуются и подсчитывается количество вхождений нормы слова.

Составляется ранговое распределение слов в документе. Слова с одинаковым количеством

вхождений объединяются в классы, которые затем нумеруются в порядке убывания количества вхождений слов-членов класса в тексте, начиная с 1. [8]

Производится сопоставление важных для документа слов с терминами из онтологии предметной области и базы знаний.

Производится поиск класса, слова в котором являются значимыми для текста, с наибольшим номером. Все классы, идущие после него, отсеиваются. [8]

Выставляется первичное значение «веса» слов в документе. Оно равняется N_{\max}/N_i , где N_{\max} — количество вхождений слов первого ранга, а N_i — количество вхождений слова t_i . [8]

Производятся корректировки значений весов для упорядоченных пар слов, входящих в одни и те же триплеты либо предложения.

Из множества выделенных из текста RDF-триплетов выбираются триплеты-кандидаты, каждая из позиций которых (субъект, предикат и объект) заняты в естественно-языковом представлении вхождением метки (соответственно, субъект и объект – метками понятия либо экземпляра, а предикат – меткой свойства).

После предварительного анализа текста, список триплетов-кандидатов, а также список ключевых слов документа и объектов онтологии и базы знаний, текстовые метки которых соответствуют ключевым словам, предоставляются пользователю для корректировки и формирования основы метаописания документа. Данный подход позволяет существенно ускорить формирование метаданных документа пользователем по сравнению с полностью ручным формированием, при этом сохраняя высокую точность и полноту создаваемых метаданных.

Разработанная методика позволяет создавать пригодные для использования в целях семантического поиска метаданные документов. Дальнейшее развитие системы предварительного разбора

документа позволит формировать метаданные в полностью автоматическом режиме.

Литература

1. Люгер Д. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. 4-е издание. – М.: Вильямс, 2003 – 864 с.
2. Хорошилов А. А. Белоногов Г. Г. Калинин Ю. П. Компьютерная лингвистика и перспективные информационные технологии: теория и практика. // НТИ. Сер. 2. Информ. процессы и системы / ВИНТИ. - 2004. - N 8. - С.30-43.
3. Poon H., Domingos P. Unsupervised semantic parsing. ACL Anthology. A Digital Archive of Research Papers in Computational Linguistics / [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.aclweb.org/anthology/D/D09/D09-1001.pdf, свободный (дата обращения: 02.10.2010).
4. Deep linguistic processing with hpsg. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.delph-in.net>, свободный (дата обращения: 02.10.2010).
5. Сайт лаборатории speech technology корпорации microsoft. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://research.microsoft.com/en-us/groups/srg/default.aspx>, свободный (дата обращения: 02.10.2010).
6. Сайт рабочей группы «Автоматическая обработка текстов». [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://aot.ru/>, свободный (дата обращения: 02.10.2010).
7. Сайт компании RCO [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.rco.ru>, свободный (дата обращения: 02.10.2010).
8. Thomas Roelleke, Jun Wang, TF-IDF uncovered: a study of theories and probabilities // Proceedings of the 31st annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, July 20-24, 2008, Singapore, Singapore

ОЦЕНКА МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВИНЦОВЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТРУКТУРЕ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Дроздов Ю.Ю.

Томский политехнический университет

yud@tpu.ru

Введение

Свинец вводят в состав медных сплавов для улучшения антифрикционных свойств и прирабатываемости трущихся поверхностей. Кроме того, свинец, имея низкую температуру плавления, при перебоях подачи смазочной жидкости (в аварийных ситуациях), плавясь, образует на сопряженных деталях тонкую пленку и предохраняет их от заедания и схватывания. Как следует из литературы, на распределение свинцовых включений в структуре медных сплавов может оказывать различные внешние факторы: температура заливки слова, скорость охлаждения в форме и др.

В работе исследовали распределение включений свинца в структуре двойной бронзы БрС10 и в сложнолегированной бронзе БрО10С13Ц2Н2. Бронзу БрС10 заливали в чугунный кокиль с соотношением массы отливки к массе формы 1:10. Бронзу БрС10 (температура ликвидуса 1050 °С) заливали при температуре 1150 °С в кокиль, нагретый до 20, 200, 400, 600 и 800 °С. Очевидно, что с повышением скорости нагрева формы, скорость охлаждения расплава БрС10 уменьшается. Бронзу БрО10С13Ц2Н2 (температура ликвидуса 1004 °С) заливали при 1050, 1150 и 1220 °С в массивную чугунную, оболочковую и алюмохромфосфатную формы. Скорость охлаждения расплава БрО10С13Ц2Н2 изменялась в интервале температур заливки 1050...1220 °С от 78 до 110 °С при литье в массивный кокиль, от 8,26 до 7,15 °С при литье в оболочковую форму, от 1,18 до 0,446 °С при литье в алюмохромфосфатную форму в интервале кристаллизации сплава [1]. Температуру заливки и нагрева кокиля контролировали по тонкой графитовой таблетке, плавающей на поверхности расплава при помощи быстродействующего оптического пирометра ТПТ-90. Сплавы приготавливали в индукционной высокочастотной печи плавкой в графитовом тигле.

Как показали результаты металлографического анализа, условия кристаллизации оказывают существенное влияние на распределение и морфологию свинцовых включений в медных сплавах. При низких температурах нагрева кокиля (20...200 °С) включения свинца в структуре БрС10 образуют многозвенные скопления мелких частиц с рваными неровными краями. При температуре кокиля 400 °С свинец представлен в виде округлых, равномерно распределенных в объеме частиц. При более высоких температурах кокиля (600...800 °С) частицы свинца более крупные, причем при температуре 800 °С в структуре наряду с крупными

включениями появляются тонкие прожилки свинца [2]. При заливке бронзы БрО10С13Ц2Н2 с температуры 1050 °С, свинец формируется в виде крупных скоплений неправильной формы. Причем морфологические признаки сохраняются при литье во все формы, изменяется лишь дисперсность включений, повышаясь с увеличением теплопроводности формы. С повышением температуры заливки до 1150 °С, свинцовые включения измельчаются в большей степени при литье в кокиль, а распределение их в объеме металлической матрицы более равномерно, хотя отдельные частицы имеют вытянутую форму. При температуре заливки 1220 °С, при литье в кокиль дисперсность свинцовых включений еще выше, форма их преимущественно округлая. Медленные скорости охлаждения расплава (при литье в алюмохромфосфатные формы) не дают такого модифицирующего эффекта, хотя некоторое измельчение отмечается.

Анализируя полученные результаты можно предполагать следующее. Свинец в расплаве меди и медных сплавов образует макроскопическую эмульсию, состоящую из жидкого расплава меди и свинца [3]. При повышении температуры расплава выше ликвидуса за счет усиления тепловых потоков и повышения диффузионных процессов, происходит измельчение эмульсионных включений свинца в расплаве. При последующем быстром охлаждении (литье в массивный кокиль) перегретого до 1220 °С, в отливках фиксируется структура, состоящая из мелких включений свинца округлой формы. По мере снижения температуры заливки до 1150 °С, в расплаве снижаются тепловые потоки и скорость диффузионных процессов, поэтому эмульсионные включения свинца коагулируют еще в расплаве, а после заливки собой более крупные частицы. При низких температурах заливки (1050 °С) эмульсионные включения коагулируют до больших размеров, поэтому после кристаллизации в структуре БрО10С13Ц2Н2 обнаруживаются весьма крупные включения свинца. Следует отметить, что эмульсионные включения коагулируют и в процессе кристаллизации, вытесняются растущими кристаллами твердого раствора и сталкиваются, друг с другом. Поэтому понижение скорости охлаждения путем нагрева формы (при литье БрС10) либо снижением ее теплопроводности (при литье БрО10С13Ц2Н2) приводит к укрупнению свинцовых включений.

Образование тонких прослоек свинца в структуре БрС10 свидетельствует о распределении его

по границам зерен меди. Жидкий свинец в процессе кристаллизации как бы обволакивает растущие кристаллы меди. Такого явления не обнаружено в сложнолегированной меди, что говорит о более высокой вязкости расплава BrO10C13Ц2H2 и более высокого межфазного натяжения расплава-кристалл. Повышению вязкости расплава способствует добавка никеля и цинка в медные сплавы, снижающие ликвацию свинца в отливках [3].

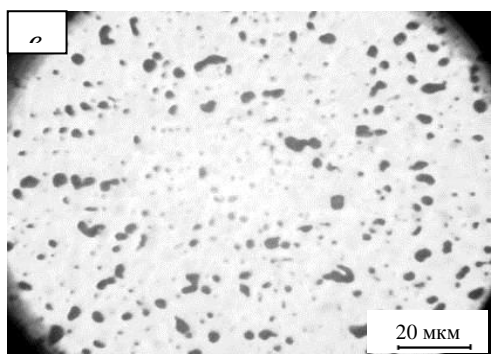
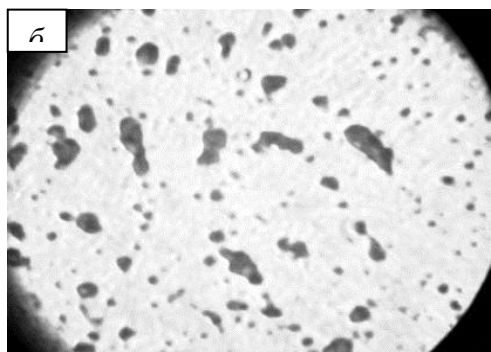
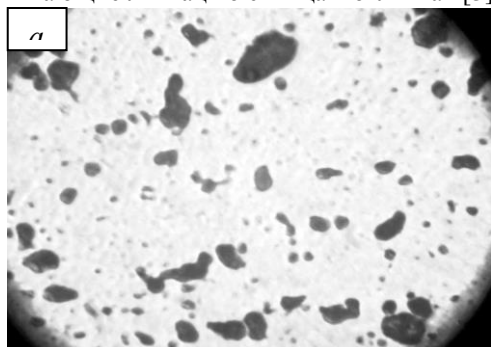


Рис. 1. Микроструктура BrO10C13Ц2H2 отлитой в массивный кокиль. Шлифы не травлены. Температуры заливки:
а – 1050 °С;
б – 1150 °С;
в – 1220 °С.

Уменьшение скорости охлаждения при кристаллизации медных сплавов приводит к укрупнению свинцовых включений. Причина – коагуляция эмульсионных включений в расплаве путем выталкивания их растущими кристаллами меди.

Повышение температуры заливки приводит к измельчению включений свинца и приобретению ими округлой формы, что является следствием измельчения эмульсии при повышении перегрева расплава выше ликвидуса. Морфология свинцовых включений зависит также от легирующих добавок, влияющих на поверхностное натяжение расплава. Никель и цинк, увеличивая поверхностное натяжение расплава, способствуют формированию включений свинца в виде обособленных частиц.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 596-600.
3. // Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.
4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.
5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы брос10-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.
6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнолитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.
7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.
8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.
9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.
10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ФИЛЬТРАЦИЮ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ФИЛЬТРОВ ЛАВСА

Костин К.А., Аксёнов С.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

kak@tpu.ru

В настоящее время в области мультимедиа информации наблюдаются активно растущие тенденции увеличения медиа контента пользователей, развития онлайн хранилищ мультимедиа файлов, распространения интернет сервисов и приложений, обеспечивающих хранение и работу с медиа файлами [1]. В связи с этим встает вопрос об эффективной структуризации этой информации, автоматическом индексировании файлов на основе классификации их содержания.

Также, как замечают эксперты, наблюдается резкий рост рынка мобильных роботов, предназначенных для работы в сфере обеспечения безопасности, обслуживания, производства, а также для работы в агрессивных и опасных для человека средах. В связи с этим развитие получает область машинного зрения для роботов, которая включает в себя распознавание объектов сцены, типов поверхностей, автоматическую реализацию методов и алгоритмов сбора и обработки видеoinформации [2]. Определение типа содержания видео путем классификации контента может значительно увеличить качество и возможности технического зрения роботов.

Одним из способов классификации изображения или кадра видео файла по его содержанию является фильтрация с помощью энергетических фильтров Лавса. В данном подходе используются специальные фильтры, позволяющие оценить изменение распределения графических примитивов текстуры объектов изображения в пределах окна фиксированного размера. Этот метод позволяет описать объект на изображении по его текстурным характеристикам, учитывая не только пространственные соотношения элементов текстуры, но и распределение цветов на ней [3]. Под текстурной характеристикой понимается результат фильтрации изображения одним из фильтров Лавса.

Для эффективной работы алгоритма классификации текстур необходимо рассмотреть все аспекты, от которых зависит корректность их определения. Одним из таких аспектов является уровень освещенности объектов на изображении, который является одним из основных, т.к. правильно различать предметы, например, в сумерках при смене времени суток, бывает сложно даже человеку.

Анализ текстурных характеристик при исследовании влияния изменения освещенности производится с помощью построения гистограмм текстурных характеристик на основе результатов фильтрации с помощью фильтров Лавса. При этом для наглядности демонстрируются гистограммы наиболее значимой характеристики.

Исследование освещенности может проводиться как с помощью получения результатов фильтрации текстур при искусственном изменении освещенности с помощью графического редактора, так и с помощью получения результатов при естественном изменении освещенности, например, при смене времени суток или падении тени на объект. На рис. 1 представлены гистограммы текстур при различных уровнях освещенности.

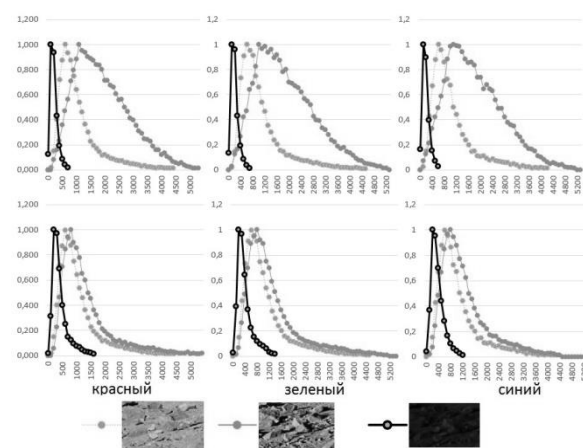


Рис. 1. Сравнение гистограмм при искусственном и естественном изменении освещенности

На рис. 1 три графика сверху демонстрируют гистограммы текстурной характеристики при естественном изменении уровня освещенности текстуры для трех цветовых компонент изображения; три графика снизу демонстрируют гистограммы для текстур, освещенность которых была изменена искусственно за счет изменения яркости и контрастности изображения.

Из данных на рис. 1 можно заключить, что при естественном изменении освещения гистограммы меняются сильнее, чем при искусственном изменении. Для различных цветовых компонент также видно, что меняются гистограммы текстур с естественным освещением, в то время как изменения гистограмм текстур, полученных в результате искусственного изменения освещения, являются совсем незначительными. Это говорит о том, что смена естественного освещения сильнее изменяет текстуру за счет появления дополнительных теней или неполного затемнения объектов. Искусственные вмешательства в освещенность текстуры изменяют одновременно все цветовые компоненты каждой области изображения.

Поскольку фильтрация изображений происходит путем оценки изменения текстуры в пределах фиксированного окна, размер которого определяет

используемый фильтр Лавса, то необходимо сравнить текстурные характеристики текстур с мелкими и крупными элементами при изменении освещенности. На рис. 2 изображены гистограммы текстурных характеристик при естественном изменении освещения для текстур с мелкими и крупными элементами.

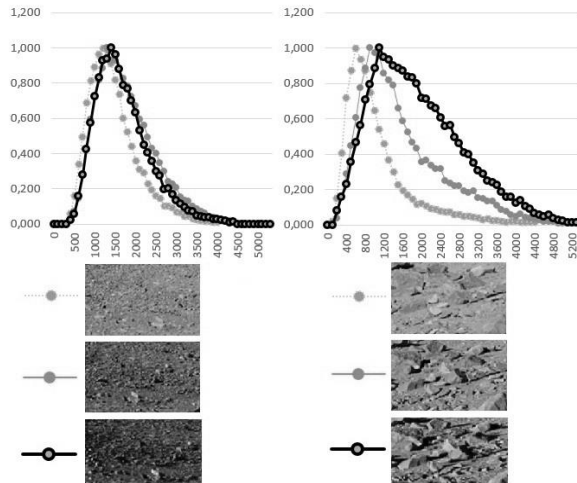


Рис. 2. Сравнение гистограмм для текстур с мелкими и крупными элементами

На рис. 2 гистограммы текстуры с более мелкими элементами изображены на графике слева, с более крупными – справа. Из данных рис. 2 можно заключить, что изменение текстурных характеристик при изменении освещения для текстур с более крупными элементами сильнее, чем для текстур с более мелкими элементами. Текстура с более крупными элементами изменяется сильнее, т.к. тени и неравномерное изменение освещения за счет крупных объектов значительно изменяют результирующий вид гистограмм.

Поскольку в условиях низкой освещенности и плохой видимости определение объектов затруднено даже для человека, необходимо исследовать порог, при котором классификация текстур изображения будет затруднена. На рис. 3 показаны гистограммы текстурной характеристики при естественном изменении освещения текстуры.

По данным рис. 3 видно, что при определенном низком уровне освещенности (3 последние гистограммы, соответствующие текстурам с очень низким уровнем освещенности) характеристики изменяются незначительно. Т.е. при таких низких уровнях освещенности с помощью данного алгоритма корректно классифицировать текстуру объектов изображения будет невозможно. Это является допустимым для рассматриваемой области применения обработки изображений с помощью фильтров Лавса.

Проведенные исследования позволят увеличить эффективность классификации текстур с помощью фильтров Лавса, уделяя внимание опреде-

ленным условиям и установленным особенностям работы алгоритма при изменении уровня освещенности объектов на изображении.

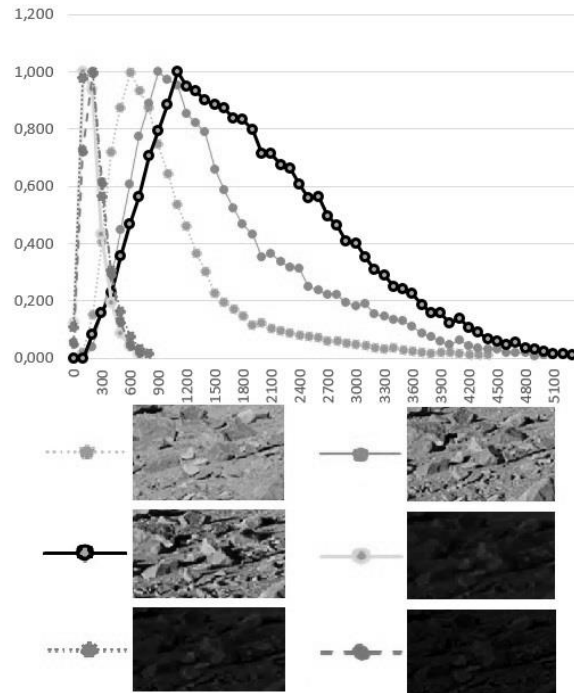


Рис. 3. Гистограммы характеристики текстуры при естественном изменении освещенности

Полученные в результате проведения исследования данные будут способствовать развитию методов классификации изображений по их содержанию, позволяющих создать систему для эффективного определения медиа контента, индексирования и поиска мультимедиа файлов по содержанию.

Исследование поддержано грантом Российского фонда фундаментальных исследований №14-07-31090 МОЛ_А.

Список литературы

1. Постоянный рост объема медиа. Информационный токсикоз: экономика избытка // Алексей Рудевич. Русская семерка. 2014. URL: <http://russian7.ru/2014/04/informacionnyj-toksikoz-perezagruzka/> (дата обращения: 15.10.2014).
2. Зрение роботов. Область применения: мобильные роботы // wiki.technicalvision.ru. 2012. URL: http://wiki.technicalvision.ru/index.php/Область_применения:_мобильные_роботы (дата обращения: 12.10.2014).
3. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. / Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.

ГИПОТЕЗА О СИСТЕМЕ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОМПОЗИЦИИ ПОЛИНОМОВ

М.Ю. Перминова

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
mary42rus@gmail.com

Введение

В математике известна задача декомпозиции полиномов. Эта задача имеет множество решений [1-3]. В ходе исследования композиции полиномов было найдено еще одно решение, основанное построении уравнений с помощью генерации разбиений натурального числа n [4]. Изучение этой системы уравнений привело к обнаружению новых свойств, позволяющих получить ускорение решения задачи декомпозиции полиномов. Ниже будет кратко записан этот метод и выдвинуты гипотезы о системе уравнений для получения композиции полиномов.

Метод представления полиномов в виде композиции

Данный метод основан на получении системы уравнений, в которой уравнения базируются на композиционной формуле [5]. После нахождения решения его необходимо проверить на существование композиции.

Введём ряд обозначений:

$F(x) = \sum_{i=1}^q f_i x^i = f_1 x + f_2 x^2 + f_3 x^3 + \dots + f_q x^q$ – исходный полином порядка q .

$A(x) = \sum_{i=1}^m a_i x^i = a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + \dots + a_m x^m$ и

$B(x) = \sum_{i=1}^s b_i x^i = b_1 x + b_2 x^2 + b_3 x^3 + \dots + b_s x^s$ – полиномы композиции $F(x) = B(A(x))$ порядков m и s соответственно, $q = m \cdot s$.

$A^\Delta(n, k)$ – коэффициенты k -ой степени полинома $F(x)$. До получения системы уравнений порядки полиномов композиции должны быть известны. Для этого находятся делители порядка q полинома $F(x)$. Те делители, произведение которых даёт порядок исходного полинома, являются порядками m и s полиномов композиции. Если их невозможно найти, то исходный полином нельзя представить композицией.

Далее более подробно рассмотрим процесс получения системы уравнений. Пусть даны производящие функции, представленные полиномами $A(x)$ и $B(x)$. Тогда для вычисления коэффициентов композиции $[F(x)]^k$ будет верно [5]:

$$f_n = \sum_{k=1}^n A^\Delta(n, k) b_k, \quad (1)$$

Коэффициенты $A^\Delta(n, k)$ можно представить на основе разбиений [5]:

$$A^\Delta(n, k) = \sum_{\mu_k \in P_n} \binom{k}{j_1 j_2 \dots j_{n-k+1}} a_1^{j_1} a_2^{j_2} \dots a_{n-k+1}^{j_{n-k+1}}, \quad (2)$$

где P_n – множество всех разбиений натурального числа n ; μ_k – разбиение, имеющее ровно k частей; j_1, \dots, j_{n-k+1} – количество частей разбиения; a_1, \dots, a_{n-k+1} – части разбиения. Запись $a_1^{j_1} a_2^{j_2} \dots a_{n-k+1}^{j_{n-k+1}}$ означает, что в разбиении $A^\Delta(n, k)$ имеется ровно j_1 единиц, j_2 двоек и т.д.

Разбиения для системы уравнений ограничены $-k \leq s, n \leq q, a_1, a_2, \dots, a_{n-k+1} \leq m$.

Подставляя (2) в (1), получается система из n уравнений:

$$f_n = \sum_{k=1}^n \sum_{\mu_k \in P_n} \binom{k}{j_1 j_2 \dots j_{n-k+1}} a_1^{j_1} a_2^{j_2} \dots a_{n-k+1}^{j_{n-k+1}} b_k. \quad (3)$$

Система уравнений (3) имеет специальный двухтреугольный вид. Например, для $m \leq s$ ($m = 2, s = 3$) имеет вид:

$$\begin{aligned} A_{1,1}^\Delta b_1 + 0 + 0 + 0 &= f_1 \\ A_{2,1}^\Delta b_1 + A_{2,2}^\Delta b_2 + 0 + 0 &= f_2 \\ 0 + A_{3,2}^\Delta b_2 + A_{3,3}^\Delta b_3 + 0 &= f_3 \\ 0 + A_{4,2}^\Delta b_2 + A_{4,3}^\Delta b_3 + 0 &= f_4 \\ 0 + 0 + A_{5,3}^\Delta b_3 + 0 &= f_5 \\ 0 + 0 + A_{6,3}^\Delta b_3 + 0 &= f_6 \end{aligned}$$

для $m > s$ ($m = 3, s = 2$) имеет вид:

$$\begin{aligned} A_{1,1}^\Delta b_1 + 0 + 0 &= f_1 \\ A_{2,1}^\Delta b_1 + A_{2,2}^\Delta b_2 + 0 &= f_2 \\ A_{3,1}^\Delta b_1 + A_{3,2}^\Delta b_2 + 0 &= f_3 \\ 0 + A_{4,2}^\Delta b_2 + 0 &= f_4 \\ 0 + A_{5,2}^\Delta b_2 + 0 &= f_5 \\ 0 + A_{6,2}^\Delta b_2 + 0 &= f_6 \end{aligned}$$

Таким образом, применяя формулы (1) и (2), всегда можно получить систему уравнений (3). Решив её, можно найти необходимые коэффициенты композиции полиномов.

Полученная система уравнений имеет множество решений, так как представить полином в виде

композиции можно бесконечным числом вариантов $F(x) = B(A(x)) = B(\gamma \cdot 1 / \gamma \cdot A(x)) = B(\gamma x)$, где γ – некоторое число, больше нуля. Поэтому одному из коэффициентов можно присвоить фиксированное значение. Таким коэффициентом является a_m .

Система состоит из q уравнений, при этом количество неизвестных переменных равно $m + s - 1$. Поэтому достаточно решить $m + s - 1$ уравнений из полученной системы. Но найденное решение нуждается в проверке на существование композиции. Для этого нужно проверить оставшиеся $q - m - s + 1$ уравнения.

Таким образом, множество уравнений системы включает в себя два подмножества:

1) $m + s - 1$ уравнений – это уравнения, которые решаются для нахождения всех возможных вариантов коэффициентов a_i и b_i . При получении решения данных уравнений нельзя сказать, есть композиция или нет;

2) оставшиеся $q - m - s + 1$ уравнений – это уравнения, с помощью которых мы проверяем наличие композиции при найденных значениях коэффициентов a_i и b_i .

Первое множество уравнений всегда имеет решение, но композиция существует не при всех найденных значениях.

При проверке наличия композиции проведен ряд экспериментов. Были взяты полиномы, найдены коэффициенты композиции полиномов и проверено наличие композиции путем подстановки найденных значений в оставшиеся уравнения. Например, взят полином $x^6 + 3x^5 + 2x^4 - x^3 + x^2 + 2x$, его порядок $q = 6$. Найденны делители числа 6 – это 6, 3, 2, 1; $2 \cdot 3 = 3 \cdot 2 = 6$, то есть составляется две системы уравнений:

$(m = 2, s = 3)$	$(m = 3, s = 2)$
$a_1 b_1 = f_1,$	$a_1 b_1 = f_1,$
$a_1^2 b_2 + b_1 a_2 = f_2,$	$a_1^2 b_2 + b_1 a_2 = f_2,$
$a_1^3 b_3 + 2a_1 a_2 b_2 = f_3,$	$a_3 b_1 + 2a_1 a_2 b_2 = f_3,$
$3a_1^2 a_2 b_3 + a_2^2 b_2 = f_4,$	$2a_1 a_3 b_2 + a_2^2 b_2 = f_4,$
$3a_1 a_2^2 b_3 = f_5,$	$2a_2 a_3 b_2 = f_5,$
$a_2^3 b_3 = f_6$	$a_3^2 b_2 = f_6$

Далее решаются две системы уравнений

$(m = 2, s = 3)$	$(m = 3, s = 2)$
$a_1 b_1 = f_1,$	$a_1 b_1 = f_1,$
$3a_1^2 a_2 b_3 + a_2^2 b_2 = f_4,$	$2a_1 a_3 b_2 + a_2^2 b_2 = f_4,$
$3a_1 a_2^2 b_3 = f_5,$	$2a_2 a_3 b_2 = f_5,$
$a_2^3 b_3 = f_6$	$a_3^2 b_2 = f_6$

Таким образом, найдены два решения:

1) $a_1 = -1/8, a_2 = 3/2, a_3 = 1, b_1 = -16, b_2 = 1$ ($m = 2, s = 3$);

2) $a_1 = 1, a_2 = 1, b_1 = 2, b_2 = -1, b_3 = 1$ ($m = 3, s = 2$).

Затем найденные коэффициенты подставлены в соответствующие оставшиеся уравнения:

$(m = 2, s = 3)$	$(m = 3, s = 2)$
$a_1^2 b_2 + b_1 a_2 = f_2,$	$a_1^2 b_2 + b_1 a_2 = f_2,$
$a_1^3 b_3 + 2a_1 a_2 b_2 = f_3$	$a_3 b_1 + 2a_1 a_2 b_2 = f_3$

и получено:

$(m = 2, s = 3)$	$(m = 3, s = 2)$
$-1535/64 = 1, -131/8 = -1$	$1 = 1, -1 = -1$

При найденных значениях коэффициентов композиции a_i и b_i для $m = 2, s = 3$ полученные значения не совпадают с f_2 и f_3 , а для $m = 3, s = 2$ полученные значения совпадают с $f_2 = 1$ и $f_3 = -1$. Это означает, что композиция есть в случае 2.

Аналогичные действия проводились с исходными полиномами порядков, не больших 20. Также изменялись значения коэффициента a_m . При этом в ходе экспериментов было выявлено, что при наличии композиции все оставшиеся уравнения решаются, а если композиция отсутствует, то все оставшиеся уравнения не решаются.

Гипотеза. Для существования композиции необходимо и достаточно, чтобы одно из оставшихся уравнений решалось.

В настоящее время выдвинутая гипотеза основана на данных экспериментов. В дальнейшем планируется подтвердить её теоретическими данными. Если данная гипотеза будет подтверждена, то объём вычислений для нахождения коэффициентов композиции полиномов будет существенно сокращён, так как нужно будет решать всего $m + s$ уравнений, а не $m \cdot s$ уравнений.

Литература

1. D.R. Barton and R.E. Zippel Polynomial decomposition algorithms. Journal of Symbolic Computation Volume 1, Issue 2, June 1985, Pages 159–168, 1985.
2. Dexter Kozen and Susan Landau. Polynomial decomposition algorithms. J. Symb. Comput., 7: 445–456, 1989.
3. Joon-Kyung Seong, Gershon Elber, Myung-Soo Kim Polynomial Decomposition and Its Applications. <http://www.cs.utah.edu/~seong/decomposition.pdf>
4. Перминова М.Ю. Подход, основанный на разбиениях, для декомпозиции полиномов // Научная сессия ТУСУР–2014: Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Томск: В-Спектр, 2014: В 5 частях. – Ч. 3. – С. 13-15. (ISBN 978-5-91191-305-2; ISBN 978-5-91191-308-3 (Ч. 3))
5. Кручинин В.В., Кручинин Д.В. Степени производящих функций и их применение / В.В. Кручинин, Д.В. Кручинин. – Томск : ТУСУР, 2013. – 234 с.

ОБЗОР БАЗОВЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА БРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Ю.С. Ризен, А.А. Захарова
Научный руководитель: А.А. Захарова
Томский политехнический университет
yulja_vit@tpu.ru

Введение

Современное развитие высшей школы требует рассмотрения ВУЗа как единой модели взаимодействия науки, образования и производства [1]. При этом эффективное управление качеством образовательного процесса невозможно без формализации описаний педагогических явлений и процессов в виде их объективной оценки, что возможно лишь в случае использования методов математического моделирования. На решение основных задач управления ВУЗа оказывают влияние многочисленные факторы неопределенности [2,4,6,7]. То, в какой степени они учитываются, влияет не только на содержание модели описываемого процесса, но и на выбор математических методов для решения задачи эффективного управления деятельностью вуза.

Обзор базовых математических моделей контроля качества образовательного процесса

Наиболее простой математической моделью, которую применяют при контроле качества образовательного процесса, является **балльная модель**. Суть ее заключается в следующем: пусть X_1, X_2, \dots, X_n — совокупность количественных n показателей, характеризующих состояние выбранного объекта на данный момент времени t и результаты его деятельности за предшествующий контрольный период. В этом случае генеральный рейтинг выбранного объекта можно рассчитать по формуле:

$$R = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$$

где a_i — это весовые множители, назначаемые экспертами эвристически. Достоинствами балльной модели являются ее простота и малая трудоемкость, но она обладает и рядом недостатков: необходимость выбора весовых множителей экспертным путем, что придает модели субъективность; отсутствие учета зависимостей между количественными показателями X_i , которые устанавливаются в ходе математической обработки статистических данных; суммирование величин, имеющих разные размерности; невозможность оценки степени реализации потенциала.

Более совершенная по сравнению с предыдущей — **нормативно-классификационная** модель расчета рейтингов [4], в которой совокупность исходных показателей состояния и активности деятельности заданного объекта разделяется на два множества показателей: А) показатели потенциальных возможностей, характеризующие состояние и потенциальные возможности реализации

различных видов деятельности; Б) показатели активности или результативности, характеризующие результаты функционирования данного объекта за предшествующий период планирования.

Показатели первого множества разделяются на некоторое количество классов, каждый из которых имеет специфические признаки, а показатели второго множества подразделяются на некоторое количество видов деятельности. Далее показатели потенциальных возможностей и видов деятельности каждой из групп нормируются относительно некоторых величин, имеющих экономический смысл. Для каждой группы потенциальных возможностей и вида деятельности экспертным методом определяются весовые коэффициенты и осуществляется вычисление рейтингов потенциалов по различным видам потенциальных возможностей и рейтингов активности (результативности) по различным видам деятельности.

Эталонная модель управления большими системами управления была предложена профессором В. И. Чернецким для синтеза самонастраивающихся (адаптирующихся) систем автоматического управления сложными многоконтурными техническими объектами [8]. Модель такого типа предполагает выбор некоторого идеального (гипотетического, эталонного) объекта управления, значения параметров которого являются оптимальными в том или ином смысле (это предположение не всегда практически реализуемо). Затем значения контролируемых параметров всех других объектов управления, относящихся к тому же типу, что и эталонный объект, оцениваются по отклонениям (или отношениям) от значений параметров эталонного объекта. На основе результатов сравнения фактических и эталонных значений контролируемых параметров синтезируется дополнительный контур управления (контур адаптации и самонастройки), основной целью которого является последовательное изменение некоторых технологических параметров, определяющих динамику движения объекта в необходимом направлении. При использовании основной идеи принципа эталонных моделей рейтинговые модели управления большими системами управления, по существу, являются математическими моделями синтеза дополнительных контуров адаптации большой системы управления, обеспечивающих достаточно высокую эффективность их функционирования в сложных динамически изменяющихся или непредсказуемых (неопределенных) усло-

виях при наличии субъективных (человеческих) факторов, определяемых, в частности, множеством неконтролируемых воздействий.

В литературе последних лет популярна модель ранжирования объектов системы высшего образования. Вводится комплексный интегральный показатель качества объекта, основанный на объективной значимости каждого фактора:

$$R(S_i) = \sum_{j=1}^n k_{ij} H_j, \quad i=1, \dots, m, \quad (1)$$

где $R(S_i)$ — интегральное качество объекта S_i , m — количество объектов; n — количество признаков; H_j — значимость j -го признака; k_{ij} — качественная оценка j -го признака для i -го объекта. В качестве меры значимости фактора часто предлагается использовать значение энтропии признака как объективную меру неопределенности значений признака

$$H_j = - \sum_{t=1}^{K_j} p_{jt} \ln p_{jt}, \quad j=1, \dots, n,$$

где K_j — число качественных уровней j -го признака (системное основание качества); p_{jt} — вероятность (частота) встречаемости качественной оценки $k_{ij} = t$ в распределении j -го признака. В этом случае большую значимость будут иметь признаки с большей степенью “разброса” значений в анализируемой выборке. В обобщенном виде алгоритм ранжирования объектов системы высшего образования выглядит так:

Шаг 1. Выбор числа качественных уровней K_j , $j = 1, \dots, n$.

Шаг 2. Выбор параметров преобразования исходных величин и интенсивностей к качественным аналогам: максимального и минимального значения каждого признака (это могут быть абсолютные или локальные значения; применение локальных (частных) минимумов/максимумов не рекомендуется в условиях малого объема исходных данных).

Шаг 3. Перевод исходных данных в качественные аналоги по формуле:

$$k_{ij} = 1 + \text{round}((x_{ij} - x_{j\min}) / (x_{j\max} - x_{j\min})),$$

где x_{ij} — исходная количественная величина или качественное значение j -го фактора для i -го объекта; $x_{j\max}$, $x_{j\min}$ — максимальное и минимальное значения j -го признака; $\text{round}()$ — операция арифметического округления.

Шаг 4. Нахождение энтропии H_j каждого признака.

Шаг 5. Вычисление интегрального качества каждого объекта по формуле (1).

Шаг 6. Ранжирование набора объектов по найденным значениям интегрального качества.

Шаг 7. Анализ полученных результатов и принятие управленческих решений для коррекции состояния и координации дальнейшего развития.

Шаг 8. В случае анализа подсистем макрообъекта — нормирование полученных показателей инте-

грального качества по максимально возможному теоретическому значению и передача данных на более высокий уровень.

Заключение

Задача о соотносимости между собой различных критериев в общем случае очень сложная и может быть решена только на этапе постановки задачи экспертами в выбранной предметной области. Таким образом, интегрированное оценивание традиционно предполагает наличие этапа, связанного с объединением в одно целое ранее разнородных оценок с учетом их вклада в общую оценку. Однако часто наличие многокритериальности приводит к проблеме возможной несравнимости получаемых многокритериальных оценок. Такая несравнимость, в частности, может быть устранена введением нескольких уровней “свертки” информации.

Построение интегральных оценок деятельности вузов позволяет дать комплексную оценку, определять наиболее сильные и слабые стороны в работе ВУЗа по организации образовательного процесса, а также планировать выполнение показателей в контексте полученной интегральной оценки.

Литература

1. Ризен Ю.С., Захарова А.А., Минин М.Г. Модель подготовки выпускника ВУЗа и повышение эффективности применения образовательных технологий // Проблемы информатики, 2012. Вып. Спецвыпуск.С.1-8.
2. Аветисов А.А., Камышинова Т.В. Оптимизационная модель оценки и управления качеством подготовки студентов в ВУЗе // Проблемы качества, его нормирования и стандартов в образовании. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1998. С. 105-109.
3. Сухинин В.П., Горшенина М.В. Проектирование дополнительных образовательных услуг на основе методов Г. Тагути // Управление качеством высшего образования: теория, методология, организация, практика, СПб-Кострома: Смольный институт РАО, изд-во КГУ, 2005. Т. 3. С. 80-85.
4. Васильев В.Н. и др. О математических моделях оптимального управления системой подготовки специалистов. Петрозаводск: изд-во Петр.ГУ, 1997.
5. Мешалкин В.И. Учреждения высшего и среднего профессионального образования в Российской Федерации. Аккредитация самообследование - рейтинг. М.: изд-во РУДН, 1995. 136 с.
6. Граничин О.Н., Поляк Б.Т. Рандомизированных алгоритмы оценивания и оптимизации при почти произвольных помехах. М.:Наука, 2003. 291с.
7. Granichin O.N. Linear regression and filtering under nonstandard assumptions (Arbitrary noise) // Trans. on Automat. Contr. 2004. V. 49. P. 1830-1835.
8. Чернецкий В.И. Математическое моделирование динамических систем. Петрозаводск: изд-во Петр.ГУ, 1996.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ КОГЕРЕНТНОСТИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

В.А. Фаерман

Научный руководитель: Аврамчук В.С.
Томский Политехнический Университет
fcsevladfaerman@gmail.com

В последние годы наблюдается интенсивное развитие и повсеместное распространение методов и средств неразрушающего контроля. Внедрение в производственную и эксплуатационную практику подобных средств приводит к уменьшению издержек и повышению экономической эффективности предприятий [1]. В частности, примером широкого применения средств неразрушающего контроля, могут служить предприятия жилищно-коммунального хозяйства, обслуживающие тепло- и водопроводные сети.

Как было отмечено выше, использование современных методов неразрушающего контроля и диагностики, способствует повышению эффективности работы коммунальных служб [2]. В частности, применение дефектоскопов позволяет производить объективную оценку состояния трубопроводов [1], прогнозировать остаточный ресурс и на основании приобретенных сведений оптимизировать стратегию проведения ремонтных работ [3]. Наряду с дефектоскопией, предварительная оценка состояния трубопроводов может производиться с применением корреляторов [3]. Однако стоит отметить, что обнаружение утонений стенок трубопроводов затруднительно и накладывает существенные ограничения как на максимальную протяженность обследуемого участка, так и на минимальную глубину повреждения.

В основу работы корреляторов положен математический аппарат корреляционного анализа: местоположение утонений или отверстий в трубопроводе определяется по пикам взаимной корреляционной функции сигналов, снимаемых пьезоэлектрическими датчиками в двух точках трубопровода, ограничивающих обследуемый линейный участок [4]. В практических задачах, вследствие низкой интенсивности сигнала акустической эмиссии производимого дефектом, а также наличия шумов, обусловленных взаимодействием потока жидкости со стенками трубопроводов, прямое применение корреляционного анализа оказывается невозможным [5]. В связи с этим применяются, различные подходы к предварительной обработки сигналов, предполагающие, как правило, определение частотной локализации полезной составляющей и фильтрацию в соответствующей полосе. В связи с высокой степенью зашумленности сигналов, наиболее широкое применение находят анализ функции когерентности и анализ вида взаимного фазового спектра [4]. Метод анализа функции когерентности принято считать тра-

диционным [4, 5]. Его применимость и сравнительная эффективность обуславливается относительно неизменным во времени спектральным составом сигнала акустической эмиссии. Тем не менее, учитывая влияние на сигнал акустической эмиссии технологических параметров транспортировки жидкости, в частности давления и расхода, полагать спектр сигнала неизменным в течение продолжительного интервала времени не корректно.

Согласно [6], функция когерентности отображает степень линейной взаимосвязи между сигналами на различных частотах, то есть является как бы аналогом функции корреляции в частотной области. Стоит отметить, что проводя параллель между функцией когерентности и функцией корреляции подразумевают их применимость для выявления степени взаимосвязанности сигналов, а не подчеркивают их математическое соответствие. С точки зрения взаимного соответствия более корректным является сопоставление квадрата функции когерентности и квадрата нормированной функции корреляции.

В практике спектрального анализа более широкое распространение получил квадрат функции когерентности ($\gamma^2(k)$) определяемый формулой [7]

$$\gamma^2(k) = \frac{|E(P_{AB}(k))|^2}{E(P_{AA}(k))E(P_{BB}(k))}. \quad (1)$$

где $E(\cdot)$ – оператор усреднения; $P_{AB}(k)$, $P_{AA}(k)$, $P_{BB}(k)$ – соответственно взаимный мгновенный спектр и собственные мгновенные спектры сигналов, которые могут быть получены по формулам приведенным далее:

$$P_{AB}(k) = F_D^*(s_B(i)) \cdot F_D(s_A(i)), \quad (2)$$

$$P_{AA, BB}(k) = \left| F_D(s_{A, B}(i)) \right|^2. \quad (3)$$

В (2) и (3) использованы следующие обозначения: $F_D(\cdot)$ – дискретное преобразование Фурье; $F_D^*(\cdot)$ – комплексно-сопряженное представление результата дискретного преобразования Фурье; $s_A(i)$, $s_B(i)$, где $i = 0, 1, \dots, N - 1$ оцифрованные с интервалом дискретизации Δt сигналы датчиков.

Из (1) видно, что для каждого k -ого частотного отсчета, получение значений в числителе и знаменателе дроби предполагает усреднение мгновенных спектров, вычисляемых для различных, равных по продолжительности временных отрезков анализируемых сигналов [6]. В связи с тем, что для получения мгновенных спектров сигнала используется оконное преобразование Фурье, весь объём имеющейся выборки оцифрованных сигнала-

лов удобно представлять следующим образом

$$Q \cdot N_0 \leq N,$$

где N – число отсчетов содержащееся в полной выборке; N_0 – ширина окна (заданная в отсчетах) преобразования Фурье; Q – количество отдельных временных интервалов, выделяемых в выборке. С учетом введенных выше обозначений, (1) может быть представлено как

$$\gamma^2(k) = \frac{\left| \sum_{q=0}^{Q-1} P_{ABq}(k) \right|^2}{\sum_{q=0}^{Q-1} P_{AAq}(k) \sum_{q=0}^{Q-1} P_{BBq}(k)}. \quad (4)$$

Определение частотной полосы локализации информативного сигнала осуществляется путем выделения областей высоких значений (4) [6, 7]. Таким образом, в качестве параметра характеризующего информативность функции когерентности, может быть выбрано отношение среднеквадратичного значения (4) в полосе частот информативного сигнала, к среднеквадратичному значению на всем остальном диапазоне частот:

$$G = \frac{G_n}{G_d}, \quad (5)$$

$$G_n = \sqrt{\frac{1}{k_1 - k_0} \cdot \sum_{k=k_0}^{k_1} \gamma^2(k)},$$

$$G_d = \sqrt{\frac{1}{N/2 - k_1 + k_0} \left(\sum_{k=0}^{k_0-1} \gamma^2(k) + \sum_{k=k_1+1}^{N/2-1} \gamma^2(k) \right)},$$

где $[k_0..k_1]$ – интервал отсчетов, описывающий частотный диапазон на котором присутствует информативный сигнал. В связи с тем, что применение (5) требует априорного знания границ частотного интервала, содержащего полезный сигнал, данная оценка является применимой только в тестовых задачах, предполагающих работу с известным или специально сгенерированным сигналом. Примерный вид (4), а также некоторые графические пояснения (насыщенным цветом выделена частотная полоса, содержащая неслучайный сигнал) к (5) представлены на рисунке.

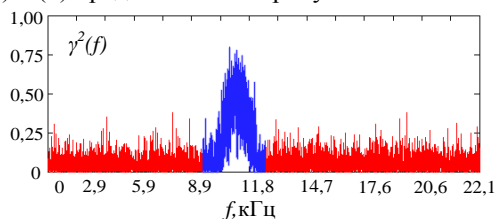


Рис. 1. График функции когерентности

Для оценки влияния на вид и информативность функции когерентности таких параметров как отношение сигнал/шум в анализируемой смеси сигналов, объема исходной выборки и временного сдвига между сигналами датчиков, производилась генерация тестовых сигналов и их представление в формате wav – файлов. Некоторые результаты исследования, приведены в таблицах далее. Параметры тестовых сигналов: спектр полезного сигнала – 9750..11250 Гц; спектр шума

(равномерный) – 0..22050 Гц; задержка между каналами – 0 мс (таблица 1); количество временных интервалов – 4 (таблица 2); отношение сигнал/шум – 0,067.

Таблица 1. Зависимость $G(Q)$

Q	2	4	7	10
G	1,297	2,036	3,869	6,217

Таблица 2. Зависимость $G(\tau)$

τ , мс	0	10	25	50
G	2,036	2,106	1,972	1,854

Согласно данным таблиц, можно сделать следующие выводы: увеличение временного сдвига между сигналами каналов негативно сказывается на информативности, в то время как увеличение объема выборки, содержащей отсчеты исследуемых сигналов увеличивает информативность.

Таким образом, применение функции когерентности при анализе сигналов, полученных при обследовании трубопроводов, позволяет определить границы спектра информативной составляющей и упростить дальнейший корреляционный анализ. Однако вследствие неизбежного присутствия шумовой составляющей в смеси и наличия временного сдвига между сигналами каналов [4], для получения информативной функции когерентности может потребоваться значительная выборка, и, следовательно, продолжительное измерение сигналов, что не всегда возможно в силу изменчивости параметров процесса транспортировки жидкости [3].

Список использованных источников

1. Каневский И. Н. Неразрушающие методы контроля: учеб. Пособие / И. Н. Каневский, Е. Н. Сальникова. – Владивосток, Изд-во ДВГТУ, 2007 – 243 с.
2. Фаерман В.А., Аврамчук В.С. Обзор современных корреляционных теческателей // МСИТ 2012: Труды X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых - Томск: ТПУ, 2012. – С. 256-258.
3. Патент на изобретение РФ №2138037. Способ обнаружения коррозионных дефектов в трубопроводах водоснабжения.
4. Фирсов А. А., Терентьев Д. А. Алгоритм повышения точности локации при корреляционном теческании, основанный на анализе функции фазы взаимного спектра // Контроль. Диагностика. – 2014. - № 8. – С.23-27.
5. Аврамчук В.С., Чан Вьет Тъяу. Частотно-временной корреляционный анализ цифровых сигналов // Известия Томского политехнического университета. – 2009. –Т. 315. – № 5. – С. 112–115.
6. Кулаичев А.П. Об информативности когерентного анализа // Журнал высшей нервной деятельности. – 2009. – Т. 59 - № 6 - С. 766-775.
7. Рандалл Р.Б. Частотный анализ. - Копенгаген:
8. Брюль и Къер, 1989. - 389 с.

ПРИМЕНЕНИЕ КОГЕРЕНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОЙ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ

В.А. Фаерман

Научный руководитель: Аврамчук В.С.
Томский Политехнический Университет

fcsevladfaerman@gmail.com

Одной из важнейших проблем цифровой обработки сигналов (ЦОС) является установление степени линейной взаимосвязи между двумя выборками отсчетов дискретизированных сигналов. Определения степени взаимосвязи требуют такие задачи (ЦОС) как прием зашумленного сигнала, оценка эффективности цифровой фильтрации, идентификация технических объектов и другие [1].

В частности, для выявления характера схожести сигналов во временной области находит применение корреляционный анализ. На практике [2], корреляционная функция двух оцифрованных сигналов, представленных последовательностями $s_A(i)$, $s_B(i)$ $i = 0, 1, 2, \dots, N - 1$ вычисляется согласно

$$r_{AB}(j) = \frac{1}{N_0} \cdot F_D^{-1} [F_D^*(s_A(i)) \cdot F_D(s_B(i))], \quad (1)$$

где $F_D(\cdot)$ - оконное дискретное преобразование Фурье (ДПФ); $F_D^*(\cdot)$ - комплексно-сопряженное представление результатов оконного дискретного преобразования Фурье; N_0 - ширина окна преобразования [1].

Для ускорения производимых согласно (1) вычислений, для ДПФ используют алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ), что накладывает ограничение на N_0 [3]. Другим фактором ограничивающим ширину окна является объём памяти ЭВМ производящей вычисления. В связи с этим, как правило, приемлемая ширина окна (N_0) оказывается значительно меньшей по сравнению с объёмом имеющейся выборки сигналов (N), то есть имеет место соотношение $N_0 \ll N$. В таком случае, для того, чтобы задействовать при анализе как можно больший объём имеющихся данных, всю выборку разбивают на Q последовательных интервалов шириной N_0 , в соответствии с соотношением $Q = \text{floor}\left(\frac{N}{N_0}\right)$.

где $\text{floor}(\cdot)$ - обозначение целочисленного деления с округлением в меньшую сторону. Далее для каждого из Q интервалов производится вычисление корреляционной функции согласно (1), а результирующая функция получается усреднением:

$$r_{AB}(j) = \frac{1}{Q \cdot N_0} \sum_{q=0}^{Q-1} F_D^{-1} [F_D^*(s_A(i)) \cdot F_D(s_B(i))]. \quad (2)$$

Стоит отметить, что для применения (2), частотные характеристики сигналов не должны значительно изменяться [2], в течение всего времени

наблюдения $T = \Delta \cdot N$, где Δ - интервал дискретизации.

Известным недостатком корреляционного анализа осуществляемого с помощью (1) или (2) является невозможность извлечения из результирующей функции информации о частотной локализации взаимозависимых составляющих исследуемых сигналов. Для установления взаимосвязанности сигналов в частотной области находит применение когерентный анализ.

Функция когерентности получила распространение в 20-ом веке как аналог функции корреляции Пирсона в частотной области [1]. Для получения функции когерентности находили применение различные выражения, различающиеся способом усреднения спектров в числителе и знаменателе, наиболее распространенным из которых [4] в настоящее время является

$$\gamma^2(k) = \frac{\left| \sum_{q=0}^{Q-1} P_{ABq}(k) \right|^2}{\sum_{q=0}^{Q-1} P_{AAq}(k) \sum_{q=0}^{Q-1} P_{BBq}(k)}, \quad (3)$$

где $\gamma^2(k)$ - квадрат функции когерентности; $P_{AB}(k)$, $P_{AA}(k)$, $P_{BB}(k)$ - соответственно взаимный мгновенный спектр и собственные мгновенные спектры сигналов, которые могут быть получены по формулам приведенным далее:

$$P_{AB}(k) = F_D^*(s_B(i)) \cdot F_D(s_A(i))$$

$$P_{AA, BB}(k) = \left| F_D(s_{A, B}(i)) \right|^2.$$

Квадрат функции когерентности принимает значения в диапазоне $[0, 1]$ и отражает степень линейной взаимосвязи гармонических компонент анализируемых сигналов. Таким образом, корреляционный и когерентный анализ взаимодополняют друг друга и часто применяются совместно при решении практических задач [4].

В [5] был предложен альтернативный способ корреляционного анализа, позволяющий не только обнаруживать взаимную связь сигналов во временной области, но и определять диапазон частот, в котором она наблюдается. Данный метод получил название частотно-временного корреляционного анализа.

Получение частотно-временной корреляционной функции, сводится к вычислению корреляционных функций для M различных частотных интервалов сигналов, что может быть упрощенно представлено в виде последовательности действий [5]:

$$I: P_{AB}(k) = X_B^*(k) \cdot X_A(k);$$

II: $B_k^m = P_{AB}(k) \cdot w_k^m$, где w_k^m - оконная функция, определенная следующим образом

$$w_k^m = \begin{cases} 1, & \frac{m}{M} < \frac{k}{K} \leq \frac{m+1}{M} \\ 0, & \frac{m}{M} \geq \frac{k}{K} > \frac{m+1}{M} \end{cases}$$

где $k = 0, 1, 2, \dots, K$, $m = 0, 1, 2, \dots, M-1$, K - количество отсчетов в дискретном спектре сигнала, определяющееся шириной окна ДПФ (при использовании стандартных алгоритмов БПФ $K = 2^{n-1} + 1$); III: $Z^m(j) = \frac{1}{N_0} \cdot F^{-1}[B^m]$; IV: $r^{tf}(m, j) = \frac{1}{Q} \sum_{q=0}^{Q-1} Z^m(j)$.

Примерный вид графика частотно-временной корреляционной функции представлен на рисунке 1. Видно, что частотно-временная корреляционная функция представляет собой поверхность простирающуюся над плоскостью, образованной осями частоты (f , кГц) и задержки (τ , мс) [5]. Несмотря на то, что по виду поверхности может быть определено не только наличие взаимосвязи между сигналами, но и частотный диапазон локализации коррелирующих компонент, метод частотно-временного корреляционного анализа не учитывает информацию о когерентности сигналов.

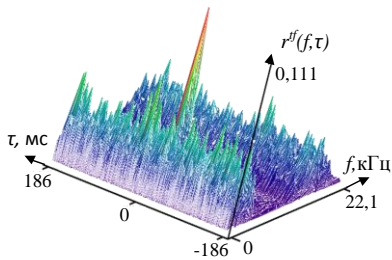


Рис. 1. График частотно-временной корреляционной функции

Для устранения последнего недостатка предлагается осуществлять домножение частотно-временной корреляционной функции на функцию когерентности, тем самым дополнительно выделяя на поверхности частотный интервал, содержащий взаимосвязанные гармонические компоненты сигналов. Для этого удобно представлять значения частотно-временной корреляционной функции в виде матрицы

$$r^{tf}(m, k) = R = \begin{pmatrix} r_{0,0} & \dots & r_{0,k} & \dots & r_{0,K-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m,0} & \dots & r_{m,k} & \dots & r_{m,K-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{M-1,0} & \dots & r_{M-1,k} & \dots & r_{M-1,K-1} \end{pmatrix},$$

а значения функции когерентности в виде вектора

$$\Gamma = (\gamma_0 \quad \dots \quad \gamma_m \quad \dots \quad \gamma_{M-1}).$$

Однако функция когерентности, вычисляемая по (3), содержит K отсчетов, в то время как вектор Γ должен содержать M отсчетов. Причем значение M соответствует количеству различаемых частотных интервалов частотно-временной корреляционной функции и во многом определяет объем производимых при ее вычислении операций. В

связи с этим, можно считать справедливым соотношение $K \gg M$. В связи с этим, элементы вектора Γ нуждаются в вычислениях, которые могут быть произведены согласно выражению

$$\gamma_m = \left[\sum_{k=\underline{k}_m}^{\bar{k}_m} P_{AB}(k) \cdot \sqrt{\gamma^2(k)} \right] / \left[\sum_{k=\underline{k}_m}^{\bar{k}_m} P_{AB}(k) \right],$$

где границы интервала $[\underline{k}_m, \bar{k}_m]$ определяются как $\underline{k}_m = \text{floor}\left(\frac{m \cdot (K-1)}{M}\right)$ и $\bar{k}_m = \text{floor}\left(\frac{(m+1) \cdot (K-1)}{M}\right)$.

С учетом обозначений введенных ранее, выражение для вычисления частотно-временной корреляционной функции учитывающей степень когерентности исследуемых сигналов, примет вид

$$\hat{r}^{tf}(m, k) = \gamma_m \cdot r_{m,k}. \quad (4)$$

График функции полученной с помощью (4) представлен на рисунке 2. При вычислениях использовались те же данные, на основании которых был получен рисунок 1. Сравнивая рисунки можно сделать вывод о том, что функция $\hat{r}^{tf}(m, k)$ более информативна, так как имеет ярче выраженный корреляционный пик и отчетливо выделяющийся участок спектра, содержащий коррелирующие гармонические компоненты сигналов.

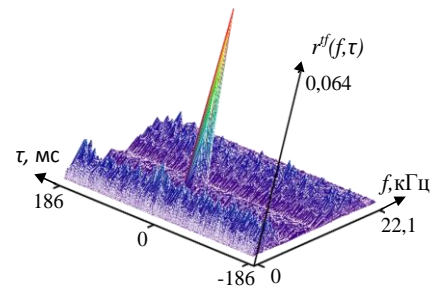


Рис. 2. График частотно-временной корреляционной функции с учетом когерентности

Список использованных источников

1. Марпл мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. - М.: "Мир", - 1990. - 584 с.
2. Аврамчук В. С., Гончаров В. И., Чан Вьет Тъяу. Привлечение информации о частотных свойствах сигналов при корреляционном анализе // Наука и технологии, Миасс, 15-17 июня. - 2010. - С. 69-71.
3. Аврамчук В. С., Лунева Е. Е., Черемнов А. Г. Способы повышения эффективности вычисления быстрого преобразования Фурье // Интернет-журнал «Науковедение» [Электронный ресурс] - 2013. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/16tvn313.pdf> (последнее обращение 14.04.2014)
4. Аврамчук В.С., Чан В. Т., Гончаров В. И. Частотно-временной корреляционный анализ в задачах определения координат утечек в трубопроводах // Известия ТПУ. - 2010. - Т. 317 - С. 70-73.
5. Аврамчук В. С., Чан В. Т. Частотно-временной корреляционный анализ цифровых сигналов // Известия ТПУ - 2009. - № 5. - Т. 315 - С. 112-115.

К РАЗРАБОТКЕ ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ СРЕДЫ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОПУСКАНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ АЭРОЗОЛЬНЫМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ

Рожнёва О.В.

Научный руководитель: Шефер О.В.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
Email: include@tpu.ru

Введение

Различного рода природные и технологические процессы активно влияют на процессы, происходящие в атмосфере. Объектом внимания являются выбросы как естественного, так и антропогенного происхождения [1, 2]. Контролю над аэрозольными загрязнениями, влияющими на здоровье людей и окружающую среду, придают большое значение во многих странах. Оптические методы с применением как наземных, так и аэрокосмических средств, считаются одними из наиболее эффективных методов в изучении атмосферных образований. Определение пропускания оптического излучения полидисперсными средами связано с решением многих задач. К таким задачам относятся: разработка моделей климата, исследование радиационного баланса земля-атмосфера, изучение переноса излучения через атмосферные слои, исследование радиационного выхолаживания и парникового эффекта, дистанционное наблюдение за объектами, анализ данных пассивного и лазерного зондирования водных и атмосферных сред при использовании наземных и космических средств [3, 4].

Численное представление процесса прохождения излучения через полидисперсные среды связано с выполнением трудоемких расчетов. В данной работе рассматриваются основные характеристики модели среды, которые необходимо учитывать при численной имитации пропускания оптического излучения слоистой средой.

Формализм расчетов

Для численного исследования свойств трансформированного излучения, прошедшего через слоистую среду, прежде всего, следует разработать модель отдельной частицы, позволяющую адекватно установить зависимость характеристик светорассеяния от параметров падающего излучения и параметров рассеивателя. Представление моделируемого процесса светорассеяния зависит от формы, размеров и оптических свойств частицы. Решение Ми [5] задачи рассеяния плоской волны на сфере является универсальной. Этот формализм может быть использован при моделировании сред, состоящих как из мелких, так и из крупных частиц, причем их форма может быть не только близкой к сферической, но иметь сложные объемные очертания.

В качестве отдельной частицы рассмотрим частицу сферической формы. Ее размер представляется радиусом a . Комплексный показатель преломления $\tilde{n} = n + i \times \chi$ характеризует оптические свойства частицы, где n определяет преломление, а χ — поглощение частицы.

Формула для расчета ослабления получена на основе оптической теоремы, которая использует интерференционный подход в определении экстинкции, а именно, экстинкция есть интерференция между падающим и рассеянным, в направлении вперед, излучением. В случае скалярных или неполяризованных полей сечение ослабления может быть представлено как

$$S_{\text{ext}} = \frac{4 \cdot \pi}{k^2} \text{Re}(S(0)),$$

где k — волновое число. Амплитудная матрица S размерностью 2×2 при угле рассеяния $\theta=0$ преобразуется в скалярную величину, то есть $S_{ij}=S(0)$. Сечение экстинкции в решении Ми вычисляется по формуле

$$S_{\text{ext}} = \frac{2\pi}{k^2} \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1) \text{Re}(a_n + b_n)$$

где $k = 2\pi/\lambda$, а коэффициенты a_n, b_n определяются через функции Рикки – Бесселя. Их величины зависят от значений показателя преломления \tilde{n} , угла рассеяния, размера частицы R , длины волны падающего излучения λ . Для тестирования расчетных данных требуется выполнение закона сохранения энергии

$$S_{\text{ext}} = S_{\text{sca}} + S_{\text{abs}},$$

где S_{sca} — сечение рассеяния, S_{abs} — сечение поглощения.

Решение Ми для расчета ослабления, кроме условия $R \approx \lambda$, включает в себя и предельные случаи, когда $R \ll \lambda$ и $R \gg \lambda$. Так, для мелких частиц, когда их размеры много меньше длины волны падающего излучения λ , такое рассеяние называют рэлеевским. Если преобладающую роль в экстинкции играет поглощение, то спектр экстинкции меняется как $1/\lambda$, если же доминирует рассеяние, то спектр экстинкции ведет себя как $1/\lambda^4$ и с уменьшением длины волны ослабление увеличивается. В случае, когда размеры частиц много больше длины волны, значение сечения ослабления определяется как $S_{\text{ext}} = 2 \cdot S_{\text{sq}}$. Здесь S_{sq} — площадь геометрической тени частицы в направлении

распространения излучения. Из потока изымается в два раза больше излучения, чем падает на частицу. Ослабление крупной полупрозрачной частицей сферической формы не зависит от оптических свойств рассеивателя.

Известно, что при определении рассеянного поля в направлении вперед, в случае, когда размер частицы одного порядка с длиной волны падающего излучения, важно учитывать краевой эффект. Под «краем» понимают кривую раздела освещенной и неосвещенной частей частицы. Почти касательные лучи, которые отражаются в направлении, близком к направлению вперед, порождают краевой эффект. Вклад краевого эффекта в ослабление сферической частицей может быть определен из соотношения [6]

$$\Delta S_{\text{sp_edge_eff}} = \frac{1.992\ 386}{x^{2/3}} S_{\text{sq}}.$$

Очевидно, что при увеличении размерного параметра x , влияние краевого эффекта снижается.

Моделирование процесса ослабления излучения дисперсной средой обязывает рассматривать коэффициент ослабления. Наиболее простой переход от ослабления одной частицей к ослаблению системой частиц может быть проведен как

$$\alpha_{\text{ext}} = N \cdot \langle S_{\text{ext}} \rangle,$$

где N — концентрация частиц в единице объема, а $\langle S_{\text{ext}} \rangle$ — сечение ослабления, усредненное по ансамблю частиц.

С учетом функции распределения частиц по размерам коэффициент ослабления α_{ext} может быть представлен в интегральной форме, подынтегральная функция которого содержит в качестве множителя сечение ослабления излучения той или иной формы:

$$\alpha_{\text{ext}} = \int_a S_{\text{ext}}(a) \cdot N(a) da,$$

где $N(a)$ — функция распределения частиц по размерам.

При рассмотрении слоистой среды, в состав которой входят частицы различных форм и фракций (пусть количество видов частиц будет m), общий коэффициент ослабления определяется как

$$\alpha_{\text{ext}} = \sum_{i=1}^m \alpha_{\text{ext}}^i,$$

где α_{ext}^i — коэффициент ослабления совокупностью частиц, характеризующихся соответствующим видом (i -ой) формы.

Для расчета функции пропускания среды, содержащей аэрозольные частицы, воспользуемся следующей формулой

$$T = \frac{I_t}{I_1} = \exp(-\alpha_{\text{ext}} \cdot h),$$

где I_t — интенсивность прошедшего излучения, I_1 — интенсивность падающего излучения, h — путь, который проходит излучение в слое.

При изучении тонкой структуры оптических характеристик атмосферных образований важно учитывать особенности трансформации излучения. В зависимости от исследуемого объекта пренебрежение несферичностью при расчете ослабления может привести к различного рода ошибкам. Несферичность частиц, хаотически ориентированных в пространстве, может быть учтена при использовании «концепции эквивалентных объемов частицы и соответствующего шара» с последующим применением коррекционного коэффициента и решения Ми.

Заключение

Для изучения особенностей ослабления лучистой энергии следует рассмотреть модель среды, адекватную исследуемому образованию. Вклад той или иной особенности ослабления может существенно меняться в зависимости от исследуемого образования. Учет несферичности частиц, параметров распределения частиц по размерам и их оптических свойств является необходимым при изучении ослабления полидисперсными средами, в состав которых входят частицы различных размеров и форм.

Литература

1. Войцеховская О.К., Голубь И.В., Запругаев А.Ю., Шефер О.В. Влияние микрофизических параметров аэрозольных частиц в атмосфере на ослабление излучения ИК диапазона // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, Москва: МАИК-НАУКА, 2010. Т. 46. №1. С. 63-68.
2. Shefer O.V., Popov A.A. Extinction and small angle scattering by thin plate crystals // J. Applied Optics. 2010. V.49. N 8. P.1434-1445.
3. Войцеховская О.К., Шефер О.В., Каширский Д.Е., Харапудченко Е.А. Влияние аэрозольной сажевой компоненты на функцию пропускания выхлопов двигателей // Известия вузов. Физика. 2013. Т. 56. № 9/2. С. 46-48.
4. Shefer O. Numerical study of extinction of visible and infrared radiation transformed by preferentially oriented plate crystals // J. Quant. Spectr. Rad. Trans. 2013. V.117. P.104-113.
5. Борен К., Хафмен Д. Поглощение и рассеяние света малыми частицами.: М. Мир. 1986. 660 с.
6. P. Yang, L. Bi, B.A. Baum, K-N. Liou, G.W. Kattawar, M.I. Mishchenko, and B. Cole, "Spectrally Consistent Scattering, Absorption, and Polarization Properties of Atmospheric Ice Crystals at Wavelengths from 0.2 to 100 μm ," J. of the Atm. Sciences, vol. 70, pp. 330- 347, 2013.

Работа выполнена за счет средств субсидии в рамках реализации Программы повышения конкурентоспособности ТПУ.

ОБНАРУЖЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ СКАЧКОВ ЦЕН РИСКОВЫХ АКТИВОВ ПРИ ВНУТРИДНЕВНОЙ ТОРГОВЛЕ

Даутбаева В. Р.

Научный руководитель: Крицкий О. Л.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: valera_anime@mail.ru

Введение

Цель данной работы: обнаружение статистически значимых скачков цен рискованных активов при внутридневной торговле.

Анализ эмпирических данных

Было проведено исследование внутридневных приращений акций десяти российских компаний, входящих в индекс ММВБ-10: ОАО «Газпром», ОАО «ГМК «Норильский Никель», ОАО «ЛУКОЙЛ», ОАО «Магнит», ОАО «Мобильные ТелеСистемы», ОАО «Новатэк», ОАО «НК «Роснефть», ОАО «Сбербанк России», ОАО «Сбербанк России - п», ОАО «ВТБ». За период с 9 мая по 9 августа 2014 года.

Дальнейший ход работы будет представлен на примере одной из десяти перечисленных выше акций, а именно на примере акций ОАО «ВТБ».

На рисунке 1 представлены котировки акций ОАО «ВТБ» за период с 9 мая по 9 августа 2014 года.

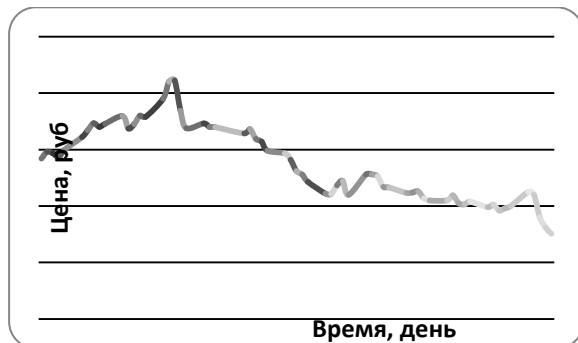


Рис. 1. Котировки акций ОАО «ВТБ» за период с 09.05.14 по 09.08.14

Периодичность данных составила 60 минут, 30 минут и 15 минут. Для каждого из периодов были рассчитаны соответствующие внутридневные приращения по формуле 1,

$$r_{i,t,j} = p_i(t-1+j/M) - p_i(t-1+(j-1)/M), j=1,2,\dots,M \quad (1)$$

затем была вычислена реализованная вариация по формуле 2

$$RV_{i,t} = \sum_{j=1}^M r_{i,t,j}^2 \quad (2)$$

и так же был вычислен показатель квадратичной вариации по формуле 3,

$$BV_{i,t} = \mu_1^{-2} \left(\frac{M}{M-1} \right) \sum_{j=2}^M |r_{i,t,j}| |r_{i,t,j-1}| \quad (3)$$

где $\mu_1 = \sqrt{2/\pi} \approx 0.7979$

Таким образом, вклад в полную вариацию может быть оценен показателем относительного скачка и вычислен по формуле 4.

$$RJ_{i,t} = \frac{RV_{i,t} - BV_{i,t}}{RV_{i,t}} \quad (4)$$

Выдвигая статистическую гипотезу о наличии хотя бы 1 скачка и принимая во внимание нормальный закон распределения z-статистики, было оценено количество дней, в которых наблюдались значимые всплески цен активов.

Тестовая статистика рассчитывалась по формулам 5, 6. [1]

$$z_{i,t} = \frac{RJ_{i,t}}{\sqrt{(v_{bb} - v_{qq}) \frac{1}{M} \max\left(1, \frac{TP_{i,t}}{BV_{i,t}^2}\right)}}, \quad (5)$$

где $v_{qq} = 2$, $v_{bb} = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 + \pi - 3 \approx 2.6090$,

$$TP_{i,t} = \mu_{4/3}^{-3} M \left(\frac{M}{M-2} \right) \sum_{j=3}^M |r_{i,t,j}|^{4/3} |r_{i,t,j-1}|^{4/3} |r_{i,t,j-2}|^{4/3} \quad (6)$$

$$\mu_{4/3} = 2^{2/3} \Gamma\left(\frac{7}{6}\right) / \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \approx 0.8309$$

В таблице 1 вы можете видеть количество дней, в которых наблюдались значимые всплески цен активов для каждого из периодов.

Таблица 1.

Количество дней со всплесками цен активов
(из 63 возможных)

	60 минут	30 минут	15 минут
1. Газпром	6	14	23
2. НорНикель	7	12	19
3. ЛУКОЙЛ	3	17	24
4. Магнит	11	20	31
5. МТС	5	11	22
6. НоваТэк	12	19	28
7. Роснефть	14	22	36
8. Сбербанк	2	10	17
9. Сбербанк - п	2	8	16
10. ВТБ	8	17	25
11. ММВБ - 10	9	18	24

Анализируя данные в таблице 1, можно сделать вывод, что с увеличением длины временного интервала уменьшается количество арбитражных возможностей.

Далее проводим статистическую проверку гипотез о наличии хотя бы 1 значимого скачка внут-

ри торгового дня на примере акций ОАО «ВТБ» для периодов в 60, 30 и 15 минут.

Синей сплошной линией отмечены значения z – статистики, красной линией критическое значение z – статистики с вероятностью 0,95.

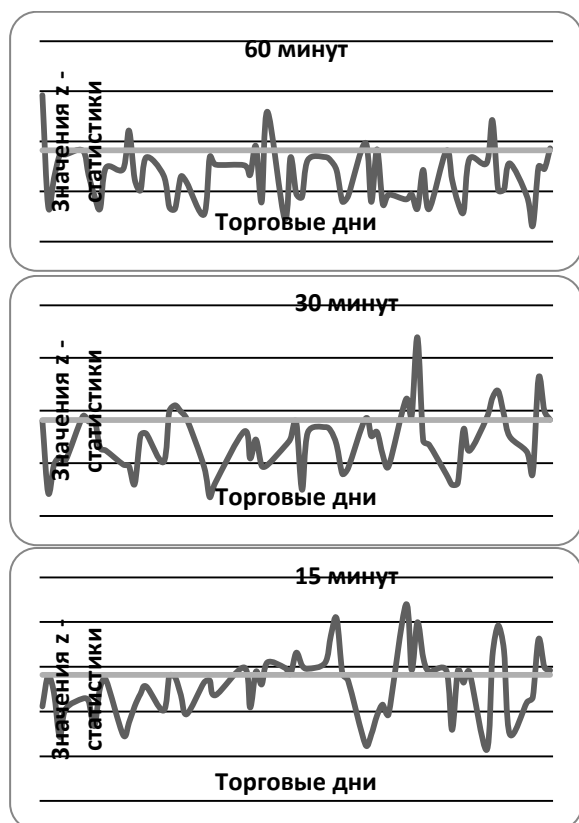


Рис. 2 - 4. Значения z -статистики для акций компании ОАО «ВТБ» на различных временных интервалах: пятнадцать минута, полчаса и час

Анализ рисунков 2 – 4 показывает увеличение числа значимых величин статистики при уменьшении временного интервала. Что подтверждает полученный вывод при анализе Таблицы 1.

В Таблице 2 приведены величины скачков и их количества для акций компании ОАО «ВТБ» на рассматриваемых интервалах времени.

Таблица 2.

Распределение величин скачков для различных временных интервалов для акций ОАО «ВТБ»

	15 мин	30 мин	60 мин
Размер скачка	Количество скачков	Количество скачков	Количество скачков
Общее количество	2259	1130	567
Без изменений	530	344	121
< 0,1	348	129	74
0,1 – 0,3	521	271	126

0,3 – 0,5	660	299	183
0,5 – 0,7	196	83	60
0,7 <	4	4	3

Основываясь на таблице 2 можно отследить среднюю величину скачка и среднюю доходность акций. Значения для акции ОАО «ВТБ» приведены в Таблице 3.

Таблица 3.

Средние величины скачков и доходностей для акций компании ОАО «ВТБ»

	15 мин	30 мин	60 мин
Средняя величина скачка, %	0,22	0,23	0,24
Общее количество скачков	2259	1130	567
Средняя доходность за весь период, %	497	260	136

Анализ таблицы 3 показывает, что с увеличением длины временного интервала наблюдается увеличение средней величины скачка, однако средняя доходность снижается.

Данная работа была проделана для всех остальных 9 эмитентов, входящих в индекс ММВБ - 10.

Дальнейшим действием стало сравнение между отдельными эмитентами входящими в ММВБ – 10 с индексом ММВБ – 10. В ходе данного сравнения для индекса ММВБ – 10 так же были выявлены внутридневные скачки, с помощью статистической методологии, оценено количество скачков, что позволило выявить арбитражные возможности для инвесторов, для получения дополнительной прибыли на фондовом рынке, проверены статистические гипотезы о наличии резких изменений внутри торговых дней при расчетах на временных интервалах различной длины, вычислены средние скачки, а также средние доходности за рассматриваемые периоды.

Заключение

На основе данной работы можно сделать вывод: что наиболее выгодным решением является вложение в отдельные эмитенты, входящие в индекс ММВБ – 10, а именно наиболее ликвидными являются акции «Роснефть», «Новатэк» и «Магнит». Наименее ликвидными являются «Сбербанк», «Сбербанк – п» и «Лукойл».

Литература

1. Tim Bollerslev, Tzuo Hann Law, George Tauchen. Risk, jumps, and diversification. — Journal of Econometrics 144 (2008) 234–256.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕХОДА К ОБЛАЧНЫМ ИТ-СЕРВИСАМ

Разумников С.В., Лунегов В.Ю.

Научный руководитель: Захарова А.А., к.т.н., доцент

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
demolove7@inbox.ru

Введение

За последние несколько лет в отрасли информационных технологий (ИТ) получила развитие новая парадигма – облачные вычисления.

Облачные вычисления – это комплексное решение, предоставляющее ИТ-ресурсы в виде сервиса [1]. Они обещают несомненные преимущества для производственных приложений [2, 3, 4].

Но как узнать, подходит ли корпоративное приложение для работы в облаке, будет ли оно эффективным?

Существуют различные аспекты (с точки зрения бизнеса, технологии, рисков), которые могут сильно влиять на общий успех эффективного перехода к облачным вычислениям на предприятии; это означает, что не существует единого для всех ответа на вопрос, подходит ли приложение для работы в облаке. Каждое предприятие должно оценить свой набор используемых приложений, основываясь на своих собственных бизнес-требованиях, технологической стратегии и готовности рисковать.

Оценочный подход

На рис. 1. представлена функциональная модель принятия решения о переходе в облако.

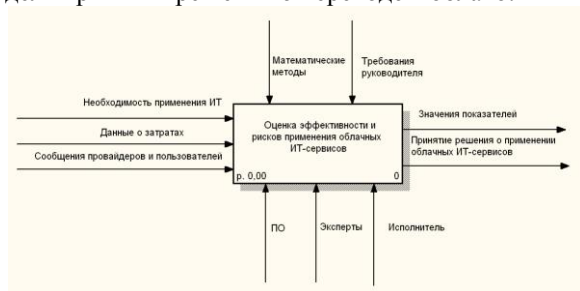


Рис. 1. Функциональная модель оценки эффективности применения облачных ИТ-сервисов

Предлагается подход к оценке используемых корпоративных приложений для определения их эффективности для работы в облаке. Он основан на методике анализа иерархий (АНР) [5].

Предлагаемый подход представляет собой многомерную статистическую оценку. Корпоративные приложения оцениваются в трех измерениях: бизнес-ценность, техническая возможность, степень риска.

Каждое из этих измерений имеет решающее

значение для принятия положительного или отрицательного решения относительно переноса приложений в облако. Оценка приложения в каждом из этих измерений представляет собой многофакторный анализ решений.

На рис. 2. продемонстрирован оценочный подход в виде блок-схемы.

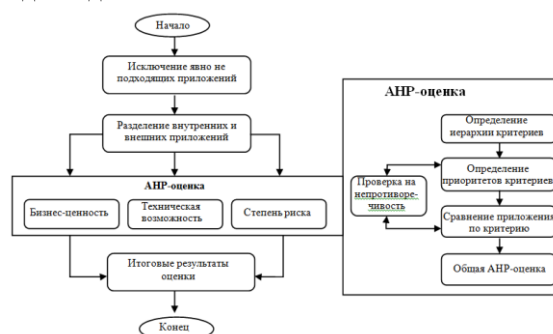


Рис. 2. Блок-схема оценки готовности набора используемых приложений к работе в облаке

Методы, используемые в АНР, определяют относительный приоритет для данного набора критериев по определенной шкале.

Оценка с использованием АНР

Каждое из представленных измерений (бизнес-ценность, техническая возможность и степень риска) имеет несколько критериев; они в свою очередь могут иметь несколько уровней модульных подкритериев. На данный момент разрабатывается иерархия критериев для всех трех измерений. На рис. 3 показано схематическое представление АНР для оценки технической возможности работы в облаке.

Критерии, принадлежащие различным измерениям, структурированы в иерархию уровней в соответствии с концепцией АНР. Критерии и подкритерии могут быть как количественными, так и качественными. Например, "Количество внешних систем" – это количественный критерий, а "Четко определенная точка интеграции" – качественный.

Различным критериям присваиваются относительные приоритеты от 1 до 9 в соответствии с АНР-шкалой.

Сначала определяются приоритеты для критериев, а затем для индивидуальных подкритериев каждого критерия. Сумма приоритетов индивидуальных критериев в определенном уровне норми-

руется на единицу.



Рис. 3. Схематическое представление АНР для оценки технической возможности работы в облаке

Согласно методологии АНР рассчитывается список относительных приоритетов и коэффициент непротиворечивости (индекс согласованности).

Общий АНР-балл приложения для измерения рассчитывается как сумма произведения его относительного приоритета по каждому критерию и относительного приоритета соответствующего критерия:

$$S_x = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N_i} (P_i) * (p_{ij}) * (s_{ijx})$$

где: S_x – АНР-балл для x -го приложения;
 M – число групп критериев;
 N_i – число элементов в i -ой группе критериев;
 P_i – значение приоритета i -ой группы критериев;
 p_{ij} – значение приоритета j -го критерия, принадлежащего i -ой группе критериев;
 s_{ijx} – балл сравнения x -го приложения по j -му критерию в i -ой группе критериев.

После выполнения АНР-оценки для всех трех измерений баллы приложений можно сопоставить в матрице решений. Группа в верхней части матрицы будет наиболее подходить для развертывания в облаке; каждая последующая группа будет менее эффективна для миграции в облако. Матрица даст целостное представление о результатах переноса в облако различных корпоративных приложений для разных измерений и поможет в принятии обоснованного решения.

На основе предложенной модели разрабатывается программное обеспечение в среде 1С: Предприятие 8.2. На рис. 4 представлено диалоговое окно системы.

Заключение

При использовании облачных систем всегда существует проблема безопасности данных, их доступности и злонамеренными действиями, затрудняющими вычислительные процессы. Однако при тщательном продумывании плана, методологии выбора поставщика сервиса и при трезвом подходе к общему управлению рисками большинство компаний может благополучно использовать преимущества данной технологии.

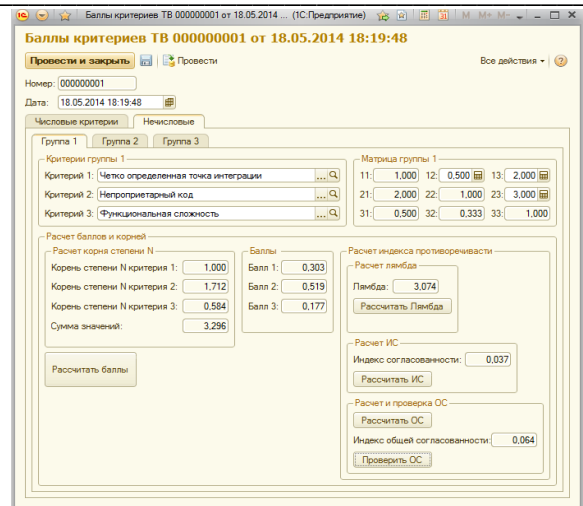


Рис. 4. Документ «Баллы Критериев ТВ».

Поскольку облачные вычисления привносят определенные проблемы и риски, каждое предприятие, прежде чем отправляться в облака, должно оценить свой набор приложений, основываясь на своих бизнес-требованиях, технологической стратегии и готовности рисковать.

Создаваемая конфигурация 1С: Предприятие данной предметной области позволяет оценить эффективность корпоративных приложений для миграции в «облачные сервисы», помогает выбрать наиболее пригодное с точки зрения эффективности корпоративное приложение на основе оценок, полученных с помощью метода анализа иерархий.

Литература

1. Разумников С. В. Анализ существующих методов оценки эффективности информационных технологий для облачных ИТ-сервисов [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2013 - №. 3. - С. 1. - Режим доступа: www.science-education.ru/109-9548.
2. Разумников С. В. Анализ возможности применения методов Octave, RiskWatch, Cramm для оценки рисков ИТ для облачных сервисов [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2014 - №. 1. - С. 1. - Режим доступа: <http://www.science-education.ru/115-12197>.
3. Chernysheva T.Y. Preliminary risk assessment in it projects // Applied Mechanics and Materials. – 2013 – Vol. 379. – p. 220-223.
4. Razumnikov S.V. Assessing efficiency of cloud-based services by the method of linear programming // Applied Mechanics and Materials. - 2013 - Vol. 379. - p. 235-239.

Силич В.А., Силич И.П. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие. – Томск: Томский политехнический университет, 2010. – 281 с.

DETECTION OF A STATISTICALLY SIGNIFICANT JUMP IN PRICES OF RISKY ASSETS IN INTRADAY TRADING

Dautbayeva V. R.
Supervisor: Kritski O. L.
Tomsk Polytechnic University
634050, Russia, Tomsk, Lenin Avenue 30
E-mail: valera_anime@mail.ru

Introduction

The aim of this work: detection of statistically significant jumps in prices of risky assets in intraday trading.

Analysis of empirical data

The study of intraday increments of shares of 10 Russian companies in the MICEX-10 was conducted. These are OAO "Gazprom", OJSC "MMC" Norilsk Nickel", OAO "LUKOIL", OJSC "Magnit", OJSC "Mobile TeleSystems, OJSC "Novatek" JSC "NK Rosneft", OJSC "Sberbank of Russia", JSC "Sberbank of Russia - n", JSC "VTB". During the period from May 9 to August 9, 2014.

Further progress will be presented on the example of one of the ten stocks listed above, namely, the example of the shares of OJSC "VTB".

Figure 1 shows the share prices of OJSC "VTB" for the period from May 9 to August 9, 2014.

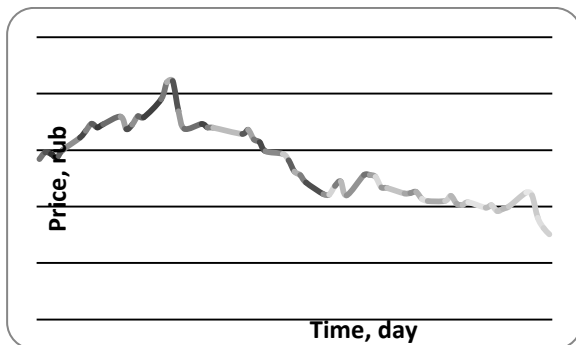


Fig. 1. Shares of OJSC "VTB" for the period from 05/09/14 to 09/08/14

Frequency of data was 60 minutes, 30 minutes and 15 minutes. For each period, intraday corresponding increments were calculated in accordance with formula 1,

$$r_{i,t,j} = p_i(t-1+j/M) - p_i(t-1+(j-1)/M), j=1,2,\dots,M \quad (1)$$

then the realized variation was calculated in accordance with formula 2

$$RV_{i,t} = \sum_{j=1}^M r_{i,t,j}^2 \quad (2)$$

and as component quadratic variation was calculated according to formula 3,

$$BV_{i,t} = \mu_1^{-2} \left(\frac{M}{M-1} \right) \sum_{j=2}^M |r_{i,t,j}| |r_{i,t,j-1}|, \quad (3)$$

where $\mu_1 = \sqrt{2/\pi} \approx 0.7979$

Thus, the contribution to the total variation can be assessed by the indicator of the relative jump and calculated by formula 4.

$$RJ_{i,t} = \frac{RV_{i,t} - BV_{i,t}}{RV_{i,t}} \quad (4)$$

In advancing the statistical hypothesis about the availability of, at least, one jump, and taking into account the normal distribution of z-statistic, number of days was assessed, in which there were a significant spikes in the price of assets.

Test statistic calculated by the formula 5, 6 [1]

$$z_{i,t} = \frac{RJ_{i,t}}{\sqrt{(v_{bb} - v_{qq}) \frac{1}{M} \max\left(1, \frac{TP_{i,t}}{BV_{i,t}^2}\right)}}, \quad (5)$$

where $v_{qq} = 2$, $v_{bb} = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 + \pi - 3 \approx 2.6090$,

$$TP_{i,t} = \mu_{4/3}^{-3} M \left(\frac{M}{M-2} \right) \sum_{j=3}^M |r_{i,t,j}|^{4/3} |r_{i,t,j-1}|^{4/3} |r_{i,t,j-2}|^{4/3} \quad (6)$$

$$\mu_{4/3} = 2^{2/3} \Gamma\left(\frac{7}{6}\right) / \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \approx 0.8309$$

Table 1 shows the number of days in which there were a significant spikes in the price of assets for each of the periods.

Table 1.

Number of days with slashes of asset prices (out of 63 possible)

	60 minutes	30 minutes	15 minutes
12. Gazprom	6	14	23
13. NorNickel	7	12	19
14. LUKOIL	3	17	24
15. Magnit	11	20	31
16. MTS	5	11	22
17. NovaTek	12	19	28
18. Rosneft	14	22	36
19. Sberbank	2	10	17
20. Sberbank - p	2	8	16
21. VTB	8	17	25
22. MICEX - 10	9	18	24

Analyzing the data in Table 1, it can be concluded that with an increase in the length of the time interval decreases the number of arbitrage opportunities.

Next we perform statistical hypothesis testing on the presence of at least one significant jump in the trading day on the example of the shares of OJSC "VTB" for periods of 60, 30 and 15 minutes.

Values z - statistics are marked by blue solid line, the critical value of z - statistic with a probability of 0.95 are marked by red line.

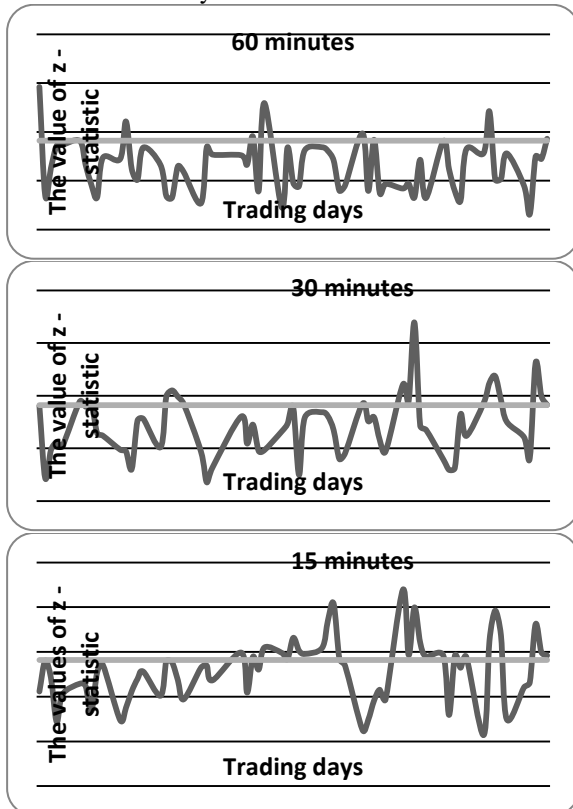


Fig. 2 – 4, values of z -statistics for the company shares of JSC "VTB" at different time intervals: fifteen minutes, half an hour and an hour

Analysis of Figure 2 - 4 shows the increase in the number of significant quantities of statistics with decreasing time interval. It confirms the conclusion obtained in the analysis of Table 1.

Table 2 shows the jumps and their quantities for the company shares of JSC "VTB" in the concerned period.

Table 2.

The distribution of shocks for different time intervals for the shares of OJSC "VTB"

	15 min	30 min	60 min
The size of the jump	The number of jumps	The number of jumps	The number of jumps
Total number	2259	1130	567
No change	530	344	121
< 0,1	348	129	74
0,1 – 0,3	521	271	126

0,3 – 0,5	660	299	183
0,5 – 0,7	196	83	60
0,7 <	4	4	3

Based on Table 2 it is possible to track the average magnitude of the jump and the average stock returns. The values for the shares of OJSC "VTB" are shown in Table 3.

Table 3.

Mean values of jumps and yields for stocks of OJSC "VTB"

	15 min	30 min	60 min
The average size of the jump, %	0,22	0,23	0,24
Total number of jumps	2259	1130	567
The average yield for the whole period, %	497	260	136

Analysis of Table 3 shows that with increasing of length of the time interval, increase in the average size of the jump is observed, but the average yield is reduced.

This work has been done for all the other 9 issuers included in the MICEX index - 10.

Further action was the comparison between individual issuers included in the MICEX - 10 with the MICEX index - 10. In the course of this comparison for the MICEX index - 10 intraday jumps were identified, using statistical methodology. The number of jumps were estimated, which revealed arbitrage opportunities for the investors, for more profit in the stock market. Statistical hypothesis that abrupt changes in trading days in the calculations at time intervals of different lengths was updated. The average jumps and the average yield for the periods were calculated.

Conclusion

On the basis of this study we can conclude that the most effective solution is to invest in individual issuers included in the MICEX index - 10, and it is the most liquid shares of "Rosneft", "Novatek" and "Magnet". The least liquid are "Sberbank", "Sberbank - n" and "Lukoil".

Literature

Tim Bollerslev, Tzuo Hann Law, George Tauchen. Risk, jumps, and diversification. — Journal of Econometrics 144 (2008) 234–256.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИДЕНТИФИКАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ЛАНДШАФТНОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ ПОМЕХ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ

А.А. Афанасьев, А.В. Замятин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

afanasyeva@tpu.ru

Введение

Методы *идентификации изменений ландшафта* направлены на измерение произошедших изменений тех или иных характеристик в исследуемой области по разновременным данным аэрокосмической съемки [1]. Эти методы находят применение в различных задачах аэрокосмического мониторинга, требующих с высокой достоверностью зафиксировать произошедшие изменения ландшафта (например, факт обезлесения, урбанизации, последствий землетрясения или наводнения и т.п.). Постоянно ведётся поиск новых средств и методов идентификации изменений, а также способов совершенствования существующих, позволяющих получать результат максимально точно и оперативно [1,2]. Одним из подходов, увеличивающих адекватность таких методов является комбинированное использование нескольких методов. Такие комбинированные методы идентификации называют *гибридными* [2]. Главным образом влияние, на адекватность методов идентификации изменений ландшафта оказывают различного рода помехи (как естественного характера, так и вносимого используемым съемочным оборудованием). Некоторые искажения при обнаружении значимых изменений возникают из-за разности в калибровке съемочного оборудования, сбоя электроники, помех при передаче изображений, а также условий съемки, таких как состояние атмосферы, азимут и высота солнца над горизонтом, влажность почвы и других факторов. Однако, как правило, вопросам влияния помех на результаты идентификации изменений должного внимания не уделяется. Всё это позволяет сделать вывод о необходимости развития подходов к построению адекватных и устойчивых гибридных методов идентификации изменений ландшафта, в условиях различных типов помех и дефицита информации о ландшафте исследуемой территории.

Процедура идентификации изменений

Исходными данными для типовой задачи идентификации изменений являются два разновременных аэрокосмических изображения (АИ) одного и того же фрагмента ландшафта, представленных в виде трехмерных массивов $I_{1,2} = \{i_{1,2,xyz}, x = 1..N, y = 1..W, z = 1..M\}$, где N и W – число элементов в строках и столбцах исходных АИ, а M – число диапазонов/каналов изображения.

Процесс идентификации изменений в общем случае, как правило, проходит в пять этапов:

Формирование I_1 и I_2 с помощью предварительной обработки исходных АИ (геометрической, радиометрической, атмосферной и топографической (если анализируется горная местность) коррекций).

Формирование разностного изображения D применением одного из методов разностного анализа. В результате его применения получаем трёхмерную матрицу $D = \{d_{xyz}\}$, в каждой ячейке которой находится значение, показывающее степень изменения.

Определение порогового значения τ , разделяющего величину изменений, признаваемых значимыми и незначимыми. Величина порога τ определяется либо экспертом, либо с помощью специальных функций, например методом Отцу, Китлера-Иллингворта, Капура, Янни.

Формирование итоговой матрицы изменений $B = \{b_{xy}\}$, с помощью порога τ , где $b_{xy} = 1$ означает наличие значимого изменения (в смысле некоторого порогового значения или функции) в данной точке, а $b_{xy} = 0$ – отсутствие такового.

Оценка качества идентификации изменений по данным наземных наблюдений и других данных.

Методы идентификации изменений

Известно множество различных методов идентификации изменений ландшафта и их модификаций. Тем не менее, на практике существенно чаще других применяют лишь некоторые из них. В нашем исследовании используется 7 таких методов, наиболее часто используемых на практике, и условно называемых ввиду отсутствия устоявшейся русскоязычной терминологии *разность* (англ. – *Image Difference, ID*), *отношение* (англ. – *Image Rationing, IR*), *векторный анализ* (англ. – *Change Vector Analysis, CVA*), *главных компонент* (англ. – *Principal Component Analysis, PCA*), метод Пирсона (англ. – *Pearson, PRSN*), *хи-квадрат* (англ. – *Chi-Square, CS*), метод *независимых компонент* (англ. – *Independent Component Analysis, ICA*).

Экспериментальные исследования

Постановка задачи. Проведенные эксперименты должны выявить, какие методы идентификации изменений (типовые и гибридные) позволяют получить более точный результат идентификации изменений ландшафта в условиях наличия в исходных данных помех различных типов. Для экс-

периментов используем набор АИ с различной ландшафтно-классовой структурой. Источником данных выбран космический аппарат Landsat ETM+. Для оценки качества работы методов идентификации изменений в условиях помех внесем изменения известной величины, а также помехи. Формирование тестовых исходных пар данных путём внесения изменений позволит точно оценить качество выполненного разностного анализа, так как априори известна эталонная карта изменений. Используем следующие виды помех: *градиент*, *общее изменение яркости*, *пропорциональное изменение яркости* или «*соль и перец*». Искажения *общее изменение яркости*, *пропорциональное изменение яркости* и *градиент* отражают (имитируют) разницу в калибровке датчиков съёмочного оборудования, а также освещении и состоянии атмосферферы на момент съёмки. Помеха «*соль и перец*» отражает возможное появление шумов из-за сбоев оборудования и помех при передаче данных съёмки. Искажение *пропорциональное изменение яркости* является мультипликативным, остальные аддитивны.

Оценим качество результатов методов идентификации изменений при помощи широко используемого критерия – Каппа индекс согласия (*Kappa Index of Agreement, KIA*).

Будем применять как комбинации на уровне процедуры, так и комбинации на уровне результатов. Получим следующие комбинации методов идентификации изменений на уровне процедуры: PCA-IR, PCA-CS, PCA-PRSN, PCA-CVA, ID-PCA, IR-PCA, CS-PCA. Для объединения результатов используем следующие методы: конъюнкция(&), дизъюнкция(!) и сложение вероятностей(\$). Выполним объединение результатов методов идентификации изменений (включая комбинации на уровне процедуры) попарно приведёнными способами для получения всех возможных комбинаций.

Результаты исследований

В результате комбинирования получено 650 гибридных методов, поэтому в качестве иллюстрации приведём лишь диаграммы с лучшими результатами комбинированных методов и простых методов идентификации изменений.

В общем при всех видах помех лучшие результаты показали именно гибридные методы. Преимущество гибридных методов особенно заметно при помехах *градиент* (рис. 1а) и *пропорциональное изменение яркости* (рис. 1в). Среди лучших гибридных методов чаще всего встречается слияние через сложение вероятностей. Только в результатах с помехой *общее изменение яркости* чаще встречается слияние через дизъюнкцию (рис. 1б).

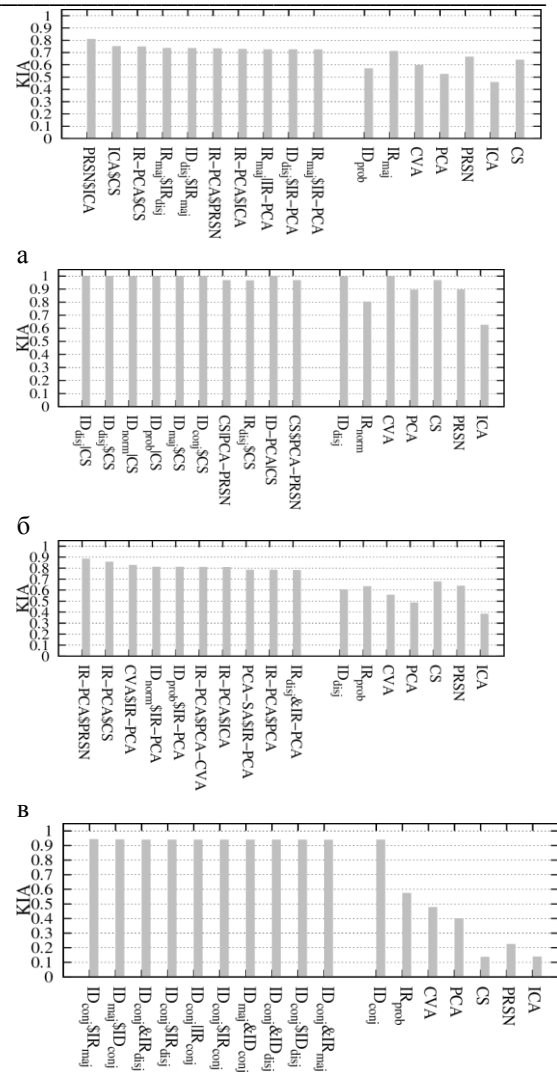


Рис. 1. Примеры результатов оценки качества методов при помехах различных видов и интенсивности: а) градиент, б) общее в) пропорциональное изменение яркости, г) «соль и перец».

Заключение

Применение гибридных методов идентификации изменений является одним из перспективных подходов к идентификации изменений ландшафта, качество результата при использовании данных с различными характеристиками и помехами, а также упрощающих возможности автоматизированного решения этой задачи.

Список литературы

1. Lu D., Mausel P. Change detection techniques // *Remote sensing*. – 2004. – V. 25. – № 20. – P. 2365-2407.
2. Hussain, M., et al. Change detection from remotely sensed images: from pixel-based to object-based approaches // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 2013. – № 80. –P. 91-106.

РАСЧЁТ НОРМИРОВОЧНОГО МНОЖИТЕЛЯ В МНОГОПРОДУКТОВОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ПРИ ПОСТАВКАХ ДВУХ ВИДОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО СЫРЬЯ С КРАТНОЙ ПЕРИОДИЧНОСТЬЮ

Алимханова Д.А.

Научный руководитель: Крицкий О.Л.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: dada93@mail.ru

Введение

Важнейшим аспектом финансово - хозяйственной деятельности любого предприятия является эффективное использование материально - производственных запасов.

Нормировочный множитель k определяется как отношение максимума суммарной стоимости запасов Y_{Σ} к сумме их максимальной стоимости Y_{Σ} [1]. Величина нормировочного множителя определяет размер оборотного капитала, инвестируемого в формирование запасов предприятия, и ошибка в оценке нормировочного множителя и, следовательно, в размере оборотного капитала может дорого обойтись предприятию.

Цель данной работы - Рассчитать нормировочный множитель в многопродуктовой модели управления запасами при поставке двух видов товаров с кратной периодичностью. Описание алгоритма расчёта нормировочного множителя на примере.

Таблица 1.

Исходные данные

i	qi	pi	qi*pi	Ti
1.PVC	240 т/мес	170 000 тнг/т	40 800 000 тнг	20 дней
2.МЕЛ	240 т/мес	42 500 тнг/т	10 200 000 тнг	10 дней

qi- объем партии поставки товара вида i в натуральном выражении, pi- цена единицы товара вида i, ден. ед., Ti- периодичность поставок вида i.

Расчет нормировочного множителя. И так, я имею модель, в которой периоды поставок разных видов товаров не равны, но кратны друг другу:

$$T_2=10 \text{ дней}$$

$$T_1=2*10 \text{ дней}=20 \text{ дней} \Rightarrow T_1=2T_2.$$

$$\text{Оптимальное значение нормировочного множителя } K_{2;1}^{(2)} = \frac{Y_{\min \max}}{Y_{\Sigma}} = \frac{(q_1 p_1)^2 + 2q_1 p_1 \times q_2 p_2 + 2(q_2 p_2)^2}{(q_1 p_1 + 2q_2 p_2)(q_1 p_1 + q_2 p_2)} = 1 - \frac{q_1 p_1 \times q_2 p_2}{(q_1 p_1)^2 + 3q_1 p_1 \times q_2 p_2 + 2(q_2 p_2)^2}.$$

Оптимальное значение нормировочного множителя =0,87.

Указанный в скобках верхний индекс нормировочного множителя, равный двум, показывает, что в данной модели рассматриваются два вида това-

ра. Стоимости партий поставок этих товаров имеют произвольные значения и не совпадают. Нижний индекс нормировочного множителя состоит из значений m_1 и m_2 [2]. В нашем случае они соответственно равны 2 и 1, т. е. поставка второго товара имеет периодичность поставки в два раза более частую, чем поставка первого товара. Если минимаксное значение нормировочного множителя выразить через γ_2 , то получим

$$K_{2;1}^{(2)} = 1 - \frac{\gamma_2}{1 + 3\gamma_2 + 2(\gamma_2)^2}.$$

и в этом случае мы получили 0,87.

Это самое лучшее значение нормировочного множителя при заданном соотношении периодов поставки первого и второго товаров, и очевидно оно зависит от соотношения стоимостей партий поставок γ_2 . Оптимальный относительный сдвиг поставки второго товара $\frac{\theta_2}{T_2}=0,89$, а оптимальный относительный сдвиг поставки первого товара =0,11.

Рассчитаем оптимальное значение локального максимума: $46466666,67=4,56 q_1 p_1$.

Аргумент γ_2 может изменяться в интервале от нуля до бесконечности. Если $\gamma_2 = 0$ (второго товара просто нет), то $K = 1$. Если γ_2 стремится к бесконечности, т. е. нет первого товара, при подстановке в выражение для $K_{2;1}^{(2)}$ получим неопределенность вида $K_{2;1}^{(2)} = 1 - \frac{\infty}{\infty}$. Для нахождения ее значения определим

$$\lim_{\gamma_2 \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{\gamma_2}{1 + 3\gamma_2 + 2(\gamma_2)^2} \right) = \lim_{\gamma_2 \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{\frac{1}{\gamma_2} + 3 + 2\gamma_2} \right) = \lim_{\gamma_2 \rightarrow \infty} (1 - 0) = 1.$$

Имеем непрерывную функцию, которая на краях своей бесконечной области определения, а именно, в нуле и бесконечности, равна единице. Это значит, что существует минимум значения данной функции, и необходимо выяснить, при каком значении γ_2 этот минимум достигается. Для определения местоположения абсолютного мини-

мума минимаксного значения нормировочного множителя найдем его частную производную по γ_2 , в результате получим

$$\begin{aligned} \frac{\partial K_{2;1}^{(2)}}{\partial \gamma_2} &= \frac{d}{d\gamma_2} \left(1 - \frac{\gamma_2}{1 + 3\gamma_2 + 2(\gamma_2)^2} \right) = \\ &= \frac{2(\gamma_2)^2 - 1}{[1 + 3\gamma_2 + 2(\gamma_2)^2]^2}. \end{aligned}$$

Признаком минимума функции является равенство производной нулю, поэтому приравняем к нулю полученное выражение для первой производной

$$\frac{2(\gamma_2^*)^2 - 1}{[1 + 3\gamma_2^* + 2(\gamma_2^*)^2]^2} = 0.$$

Очевидно, что знаменатель дроби больше нуля, поэтому приравняем к нулю числитель. Первое

значение корня этого уравнения $\sqrt{\frac{1}{2}}$, второе значение

корня $= -\sqrt{\frac{1}{2}}$ [2].

В точке абсолютного минимума имеем 0,84.

$$K_{2;1}^{(2)*} = 1 - \frac{\gamma_2^*}{1 + 3\gamma_2^* + 2(\gamma_2^*)^2}$$

Оптимальное значение относительного сдвига поставки второго товара равно 0,59.

$$\frac{\theta_2(\gamma_2^*)}{T_2} = \frac{2\gamma_2^*}{1 + 2\gamma_2^*}$$

Исследование минимаксного значения с помощью программы на макроязыке комплекса «1-С»- бухгалтерия.

Мною была освоена и составлена программа расчёта нормировочного множителя и построения графиков на макроязыке «1С-бухгалтерия».

То есть была возможность рассмотреть различные случаи, меняя кратность периодичности поставок, период времени и сделать выводы о минимуме минимаксного нормировочного множителя.

Уже при достижении пятикратной периодичности поставок минимаксный нормировочный множитель становится больше 0,9, и дальнейший рост кратности периодов все быстрее приближает его к единице, следовательно, никакая оптимизация в этих условиях уже практически невозможна.

Анализ подтверждает, что абсолютный минимум минимаксного нормировочного множителя в модели поставки двух видов товаров, равный 0,75,

достигается при равенстве стоимостей партий поставок товаров $\gamma_2^* = 1$ и равенстве периодов поставок ($m = 1$).

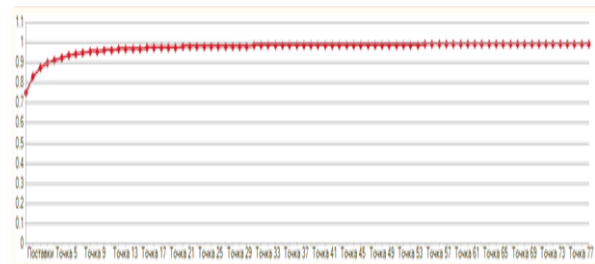


Рис. 1.



Рис. 2.

Заключение. В ходе данной работы прослежена зависимость - чем чаще осуществляются в течение одного периода поставки первого товара, тем меньше должна быть стоимость партий поставок второго товара по отношению к стоимости партий поставок первого товара для достижения минимаксного значения. Чем ближе значения m к единице, тем ниже величина минимаксного нормировочного множителя, тем ближе она к абсолютному минимуму. Очевидно, что такая модель управления поставками является для предприятия наиболее экономически целесообразной, поскольку позволяет минимизировать величину оборотного капитала, инвестируемого в формирование запасов.

Литература

1. Кулаков А. Б., Кулакова Ю. Н. Многопродуктовая модель управления запасами предприятия с поставками равной периодичности // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 29..
2. Кулаков А. Б., Кулакова Ю. Н. Исследование поведения многопродуктовой модели управления запасами предприятия при поставке двух видов товаров кратной периодичности // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 29.. с44-54.

THE CALCULATION OF THE NORMALIZATION FACTOR IN THE MULTI-PRODUCT MODEL OF INVENTORY MANAGEMENT IN THE SUPPLY OF TWO TYPES OF INPUTS TO MULTIPLE INTERVALS

D.A. Alimkhanova
Supervisor: O.L. Kritski
Tomsk Polytechnic University
634050, Russia, Tomsk, Lenin street, 30
E-mail: dada93@mail.ru

Introduction

The most important aspect of financial - economic activity of any enterprise is the effective use of material - industrial stocks.

The normalization factor k is defined as the ratio of the maximum total value of stocks Y_{max} to the sum of their maximum value Y_{Σ} [1]. The value of the normalization factor determines the amount of working capital invested in stocks forming the company, and the error in the evaluation of the normalization factor, and hence, can be costly in the amount of working capital for the company.

The low value of this factor may lead to a lack of financial resources and, therefore, attract borrowed funds and reduce the efficiency of the enterprise.

The aim of this work - calculate the normalization factor in the multi-product model of inventory management for supply of two types of goods with multiple intervals.

Description of the algorithm for calculating the normalization factor.

i	qi	pi	qi*pi	Ti
1.PVC	240 tng/month	170 000 tng/ton	40 800 000 tng	20 days
2.MEЛ	240 tng/month	42 500 tng/ton	10 200 000 tng	10 days

Table 1: Initial data

qi- batch volume of delivery of species i in kind, pi- unit price of the form i, den. units., Ti- frequency of deliveries species i.

The calculation of the normalization factor.

So, I have a model in which the periods of supply of different types of goods are not equal, but are multiples of each other:

$$T_2 = 10 \text{ days}$$

$$T_1 = 2 * 10 \text{ days} = 20 \text{ days} \Rightarrow T_1 = 2T_2.$$

The optimum value of the normalization factor

$$K_{2;1}^{(2)} = \frac{Y_{\min \max}}{Y_{\Sigma}} = \frac{(q_1 p_1)^2 + 2q_1 p_1 \times q_2 p_2 + 2(q_2 p_2)^2}{(q_1 p_1 + 2q_2 p_2)(q_1 p_1 + q_2 p_2)}$$

$$= 1 - \frac{q_1 p_1 \times q_2 p_2}{(q_1 p_1)^2 + 3q_1 p_1 \times q_2 p_2 + 2(q_2 p_2)^2}.$$

The optimum value of the normalization factor = 0.87.

Indicated in brackets superscript normalization factor equal to two, shows that in this model two types of goods are considered. The cost of the parties supply of these goods have arbitrary values and do not

match. Subscript normalization factor consists of values m_1 and m_2 [2]. In our case, they are, respectively, 2 and 1, i.e. supply of the second explanation has the frequency of delivery twice more frequent than the first delivery of the goods. If the minimax value of the normalization factor expressed in terms of γ_2 , we obtain

$$K_{2;1}^{(2)} = 1 - \frac{\gamma_2}{1 + 3\gamma_2 + 2(\gamma_2)^2}.$$

and in this case we get 0.87.

This is the best value of the normalization factor for a given ratio of the periods of delivery of goods, and obviously it depends on the ratio of the value of parties supplies γ_2 .

Optimal relative shift of the second delivery of product $\frac{\sigma_2}{T_2} = 0.89$, and the optimal relative shift of the first delivery of product = 0.11.

We calculate the optimal value of the local maximum: 46466666,67 = 4,56 q_1 p_1.

Argument γ_2 may range from zero to infinity. If $\gamma_2 = 0$ (there is no the second item), then $K = 1$. If γ_2 tends to infinity, that is there is no first item. By substituting the expression for $K_{2;1}^{(2)}$ we obtain the uncertainty of

the form $K_{2;1}^{(2)} = 1 - \frac{\infty}{\infty}$.

To find its value let us determine

$$\lim_{\gamma_2 \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{\gamma_2}{1 + 3\gamma_2 + 2(\gamma_2)^2} \right) =$$

$$= \lim_{\gamma_2 \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{\frac{1}{\gamma_2} + 3 + 2\gamma_2} \right) = \lim_{\gamma_2 \rightarrow \infty} (1 - 0) = 1.$$

We have a continuous function, which at the edges of its infinite domain is equal to one. This means that there is a minimum value of this function and you need to find out for what value γ_2 this minimum is attained. To determine the location of the absolute minimum of the minimax value of the normalization factor, its partial derivative with respect γ_2 will be found, as a result we obtain:

$$\frac{d}{d\gamma_2} \left(1 - \frac{\gamma_2}{1 + 3\gamma_2 + 2(\gamma_2)^2} \right) =$$

$$\frac{2(\gamma_2)^2 - 1}{[1 + 3\gamma_2 + 2(\gamma_2)^2]^2}.$$

Sign of the minimum of the derivative is equal to zero, so let us equate the resulting expression for the first derivative

$$\frac{2(\gamma_2^*)^2 - 1}{[1 + 3\gamma_2^* + 2(\gamma_2^*)^2]^2} = 0.$$

Obviously, the denominator of the fraction is greater than zero, so we equate the numerator to zero. The first value is $\sqrt{\frac{1}{2}}$; the second value is $= -\sqrt{\frac{1}{2}}$ [2].

At the point we have an absolute minimum of 0.84.

$$K_{2;1}^{(2)*} = 1 - \frac{\gamma_2^*}{1 + 3\gamma_2^* + 2(\gamma_2^*)^2} =$$

The optimum value of the relative shift of the second delivery of goods is equal to 0.59.

$$\frac{\theta_2}{T_2}(\gamma_2^*) = \frac{2\gamma_2^*}{1 + 2\gamma_2^*} :$$

The study of minimax values using the scripts, complex "1-C" - accounting.

The program for calculating the normalization factor and plotting scripts, "1C-Accounting" was mastered and made.

That is, there was an opportunity to consider the various cases, changing the frequency of multiple deliveries, a period of time and to draw conclusions about the minimum of the minimax normalization factor. Even at reaching the five time frequency of the shipments, minimax normalization factor becomes greater than 0.9, and the further growth of the multiplicity of periods is faster closer to unity, hence no optimization in these conditions is almost impossible.

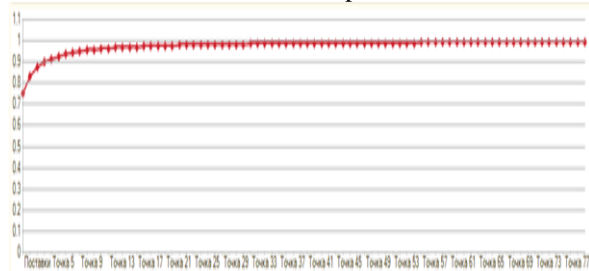


Fig. 1.

The analysis confirms that the absolute minimum of minimax normalization factor in the delivery model of the two types of goods, equal to 0.75, is achieved with equal value of the consignment deliveries of goods $\gamma_2^* = 1$ and supplies equal periods ($m = 1$).

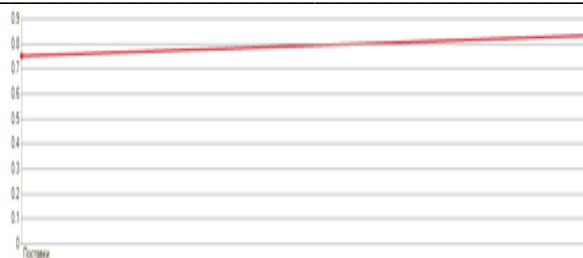


Fig. 2.

Conclusion.

In the course of this work traced an interesting relationship between the multiplicity m periods of supply and the value of optimal ratio of the value of parties. The higher the multiplicity of the second supply of goods compared to the first. More than made his deliveries during one period of the first delivery of the goods, the less should be the cost of the second party supplies of goods in relation to the cost of the first batches of supplies of goods to reach the minimax value of the normalization factor.

The closer the value of m and γ_2^* to the unit, the lower the value of the minimax normalization factor, the closer it is to the absolute minimum minimax normalization factor for the two types of goods, equal to 0.75, which is achieved at the cost of equity and equality of parties supplies periods of time between deliveries.

Obviously, such a model is a supply management for the enterprise the most cost-effective, because it allows to minimize the amount of working capital invested in the formation of reserves. Any deviation from unity m , even at the optimum ratio of the value of parties supplies γ_2^* increases the value of minimax normalization factor up to unity.

References

1. Kulakova Iu. N. Otsenka normirovochnogo mnozhitelia v mnogoproduktovoi modeli upravleniia zapasami predpriatii pri uslovii ravnoi periodichnosti i odinakovoi stoimosti postavok [Assessment of the normalization factor in the inventory management multi-commodity model under the condition of equal frequency and the same cost of supplies]. *Logistika i upravlenie tsepiami postavok – Logistics and supply chain management*, 2012, no. 3, pp. 76–83.
2. Kulakov A. B., Kulakova Iu. N. Mnogoproduktovai model' upravleniia zapasami predpriatii s postavkami ravnoi periodichnosti [Multi-product model of control of the reserves of enterprise with the deliveries to the equal periodicity]. *Ekonomicheskii analiz: teoriia i praktika – Economic analysis: theory and practice*, 2013, no. 29, pp. 58–62.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ И РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ МАШИН

А.А. Игумнов

Сибирский государственный университет путей сообщения

iaa@yandex.ru

Введение

В настоящее время открытый способ добычи полезных ископаемых идет по пути роста производственной мощности предприятий, увеличения коэффициента вскрыши, объемов работ по экскавации, продвижения открытых разработок в отдаленные районы с более суровым климатом. Общее количество добычи угля открытым способом в РФ в настоящее время составляет около 43%, а в Дальневосточном и Сибирском федеральных округах составляет более 55% и, как показывает статистика, продолжает увеличиваться.

Открытый способ добычи угля во многом зависит от производительности и надежности горной техники - основного звена технологического процесса. Кроме того, техническая эксплуатация горных машин и комплексов базируется на использовании плано-предупредительной системы технического обслуживания, где периодичность технических воздействий определена заранее и не исключает полностью появления постепенных и внезапных отказов узлов и агрегатов машин.

Автором был проведен анализ парка горной техники на разрезе ОАО ХК «Якутуголь», где парк горных экскаваторов состоит из 30 машин, при этом коэффициент использования парка составляет от 0,52 до 0,68. Треть общего времени простоев машин связана с восстановлением их работоспособного состояния, причем на долю плановых ремонтов приходится около 73% затрат времени, а на долю аварийных простоев — около 27% [1].

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что существующая система организации эксплуатации и ремонта горных машин не обеспечивает должного уровня показателей надежности техники. Вышесказанное свидетельствует о необходимости совершенствования системы обслуживания и ремонта горной техники-

Повышение показателей надежности техники на примере горного экскаватора достигается за счет внедрения системы мониторинга технического состояния, позволяющей проводить дистанционную диагностику узлов и агрегатов машины не выводя её из рабочего процесса [2]. Алгоритмы данной системы разрабатываются в соответствии с нормативно-технической документацией на технику, национальными и отраслевыми стандартами. Достоверность получаемых данных обеспечивается использованием статистических методов обработки зарегистрированных данных.

Корреляционные и регрессионные модели в разрабатываемой системе мониторинга

В ранее проводимых исследованиях при соблюдении необходимых условий измерений установлено, что измерения физических величин, регистрируемые датчиками системы технического мониторинга горных машин, в целом подчиняются нормальному закону распределения, но в силу нестабильности работы машины с определенными значениями, нормальный закон характеризуется отличными от нуля значениями асимметрии и эксцесса. Данные результаты позволяют проводить дальнейшую статистическую обработку результатов, корреляционный и регрессионный анализ, так как методы, используемые для регрессионного и корреляционного анализа основаны на предположении о нормальности закона распределения данных в исследуемой выборке.

С помощью системы мониторинга технического состояния горных машин получена эмпирическая кривая (рис.1) значений давления турбокомпрессора, которые регистрировались датчиком до выхода турбокомпрессора из строя, а также после замены турбокомпрессора.

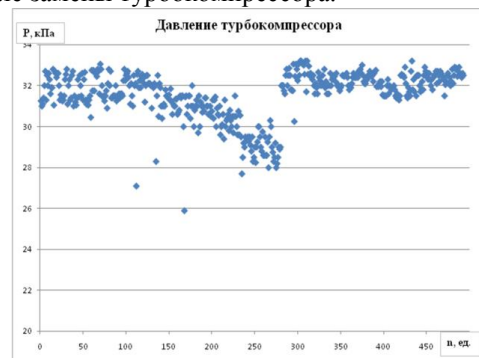


Рис.1 - Значения давления турбокомпрессора, зарегистрированные до выхода турбокомпрессора из строя и после

Визуально по имеющемуся графику видно, что до значения 100 по шкале n (фактически шкала t , м/ч) тенденция измеренного давления не меняется, то есть его значение колеблется в пределах границ допуска с заданной степенью вероятности. При рассмотрении следующего участка от 100 до 250 единиц времени по шкале t очевидно, что появляется тенденция к спаду среднего значения и увеличению разброса значений. Данные тенденции могут быть изучены и описаны математически с помощью статистических методов. Более того, кроме изучения характеристик имеющихся выборок, статистические методы, а именно регрессионный анализ, позволяет проводить прогно-

зирование математического ожидания значений диагностируемых параметров в заданных границах с заданной степенью вероятности.

Для отработки алгоритма прогнозирования измеряемых параметров использована выборка значений давления турбокомпрессора. Рассмотрены первые 30 измерений. Очевидно, что выравнивание значений (аппроксимацию) можно проводить по параболической кривой, так как степенная кривая, показательная и экспоненциальная в данном случае не подходят по своим математическим свойствам.

Значения независимой переменной (по шкале ординат), в нашем случае это время t , должны быть равноотстоящими, для нашей выборки взяты значения через равные промежутки времени. Вычисление параболы требуемого порядка состоит в постепенном вычислении членов ряда Чебышева [3]:

$$f(x) = \frac{\sum m_i}{n} + \frac{\sum m_i \psi_1(x_i)}{\sum \psi_1^2(x_i)} \psi_1(x) + \frac{\sum m_i \psi_2(x_i)}{\sum \psi_2^2(x_i)} \psi_2(x) + \dots + \frac{\sum m_i \psi_k(x_i)}{\sum \psi_k^2(x_i)} \psi_k(x)$$

(1)

где $\psi_k(x_i)$ и $\psi_k^2(x_i)$ - это табличные значения для ряда Чебышева.

Последовательность вычислений рассмотрена на примере 30 измерений.

Произведено выравнивание по полиному нулевого, первого и второго порядков.

В результате выравнивание по полиному нулевого порядка получено уравнение $f_0(x) = 31,915$.

С учетом двустороннего доверительного интервала на среднее [4]: $31,69 < \bar{x} < 32,14$.

Математическое ожидание $f_0(x)$ и доверительные границы среднего обозначены на рис. 2.

Погрешность приближения (аппроксимации) вычисляем по формуле:

$$\sigma(k) = \sqrt{\frac{\sum_k}{n - (k + 1)}} \quad (2)$$

$$\text{где } \sum_k = \sum_{k-1} - \frac{(\sum y_i \cdot c_k \cdot \psi_k)^2}{\sum (c_k \cdot \psi_k)^2} \quad (3)$$

$$\sum_0 = \sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n} = 30567,41 - \frac{957,45^2}{30} = 10,3958$$

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_0}{n-1}} = \sqrt{\frac{10,3958}{29}} = 0,5987$$

Таким образом, основная ошибка выравнивания эмпирических данных функцией $f_0(x)$ составляет 0,5987.

При выравнивании по полиному первого и второго порядка получены следующие виды функций и основные ошибки:

$$f_1(x) = 31,816 + 0,00862x$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum_1}{n-2}} = \sqrt{\frac{9,728}{28}} = 0,5894$$

Очевидно, что при использовании полинома первого порядка погрешность уменьшилась по сравнению с полиномом нулевого порядка.

$$f_2(x) = -0,00356x^2 + 0,11898x + 31,191$$

При этом основная ошибка выравнивания:

$$\sum_2 = \sum_1 - k_2^2 \cdot \sum (c_2 \cdot \psi_2)^2 = 9,728 - (-0,00356)^2 \cdot 302064 = 5,89976$$

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum_2}{n-3}} = \sqrt{\frac{5,8998}{27}} = 0,4675$$

На рис. 2 изображены функции $f_0(x) = 31,915$ и $f_1(x) = 31,816 + 0,00862x$ и $f_2(x) = -0,00356x^2 + 0,11898x + 31,191$.

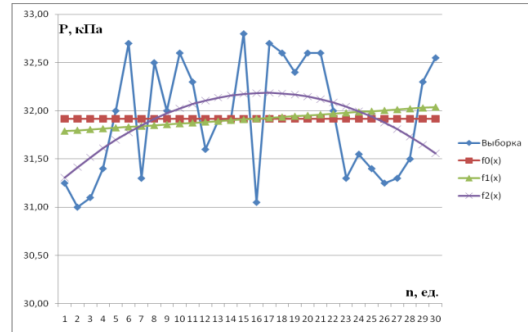


Рис. 2 – Результаты выравнивания эмпирических данных с использованием метода наименьших квадратов

Очевидно, что при использовании полинома второго порядка основная ошибка уменьшилась по сравнению с полиномом первого порядка уже на 0,12.

Заключение

В работе предложены алгоритмы обработки эмпирических данных, получаемых внедренной системой мониторинга технического состояния горной машины. Алгоритмы основаны на применении статистических методов обработки данных. Результатом работы является отработка методики обработки данных в системе для дальнейшего опытного использования системы.

Литература

1. Манаков А.Л., Игумнов А.А., Коларж С.А. Создание системы мониторинга технического состояния транспортных и технологических машин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. - № 4. - С. 125-132.
2. Патент РФ № 129686, МПК G07C 5/00. Система мониторинга технического состояния транспортного средства / А. Л. Манаков, А. А. Игумнов, А. Ю. Кирпичников. / ФГБОУ ВПО СГУПС - № 2012142455; Заяв. 04.10.12; Опубл. 27.06.12, Бюл. № 18.
3. Статистические методы обработки эмпирических данных/ Рекомендации. Издательство стандартов. – М.:1978.
4. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1988. 319 с.
6. Кулаичев А.П. Об информативности когерентного анализа // Журнал высшей нервной деятельности. – 2009. – Т. 59 - № 6 - С. 766-775.
7. Рандалл Р.Б. Частотный анализ. - Копенгаген: Брюль и Кьер, 1989. - 389 с.

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ СИСТЕМЫ ПО ОСИ Z НА ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОГО КАНАЛА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СИЛЬНОТОЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В АРГОНЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

И.Л. Звигинцев, В.П. Григорьев
Томский политехнический университет
Zvigintsev@yandex.ru

Введение

Широкое использование низкоэнергетических (10-30 кэВ) сильноточных (до 25 кА) электронных пучков (СЭП) в различных технологических процессах, связанных с изменением состояния и свойств поверхности материалов, требует решения проблемы повышения эффективности транспортировки пучка и передачи его энергии объекту воздействия. При этом особенностью технологических систем является использование электронных пучков с длительностью импульса до десятков микросекунд и давления газа $p < 13.3$ Па [2]. Решение этой проблемы невозможно без обеспечения практически полной зарядовой нейтрализации виртуального катода на входе в пространство дрейфа при указанных энергиях. Кроме того, необходимо подавить самопинчевание электронного пучка в собственном магнитном поле [2]. Для этого транспортировку низкоэнергетических СЭП обычно осуществляют, инжектируя их в плазму или нейтральный газ низкого давления ($10^{-1}..10^{-2}$ Па) в сильном внешнем магнитном поле.

Ниже рассматривается формирование плазменного канала при инжекции электронного пучка в цилиндрическую трубу дрейфа, заполненную ионизованным аргоном низкого давления, во внешнем магнитном поле. Модель пригодна для любых газов, а газ аргон был выбран потому, что он широко используется в установках, является инертным газом и не взаимодействует с поверхностью мишени. Исследования проводятся в цилиндрической системе координат (r, θ, z) с осью z , направленной вдоль оси трубы дрейфа.

Уравнения

Основные уравнения модели, описывающие динамику ионизации газа при инжекции электронного пучка вдоль оси цилиндрической трубы дрейфа с идеально проводящими стенками имеют вид:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial A_z}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 A_z}{\partial z^2} = -\frac{4\pi}{c} (j_{bz} + j_{pz}), \quad (1)$$

$$\frac{1}{v_{ef}} \frac{\partial j_{pz}}{\partial t} = \sigma E_z - j_{pz}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial n_i}{\partial t} = \sigma_i v_b n_g n_b + n_e K_i n_g + \text{div}(D_{A\perp} \text{grad}(n_i)) - \alpha_{r1} n_i n_e^2 - \alpha_{r2} n_i n_e n_g - \alpha_{r3} n_i n_e, \quad (3)$$

$$\frac{\partial T_e}{\partial t} = \frac{2}{3} \frac{E_0 r_0}{m_e v_{ef}} \left(E_z^2 - p^2 \left(\frac{T_e}{11.65} \right)^8 \right), \quad (4)$$

где A_z – векторный потенциал поля; E_z – напряженность электрического поля полного тока; $j_{bz} = ev_b n_b$ – плотность тока пучка; j_{pz} – плотность тока плазмы; c – скорость света в вакууме; e – элементарный заряд; v_b – скорость пучка; n_b – плотность пучка; $\sigma = \frac{e^2 n_e}{m_e v_{ef}}$ – проводимость

плазмы; m_e – масса электрона; $n_e = n_i - n_b$ – плотность электронов плазмы; v_{ef} – эффективная частота столкновений электронов плазмы с тяжелыми частицами; r_0 – классический радиус электрона; n_i – плотность атомарных ионов; E_0 – энергия покоя электрона, эВ; T_e – температура электронов плазмы, эВ; $n_g = 3.5 \cdot 10^{16} p - n_i$ – плотность атомов газа, p – давление газа, Торр; σ_i – сечение ионизации быстрыми электронами пучка [3]; K_i – коэффициент лавинной ионизации; α_{r1} , α_{r2} , α_{r3} – коэффициенты ударно-радиационной, трехчастичной и излучательной рекомбинаций соответственно; $D_{A\perp}$ – коэффициент амбиполярной диффузии.

Векторный потенциал поля определяет напряженность электрического поля, индуцированного на фронте пучка $E_z = -\frac{1}{c} \frac{\partial A_z}{\partial t}$, и магнитное поле $B_\theta = \text{rot} A_z$, связанное с полным током в системе. Векторный потенциал поля удовлетворяет граничным условиям $A_z(r = R_c) = \frac{\partial A_z}{\partial r} \Big|_{r=0} = 0$.

Граничные условия для плотности ионов и коэффициента амбиполярной диффузии аналогичны.

Уравнение 2 устанавливает связь плотности тока плазмы с напряженностью электрического поля и проводимостью плазмы. Изменение плотности атомарных ионов представлено уравнением 3. Связь температуры электронов плазмы с напряженностью электрического поля, включающая как упругие, так и неупругие столкновения электронов плазмы с тяжелыми частицами, описывается уравнением 4.

Модель, основанная на уравнениях (1)-(4) с нулевыми граничными условиями описывает транспортировку пучка в ионизованном газе при $p < 13.3$ Па в условиях полной зарядовой нейтрализации пучка.

■ Результаты

В данной работе представлены результаты для следующих параметров: давления газа $p = 0.02..0.2$ Па, энергия пучка $\varepsilon_b = 30$ кэВ, максимум силы тока пучка $I_{b0} = -15$ кА, длительность импульса $\tau = 3$ мкс, радиус пучка $r_b = 4.25$ см, радиус трубы дрейфа $R_c = 10.3$ см, длина трубы дрейфа $L = 20$ см, пучок однородный, внешнее магнитное поле $B_0 = 1.5$ кГс, начальная ионизация газа 17 %. Временной профиль пучка был взят из работы 4.

В таком сильном внешнем магнитном поле диффузия практически отсутствует и ее влияние на результат незаметно.

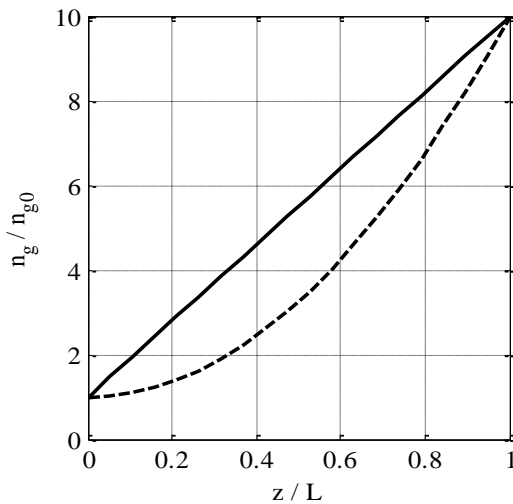


Рис. 1. Профиль распределения плотности газа вдоль трубы дрейфа: сплошная – линейный, штриховая – квадратичный. На левом торце трубы дрейфа $p = 0.02$ Па.

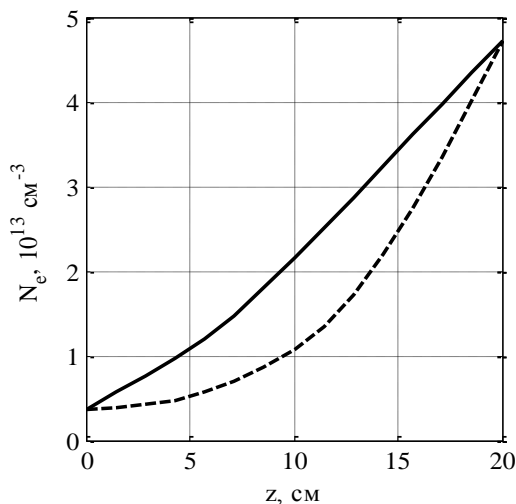


Рис. 2. Зависимость плотности электронов плазмы от z на оси в конце импульса при линейном (сплошная) и квадратичном (штриховая) градиенте давления

Из рисунков 2 и 3 видно, что плотность электронов плазмы и напряженность электрического поля на торцах не зависят от градиента давления в трубе дрейфа (рис. 1), а зависят от величины плотности газа на торцах. На правом торце трубы дрейфа плотность газа в 10 раз выше, чем на левом

Не на торцах напряженность электрического поля имеет зависимость от градиента давления (рис. 3), что приводит к зависимости плотности электронов от распределения давления вдоль трубы дрейфа. В результате при линейном градиенте давления имеем нелинейную зависимость плотности электронов плазмы от координаты z (рис. 2).

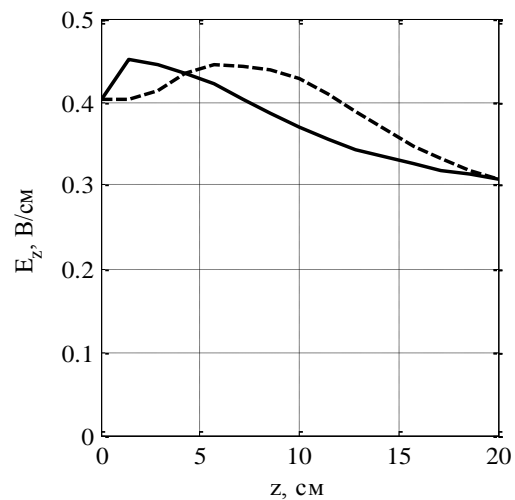


Рис. 3. Зависимость напряженности электрического поля полного тока от z на оси в конце импульса при линейном (сплошная) и квадратичном (штриховая) градиенте давления

■ Литература

1. Голант В.Е., Жилинский А.П., Сахаров С.А., "Основы физики плазмы", М.:Атомиздат, 1977, 384 с.
2. Захаров А.В., "Исследование влияния параметров газа на транспортировку сильноточного электронного пучка в отсутствии внешних полей", дис. канд. физ.-мат. наук, Томск, 1987, 126 с.
3. М. Gryzinski, "Classical theory of atomic collisions. I. Theory of Inelastic Collisions", Physical Review, v. 138, no. 2A, pp. 336-358, 1965.
4. В.П. Григорьев, Т.В. Коваль, Г.Е. Озур, "Формирование и транспортировка низкоэнергетических сильноточных электронных пучков в плазмонеполненном диоде во внешнем магнитном поле", ЖТФ, т. 80, № 1, с. 103-109, 2010.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРИРОВАННЫХ РАСЧЕТНЫХ СЕТОК НА ОСНОВЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ИССЛЕДУЕМОГО ОБЪЕКТА

О.А. Голуб, П.А. Хаустов
Томский политехнический университет
taube@sibmail.com

Введение

Конструирование и модернизация энергетических котлов, как правило, требует экспериментальных исследований сложного комплекса параметров горения и тепломассообмена, среди которых пространственные скоростные поля топочной среды, дальнобойность и угол раскрытия факела, распределение давления, аэродинамическое сопротивление топки в зависимости от типа горелочных устройств, интенсивности крутки потока и целого ряда прочих конструктивных и режимных факторов. Кроме того, для оптимизации проектируемой конструкции требуется установить количественную зависимость перечисленных теплофизических параметров топочной среды от конструктивных особенностей и режимных условий работы топочного устройства. Натурные многофакторные исследования такого рода, связанные с экспериментальным изучением трехмерной аэродинамики горящего факела, в том числе с вихревыми течениями, являются очень дорогостоящими и трудозатратными. По этой причине в настоящее время при конструировании и модернизации котлов все чаще применяют компьютерную симуляцию топочных процессов с использованием инженерных расчетных программ, разработанных как за рубежом (ANSYS CFD (Fluent & CFX), STAR-CD, FLOW3D, Open-FOAM и др.), так и в России (Flow Vision, VP2/3, SigmaFlow, FIRE 3D и т.п.). Изобилие физических моделей в выше перечисленных пакетах позволяет с хорошей точностью предсказывать ламинарные и турбулентные течения, различные режимы теплопереноса, химические реакции, многофазные потоки и другие явления на основе гибкого построения сеток и их адаптации к полученному решению [1].

Так, например, использование пакета прикладных программ FIRE 3D, разработанного авторами [1], позволяет провести полномасштабное исследование сложных физических явлений, детально изучить такие топочные процессы, как распространение пылевоздушной смеси в топочном объеме с учетом гомогенных и гетерогенных реакций горения, тепломассообмена с учетом взаимодействия частиц, радиационного излучения и т.п. При таком способе анализа теплофизических процессов сокращается трудоемкость, материальные и временные затраты, что позволяет в кратчайшие сроки проводить сложные полномасштабные вариантные исследования.

Такие возможности современных инженерных программ, как универсальные модели турбулентности, горения, многофазных течений, а также

подвижные (деформируемые) и перестраиваемые сетки, значительно расширяют область их применения, но в то же время усложняют пользовательский интерфейс, т.е. делают использование программного пакета более сложным в освоении и эксплуатации [2].

Одну из сложностей представляет получение сетки, разделяющей котел на составляющие, поддающиеся исследованию. Ранее упомянутые расчетные программы не предоставляют возможности построить данную сетку, а проводят расчеты по уже имеющейся.

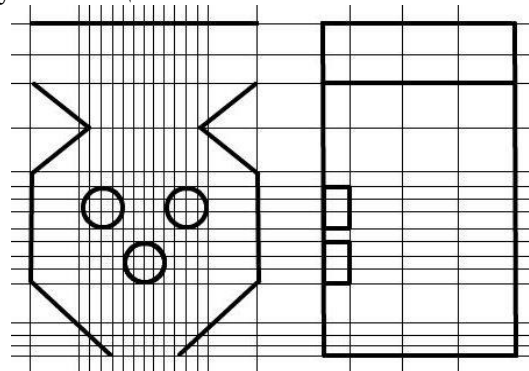


Рис. 2. Пример сетки для котла

Раньше разбиение каждого котла на фрагменты производилось вручную. Выделение всех элементарных частей и расчет для каждой из них занимали несколько часов. Для выполнения этих операций требовалось слишком большое количество временных ресурсов, поэтому возникла необходимость автоматизировать процесс [3].

Для автоматизации процесса получения набора фрагментов необходимо разработать программное обеспечение, принимающее на вход изображение котла и информацию о его функциональных составляющих. На выходе такого программного обеспечения должно быть разбиение изображения котла на элементарные части желаемого размера. Желаемый размер должен задаваться пользователем.

В первую очередь предстояло определить, в каком формате на вход программе будет подаваться информация о котле. В целях упрощения обработки решено было создать собственный графический редактор для построения его изображения. Такой редактор должен предоставлять возможность использовать все графические примитивы, отображающие строение котла. Сохранение файла должно осуществляться в формате xml, удобном для чтения и записи.

Таким образом, программное обеспечение должно состоять из двух модулей: графического редактора и анализатора.

Анализатор должен принимать на вход xml-файл, созданный в графическом редакторе.

Основная трудность реализации анализатора заключается в том, что некоторые элементы имеют форму окружности и не могут быть разбиты на элементарные части установленной формы. Для обработки подобных элементов решено было разделять их на более мелкие части и считать их прямоугольными примитивами. Желаемый размер этих примитивов так же должен приниматься программой.

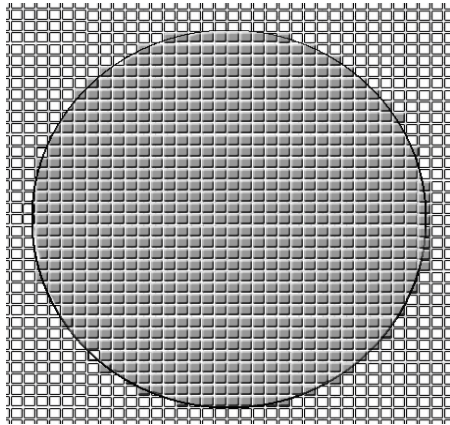


Рис. 3. Разбиение круглой горелки на прямоугольные примитивы

В качестве результата работы программное обеспечение должно генерировать файл, в котором содержатся перечни координат сетки по вертикали и по горизонтали, а также матрица, характеризующая каждый прямоугольник на рисунке котла.

Существует четыре основных варианта для каждого прямоугольника:

- Горелка;
- Выход из котла;
- Основная часть котла;
- Незаполненное место.

Так как не все границы котла параллельны координатным осям, и вследствие этого невозможно разделить рисунок только на прямоугольные примитивы, некоторые прямоугольники состоят из двух треугольников разных видов.

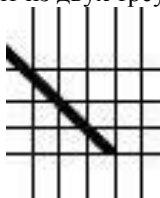


Рис. 4. Фрагмент стенки котла, содержащей составные прямоугольные примитивы

Вся информация должна сохраняться в файл с расширением `sks1`, который в дальнейшем будет подаваться на вход программам, которые будут

производить анализ данных, представленных в этом файле.

Реализация программы планируется на языке C++. Выбор языка обусловлен следующим рядом причин:

Поддержка объекто-ориентированного подхода;

- Кроссплатформенность;
- Высокое быстродействие.

Заключение

На данный момент выполняется этап проектировки архитектуры программного обеспечения и разработка алгоритма построения сетки.

Для выполнения этого этапа требуется выбрать подходящий абстрактный тип данных для хранения информации обо всех графических примитивах и точках их соединения. Это обусловлено тем, что обработка всех графических примитивов для поиска пересечений с какой-либо линией сетки может привести к существенным временным затратам, в то время, как зачастую одна линия сетки пересекает лишь небольшое число графических примитивов. Также требуются эффективные алгоритмы поиска внутри используемых абстрактных типов данных, чтобы с ростом количества графических примитивов и линий сетки по каждой из осей, время работы алгоритма увеличивалось незначительно. Для решения поставленной задачи также потребуется алгоритм нахождения значений сетки по каждой из осей, обладающий высоким быстродействием и низким потреблением памяти.

В планах на будущее – добавление новых модулей, простейших аналогов вышеупомянутых программных продуктов, которые будут осуществлять вычисление некоторых функций по заданной готовой сетке.

Литература

1. Гиль А.В., Старченко А.В. Моделирование топочной среды при переводе пылеугольных котлов с твердым шлакоудалением на непроектное топливо: Автореф. дис. канд.тех.наук: ТПУ. – Томск, 2008. – 172 с.
2. Хаустов С.А. Разработка системы параметрического конструирования сетки модели котлов и котельного оборудования для упрощения работы с пакетом прикладных программ ANSYS // Теплофизические основы энергетических технологий: сборник научных трудов II Всероссийской научно-практической конференции, Томск, 6-8 Октября 2011. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011 - С. 255-261
3. Гиль А.В. Влияние дискретизации расчетной области топочной камеры на результаты численных исследований [Электронный ресурс] // Теплофизические основы энергетических технологий [Электронный ресурс]: сборник научных трудов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 4-6 октября 2011 г.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ НА ОСНОВЕ СПЛАЙНОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ КОНВЕКЦИИ-ДИФФУЗИИ

А.А. Карпова, А.В. Старченко

Национальный исследовательский Томский государственный университет
siriys.tomsk@mail.ru

Введение

В настоящее время одной из главных мировых проблем является проблема охраны окружающей среды. В частности, можно выделить ухудшение качества атмосферного воздуха или водоёмов как следствие активной деятельности человека. Избежать загрязнения полностью не возможно, но можно попытаться снизить его влияние. Одно из решений этой проблемы - постоянный контроль качества атмо- и гидросферы. Благодаря математическому моделированию имеется возможность прогнозировать загрязнение окружающей среды.

Важной частью этого прогнозирования является решение конвективно-диффузионного уравнения.

Цель данной работы состоит в построении монотонных разностных схем повышенной точности на базе весового интерполяционного и базисного аппроксимационного кубических сплайнов для численного решения нестационарного уравнения конвекции-диффузии.

Постановка задачи

Рассмотрим простейшую модель конвективно-диффузионного распространения загрязняющего вещества в воздухе. Физическая постановка задачи заключается в нахождении значения концентрации примеси в точках области $[0, H]$ в определённый момент времени.

В случае, когда конвективная и диффузионная составляющие осей OY и OZ пренебрежимо малы, такой перенос можно описать одномерным дифференциальным уравнением параболического типа:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(u \cdot \Phi) - \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) = R(x, t), \quad (5)$$

где $u(t, x)$ – вектор скорости воздушного потока $\left(\frac{\partial u}{\partial x} = 0 \right)$, $D > 0$ – коэффициент диффузии, $R(x, t)$ – источник вещества концентрации Φ . Слагаемое $\frac{\partial}{\partial x}(u \cdot \Phi)$ отвечает за конвективный перенос, а слагаемое $\frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)$ соответствует переносу вещества диффузией [1].

Для упрощения модели полагаем, что вектор скорости воздушного потока и диффузия постоянны в рассматриваемой области. Тогда уравнение (5) примет следующий вид:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + u \frac{\partial \Phi}{\partial x} = D \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + R(x, t), \quad (6)$$

Задача рассматривается в области $\Omega = \{0 < x < H\}$ с границей $\partial\Omega = \{x = 0, x = H\}$, где $t \in [0, T]$.

Добавляя к уравнению (6) соответствующие начальное и граничные условия задача переноса примеси принимает следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Phi}{\partial t} + u \frac{\partial \Phi}{\partial x} = D \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + R(x, t), \\ t = 0, \Phi(0, x) = \Phi_{00}(x), \\ x = 0, \Phi(t, 0) = \Phi_0(t), \\ x = H, \frac{\partial \Phi}{\partial x} = 0. \end{cases}$$

Методы решения

Для построения разностной схемы применялся метод конечного объёма (МКО) [2], рассматриваемый на равномерной сетке.

Заметим, что МКО обеспечивает сохранение законов баланса не только для конечного объёма, но и для всей области в целом.

Основная идея этого метода заключается в разбиении расчётной области на несколько непересекающихся конечных объёмов таким образом, что каждая узловая точка содержится в одном конечном объёме. Затем дифференциальное уравнение интегрируется по конечному объёму, используя формулы численного интегрирования.

В конечном итоге имеется дискретный аналог исходного дифференциального уравнения, в который входят значения концентрации в нескольких узлах сетки.

В данной работе рассматривается численное решение уравнения (6). Для построения разностной схемы интегрируем обе части этого уравнения по времени и по конечному объёму, который представляет собой ячейку вычислительной сетки.

При этом значения всех членов уравнения некоторым образом выражаются через значения сеточного аналога функции $\Phi(x, t)$, определённого в центрах ячеек сетки.

Собирая воедино разностные аналоги начального и граничных условий, а также самого уравнения (6) получаем следующую разностную схему:

$$\begin{cases} \Phi_i^0 = \Phi_{00}(x_i), \\ \frac{\Phi_i^{n+1} - \Phi_i^n}{\tau} + u \frac{\Phi_{i+1/2}^n - \Phi_{i-1/2}^n}{h} = D \frac{\Phi_{i+1}^n - 2\Phi_i^n + \Phi_{i-1}^n}{h^2} + R_i^n, \\ \Phi_0^{n+1} = \Phi_0(t^{n+1}), \\ \Phi_N^{n+1} = \Phi_{N-1}^{n+1}. \end{cases}$$

Отметим, что в работе рассматривались несколько

вариантов аппроксимации конвективного члена уравнения (6). Для этого были рассмотрены три метода: обычная противотоковая аппроксимация первого порядка точности, монотонная интерполяционная кубическая сплайн-функция с весовыми коэффициентами [3], построенная через наклоны, а также аппроксимационный кубический базисный сплайн [4]. Заметим, что для разностных схем, использующих сплайны $\Phi_{i+1/2}^n = S_i(x_{i+1/2})$, а для противотоковой схемы [1]

$$\Phi_{i+1/2}^n = \begin{cases} \Phi_i^n, & u \geq 0 \\ \Phi_{i+1}^n, & u < 0 \end{cases}$$

Рассмотрим построение сплайнов подробнее.

Функция $S(x)$ называется сплайном степени n с узлами на сетке Δ , если на каждом отрезке $[x_i, x_{i+1}]$ функция $S(x)$ является многочленом степени, не превышающей n . Разность между n и наибольшим порядком производной, непрерывной на отрезке $[a, b]$ определяет дефект сплайна ν [4].

Интерполяционным сплайном с весовыми параметрами $w_i > 0, i = \overline{0, N}$, построенным через наклоны, назовём функцию вида $IS_i(x) = f_i(1-t) + f_{i+1}t + t(1-t)h_i[(m_i - f[x_i, x_{i+1}]) - t \cdot (m_i + m_{i+1} - 2f[x_i, x_{i+1}])]$, где

$$x \in [x_i, x_{i+1}], t = \frac{(x - x_i)}{h_i}, f_i = f(x_i),$$

$$f[x_i, x_{i+1}] = (f_{i+1} - f_i) / h_i, m_i - \text{наклон сплайна.}$$

Аппроксимационным сплайном на основе базисных функций назовём функцию вида $AS_i(x) = \sum_{j=i-1}^{i+2} b_j B_{j-2}(x), x \in [x_i, x_{i+1}]$, где b_j - некоторые коэффициенты, $B_j(x)$ - весовые кубические базисные сплайны с конечными носителями минимальной длины (В-сплайны) [4].

Все описанные численные схемы были протестированы на одномерном уравнении переноса примеси с точечным источником, у которого известно аналитическое решение.

■ На рис. 1 представлены графики точного решения и приближенных, построенных описанными методами при следующих условиях: $u=1, D=1, Q=0.85, h=0.5, \tau=0.01, T=50$,

$$x_0 = 30 \cdot h, t_0 = 0.95 \cdot T, R(x, t) = \begin{cases} \frac{Q}{h \cdot \tau}, & t = t_0, x = x_0, \\ 0, & t \neq t_0, x \neq x_0. \end{cases}$$

При этом в ходе численных экспериментов было установлено, что монотонная разностная схема, построенная на основе весового интерполяционного сплайна, даёт результаты, довольно близкие к точному решению. Разностная схема, построенная с применением базисного аппроксимационного сплайна, несколько сглаживает решение поставленной задачи и даёт результаты на

порядок хуже, чем предыдущий метод. Противотоковая схема оказалась близка по точности со схемой, использующей аппроксимационный сплайн.

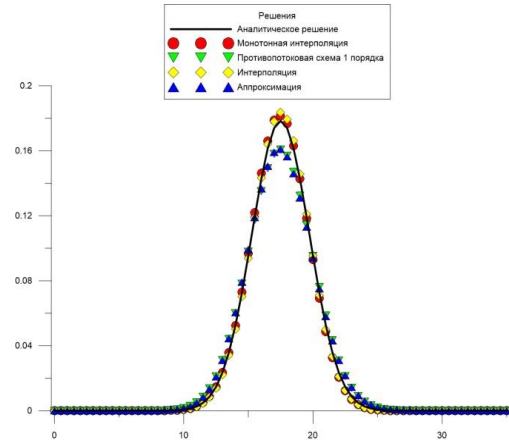


Рис. 1 Графики точного и численных решений уравнения конвекции-диффузии (6) при $t = T$

В следующей таблице представлены ошибки решения задачи рассматриваемыми методами.

Метод решения задачи	$\max_{i=0, N} \Phi(x_i, t^n) - \Phi_i^n $ при $t^n = T$
Аппроксимация	0.01758
Интерполяция	0.00535
Монотонная интерполяция	0.00491
Противотоковая схема	0.01766

Заключение

В заключение отметим, что в ходе работы был выявлен лучший метод из исследуемых. Он позволяет с наименьшей погрешностью прогнозировать распространение примеси в окружающей среде.

Работа выполнена по Государственному заданию Министерства образования и науки РФ №5.628.2014/К.

Литература

1. Пасконов В.М. Численное моделирование тепло- и массообмена / В.М. Пасконов, В.И. Полежаев, Л.А. Чудов – М.: Наука, 1984 – 285с.
2. Ильин В.П. Методы конечных разностей и конечных объемов для эллиптических уравнений. – Новосибирск : Изд-во Ин-та математики, 2000. – 345с.
3. Квасов Б. И. Методы изогеометрической аппроксимации сплайнами /Б.И. Квасов. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 360с.
4. Завьялов Ю. С. Методы сплайн-функций / Ю. С. Завьялов, Б. И. Квасов, В. Л. Мирошниченко ; под ред. Н. Н. Яненко. – М. : Наука, 1980. – 352 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОДНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ

Е.В. Семёнов, А.В. Старченко

Национальный исследовательский Томский государственный университет
semenov.evgeny.92@gmail.com

Введение

Искусственный нейрон представляет собой математическую модель биологического нейрона (Рис. 1). Основными составляющими нейрона являются: тело клетки (сома); отростки клетки, по которым поступают сигналы от соседних нейронов (дендриты); хвостик, по которому клетка передаёт команды другим клеткам (аксон); ответвления аксона, цепляющиеся за дендриты близлежащих нейронов (синапсы).

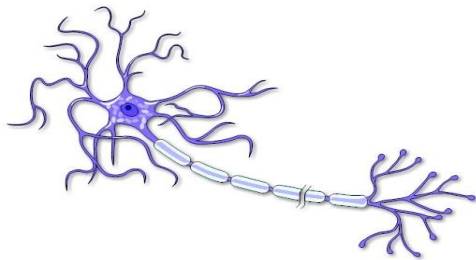


Рис. 1. Биологическая модель нейрона

В математической модели каждому входу искусственного нейрона в соответствие ставится некоторое число w_i , именуемое весом синаптической связи или просто весом, где физический смысл синапса, это его электропроводимость. Массив значений синаптических связей всех нейронов сети есть массив весовых коэффициентов (весов) и, обычно, обозначается буквой W . Выходное состояние каждого нейрона сети определяется функцией от скалярного произведения его весовых коэффициентов на входной вектор обучающей выборки $y = F(W\bar{x}^T)$. Функция на выходе нейрона носит название передаточная функция или функция активации[1].

Одним из типов обучения нейронных сетей является так называемое обучение с учителем, когда данные, предоставляемые нейронной сети, состоят не только из входного вектора \bar{x} , но и из соответствующего ему вектора \bar{d} , который мы ожидаем получить на выходе сети. Совокупность таких пар носит название обучающей выборки и обозначается, как $\{\bar{x}_1, \bar{d}_1\}, \dots, \{\bar{x}_Q, \bar{d}_Q\}$. Ниже будет рассмотрен именно такой подход к обучению искусственной нейронной сети.

В 1960 году Бернард Уидроу и Тед Хофф произвели некоторые модернизации перцептрона Френка Розеблатта и ввели в теорию нейронных сетей новое понятие ADALINE (Adaptive Linear Neuron - адаптивный линейный нейрон). Правило для нейронных сетей типа ADALINE (Рис. 2) они

назвали “Дельта – правило”, оно основано на методе градиентного спуска, где в качестве направления градиента используется направление градиента ошибки. Алгоритм обучения нейронной сети типа ADALINE носит название LMS (Least Mean Square - наименьшее среднеквадратичное). Кардинальным отличием перцептрона от сети ADALINE являлось не только правило обучения сети, сколько вид передаточной функции[2].

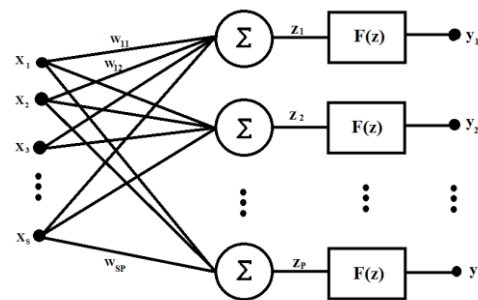


Рис. 2. ADALINE

В перцептроне обычно использовали пороговую функцию $F(x) = \begin{cases} 0, & x < b \\ 1, & x \geq b \end{cases}$, где значение b выступало в качестве порогового значения возбуждения нейрона, или позже сигмоидальную функцию $F(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}}$, где параметр α отвечал за интенсивность изгиба функции, и при увеличении приближал сигмоидальную функцию к пороговой. В сети же типа ADALINE передаточная функция F является линейной[2]: $F(x) = x$.

$$\bar{x}_i \in \mathbb{R}^S; \bar{d}_i, \bar{y}_i \in \mathbb{R}^P; W \in \mathbb{R}^{P \times S}$$

$$\bar{y}_i = F(W\bar{x}_i^T) = W\bar{x}_i^T; i = 1, Q$$

Искусственные нейронные сети позволяют решать задачи, где обычные алгоритмы и методы применять затруднительно. Формула $\bar{y} = W\bar{x}^T$ описывает систему линейных алгебраических уравнений относительно вектора переменных \bar{x} : $A\bar{x} = \bar{d}$. Для случая, когда известны параметры A и \bar{d} , существует множество методов, позволяющих отыскать значение вектора \bar{x} (прямая задача). Но когда известны \bar{x} и \bar{d} , и требуется найти коэффициенты матрицы A (обратная задача), появляются трудности. В свою очередь, для искусственных нейронных сетей решение обратной задачи не составляет труда. Нейронные сети обучаются путем изменения коэффициентов весов, тем

самым любая искусственная нейронная сеть вида $\bar{y} = W\bar{x}^T$ способна решить обратную задачу по нахождению коэффициентов матрицы СЛАУ.

Правило, по которому сеть обучается, носит название наименьшее среднеквадратичное. В свою очередь, функция ошибки представляла среднеквадратичное отклонение \bar{y} от \bar{d} .

$$E(W) = \sum_{i=1}^Q (\bar{d}_i - \bar{y}_i)^2 \xrightarrow{W} \min;$$

$$E(W) = \sum_{i=1}^Q (\bar{d}_i - \bar{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^Q (\bar{d}_i - W\bar{x}_i^T)^2 =$$

$$= \sum_{i=1}^Q \bar{d}_i^2 - \sum_{i=1}^Q 2\bar{d}_i W\bar{x}_i^T + \sum_{i=1}^Q W\bar{x}_i^T W\bar{x}_i^T$$

При помощи аппроксимации градиента функции ошибки мы получаем правило, по которому должны изменяться веса.

Рассмотрим градиент целевой функции:

$$\nabla E(W) = \frac{\partial (d - W\bar{x}^T)^2}{\partial W} =$$

$$= 2(d - W\bar{x}^T) \frac{\partial (d - W\bar{x}^T)}{\partial W} = -2(d - W\bar{x}^T)\bar{x}$$

Тогда в соответствии с методом наискорейшего спуска построим итерационный алгоритм:

$$W_{k+1} = W_k - \alpha \nabla E(W_k);$$

$$W_{k+1} = W_k + 2\alpha (d - W_k \bar{x}^T) \bar{x}, \quad k \geq 0$$

Стоит отметить, что нахождение параметра α не нуждается в одномерной минимизации, этот параметр (параметр скорости обучения) находится из условия сходимости правила обучения сети [2].

В отличие от условия дельта-правила, в ходе практического исследования нейронной сети было установлено новое правило для выбора параметра скорости обучения. Так называемая нормировка входных данных:

$$\alpha = \frac{1}{\|\bar{x}\|}, \text{ где } \|\bar{x}\| = \frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q \sum_{j=1}^S x_{i,j}$$

Постановка задачи: Для системы $A\bar{x} = \bar{d}$, $A \in \mathbb{R}^{S \times S}$ дан набор пар $\{\bar{x}_1, \bar{d}_1\}, \dots, \{\bar{x}_Q, \bar{d}_Q\}$, сама матрица неизвестна. Необходимо решить обратную задачу по нахождению коэффициентов исходной матрицы по известному решению и правой части.

Задача решалась для размера матрицы $S = 240$. В работе были использованы два размера обучающей выборки: $Q = 24$ и $Q = 120$.

При подготовке обучающей выборки (прямая задача) использовались два подхода:

1. Задавался вектор \bar{x} , после чего рассчитывался вектор $\bar{d} = A\bar{x}$.

2. Задавалась правая часть системы \bar{d} , после чего с помощью LU-факторизации находился вектор \bar{x} .

При использовании первого подхода нейронная сеть находила коэффициенты исходной матрицы с точностью 10^{-12} за 0,3–0,4 секунды. Причём метод работал для обоих размеров обучающей выборки. В свою очередь, при использовании второго подхода, при размере выборки равном 24 нейронная сеть исчерпала отведённое ей количество итераций, не предоставив искомого результата. При использовании второй выборки сеть решала задачу с той же точностью, но решение оказывалось неверным. Происходило это потому, что сеть достигала локального минимума, не доходя до глобального.

Также, чем ближе сеть приближалась к глобальному минимуму, тем больше становилась осцилляция параметра ошибки. Решить эту проблему удалось изменением параметра скорости обучения в зависимости от номера итерации и используемых компонент входного вектора \bar{x} . Такой же подход может быть применён для выхода из локального минимума целевой функции.

Если входные данные содержали ошибку, то она суммировалась на выходе сети:

$$\tilde{y}_i = \sum_{j=1}^S w_{i,j} (\bar{x}_i)_j = \sum_{j=1}^S w_{i,j} (x_{i,j} + \delta_{i,j}) =$$

$$= \sum_{j=1}^S w_{i,j} x_{i,j} + \sum_{j=1}^S w_{i,j} \delta_{i,j} = y_i + \Delta_i; \quad i = \overline{1, P}; \quad l = \overline{1, Q}$$

Также искусственные нейронные сети поддаются распараллеливанию. Это связано с тем, что каждый нейрон каждого слоя рассчитывается отдельно от других, у него есть свой набор весов, характеризующих соединение с нейронами предыдущего слоя. Для подсчёта значения нейрона на любом слое, необходимо лишь предоставить вектор выходов нейронов предыдущего слоя каждому процессору. В таком случае мы получим ускорение работы программы на любом слое примерно во столько раз, сколько нейронов на этом слое расположено.

Заключение

В результате проведённой работы были изучены искусственные нейронные сети, принцип их работы и применение. Для решения поставленной задачи была разработана параллельная программа на языке Fortran с использованием технологий MPI и OpenMP. Тестирование сети проводилось на суперкомпьютере ТГУ СКИФ Cyberia.

Работа выполнена по Государственному заданию Министерства образования и науки РФ, №5.628.2014/К.

Литература

1. Тархов Д. А., Нейронные сети, модели и алгоритмы. Кн. 18. – М.: Радиотехника, 2005.
2. Widrow B. and Stearns S.D., Adaptive Signal Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1985.

ПОСТРОЕНИЕ НЕЧЁТКОЙ ФУНКЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ СРЕДСТВАМИ ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ МАТНСАД

Д.П. Кармачёв

Научный руководитель: А.А. Ефремов
Томский политехнический университет

karmachevd@mail.ru

Введение

На сегодняшний день актуальной задачей в теории надёжности является анализ и прогнозирование отказов технических систем в процессе их работы [1]. Многие современные системы работают в условиях неопределённости, связанной с невозможностью точно определить значения параметров функционирования систем или учесть с достаточной точностью изменение факторов внешней среды. В связи с этим специалисты сталкиваются с расчётом надёжности систем, параметры которых недоопределены или заданы приблизительно. Одним из возможных математических аппаратов, позволяющих учесть такого вида неопределённости, является аппарат нечётких множеств [2-3]. Целью настоящего исследования является построение нечёткой функции интенсивности отказов для различных моделей надёжности (МН) технических систем с нечёткими параметрами.

Функция интенсивности отказов

Интенсивность отказов является одним из основных показателей надёжности, позволяющим в частности выявлять фазы жизненного цикла системы в зависимости от поведения кривой интенсивности [4]. Функция интенсивности отказов определяется как

$$\lambda(\theta, t) = \frac{F'(\theta, t)}{1 - F(\theta, t)}, \quad (1)$$

где $F(\theta, t)$ - интегральный закон распределения наработки на отказ (функция вероятности отказов) с вектором параметров θ [1].

Зависимость интенсивности отказов большинства технических систем описывается U-образной кривой, имеющей вид, приведённый на рис. 1 [1, 4].

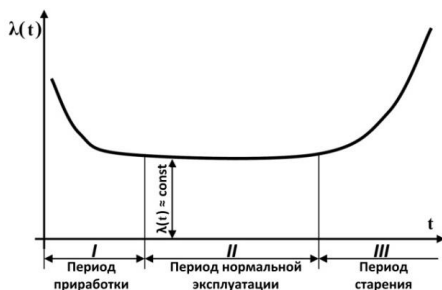


Рис.1. Характерная кривая интенсивности отказов

Графики кривых интенсивностей отказов большинства использующихся на практике МН, основанных на хорошо известных законах распределения времени наработки системы до отказа

(экспоненциальное распределение, распределение Вейбулла-Гнеденко и др.) позволяют учитывать лишь часть от характерной U-образной кривой [1]. В связи с этим, использование таких МН для анализа надёжности не всегда даёт корректные результаты, т.к. во внимание не берутся интервалы приработки либо износа [4].

J-образное распределение как модель надёжности

Одной из МН, позволяющих получить характерную форму кривой интенсивности отказов, является двухпараметрическое J-образное распределение, рассмотренное в работах [5-6].

Интегральная функция J-образного распределения определяется выражением

$$F_J(b, \nu, t) = \begin{cases} \left(\frac{t}{b}\right)^\nu \left(2 - \frac{t}{b}\right)^\nu & \text{при } 0 \leq t \leq b < \infty, \\ 0 & \text{при } t < 0, \\ 1 & \text{при } t > b, \end{cases} \quad (2)$$

где ν и b - параметры распределения, причём $0 \leq t < b$ и $0 < \nu < 1$ [5].

С учетом выражений (1) и (2) функция интенсивности отказов для данного распределения будет определяться по формуле

$$\lambda_J(b, \nu, t) = \frac{2\nu \left(1 - \frac{t}{b}\right) \left(1 - \left(1 - \frac{t}{b}\right)^2\right)^{\nu-1}}{b \left(1 - \left(1 - \left(1 - \frac{t}{b}\right)^2\right)^\nu\right)}. \quad (3)$$

В работе [6] было показано, что кривая интенсивности отказов для J-образного распределения будет иметь характерный вид при $\forall \nu \in (0, 1)$.

Построение нечёткой функции интенсивности отказов

Для систем, работающих в условиях неопределённости, определение конкретных параметров для расчёта надёжности очень сложный процесс. Для того чтобы учесть неопределённость предположим, что параметры b и ν заданы в виде нечётких чисел с произвольными функциями принадлежности (рис.2).

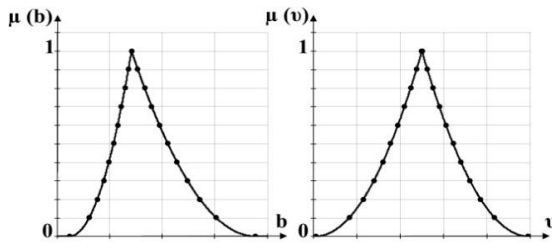


Рис. 2. Нечёткие параметры b и v

Для построения нечёткой функции средствами ППП Mathcad для каждого нечёткого параметра необходимо задать количество α -уровней и определить левые и правые границы каждого α -уровня. В случае N -параметрической МН с $K \leq N$ нечёткими параметрами в произвольный момент времени для каждого α -уровня получаем 2^K комбинаций левых и правых границ нечётких параметров. Подставляя указанные комбинации в (3), определяем левые и правые границы нечёткой функции интенсивности отказов в произвольный момент времени t для каждого α -уровня. Для построения трёхмерной функции $\lambda(\theta, t)$ в ППП Mathcad необходимо также задать значение шага Δt по оси времени. Таким образом, получаем пару значений функции $\lambda(\theta, t)$ для каждого α -уровня в моменты $i\Delta t$, где $i \in [1, m]$, m - количество шагов. График нечёткой функции $\lambda(\theta, t)$ представляет собой поверхность в пространстве \square^3 (рис. 3, 4).

При сечении данного графика плоскостью, перпендикулярной оси времени, получаем нечёткое

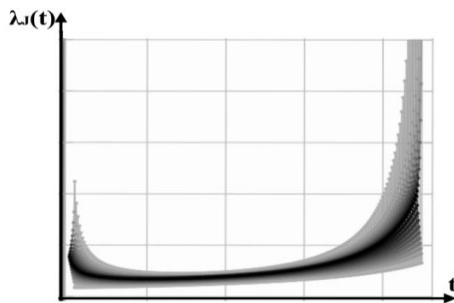


Рис. 3. Нечёткая функция интенсивности отказов (вид сверху)

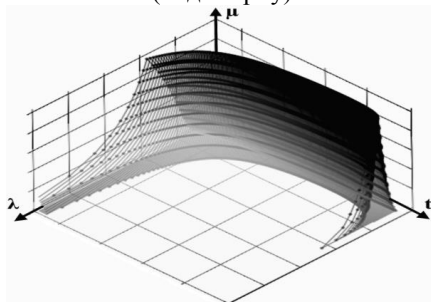


Рис. 4. Нечёткая функция интенсивности отказов (изометрическая проекция)

значение функции интенсивности отказов в определенный момент времени (рис. 5).

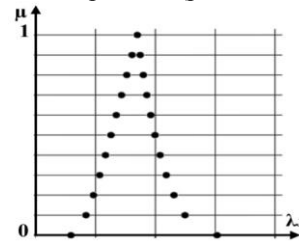


Рис.5. Мгновенное значение нечёткой функции интенсивности отказов

Полученные точки сечения легко могут быть аппроксимированы функциями, рассмотренными в работах [7-8], что в результате позволит рассматривать мгновенное значение функции интенсивности как нечёткое число LR-типа.

■ Заключение

Представленная процедура получения нечёткой функции интенсивности отказов является универсальной, т.к. позволяет строить трёхмерные функции с нечёткими параметрами. Анализ формы нечёткой функции интенсивности позволяет определить нечёткие границы этапов жизненного цикла системы. Полученная функция может быть подвергнута дефазсификации с целью получения её числового значения в заданные моменты времени.

■ Литература

1. В.А. Острейковский. Теория надёжности: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2003 – 463 с.
2. Л.А. Заде. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений. – М.: Мир, 1976 – 165 с.
3. А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. Модели и алгоритмы принятия решений в нечётких условиях: учебник для вузов – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2000 – 352 с.
4. Finkelstein M. Failure Rate Modeling for Reliability and Risk / Springer Series in Reliability Engineering. – Springer-Verlag London, 2008, - 290 p.
5. Nadarajah S., Kotz S. Moments of some J-shaped distributions, Journal of Applied Statistics, 2003, Vol. 30(3), pp. 311-317.
6. Nadarajah S. Bathtub-shaped failure rate functions // Quality & Quantity. International Journal of Methodology. – Springer Netherlands, 2009. – vol. 43, iss. 5, pp. 855-863.
7. А.А. Ефремов, А.М. Кориков. О применении кусочно-непрерывных функций к заданию функций принадлежности нечётких чисел (L-R)-типа // Вестник науки Сибири. – Томск, Изд-во ТПУ, 2011. - № 1(1), с. 340-343.
8. А.А. Ефремов. Новые операции над нечёткими числами и интервалами // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – Томск, Изд-во ТУСУР, 2013. - № 1(27), с. 95-99.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОИСКА ПУТИ В АВТОМАТИЗАЦИИ

А.Р. Фахрутдинов

Томский политехнический университет

E-mail: abubakir_forever@mail.ru

Каждый день человек, пытается найти более легкое решение, наиболее прочный механизм и кратчайший путь. Почти каждый день мы сталкиваемся вопросом, как его определить и куда двигаться, чтобы не потерять много времени.

В автоматизации, робототехники и во многих других сферах, встает вопрос о необходимости нахождения кратчайшего и более удобного пути.

Самое большое распространение получили в компьютерных играх, где принцип нахождения пути для юнитов очень необходим.

Именно поэтому в настоящее время применяются самые различные и изощрённые методы для его нахождения.

Цель данной работы является определение метода нахождения пути для глобальных карт.

Актуальность данной темы вытекает из того факта, что реализация данной задачи необходима в различных сферах жизни человека.

По своей сути любой алгоритм поиска пути основывается на теории графов. Граф - это совокупность непустого множества вершин и множества пар вершин (связей между вершинами).[1,2]

Объекты представляются как вершины, или узлы графа, а связи — как дуги, или рёбра. Для разных областей применения виды графов могут различаться направленностью, ограничениями на количество связей и дополнительными данными о вершинах или рёбрах. Начиная с одной (стартовой) точки и исследуя смежные узлы до тех пор, пока не будет достигнут узел назначения (конечный узел). Кроме того, в алгоритмы поиска пути в большинстве случаев заложена также цель найти самый короткий путь. Некоторые методы поиска на графе, такие как поиск в ширину, могут найти путь, если дано достаточно времени. Другие методы, которые «исследуют» граф, могут достичь точки назначения намного быстрее. Здесь можно привести аналогию с человеком, идущим через комнату. Человек может перед началом пути заранее исследовать все характеристики и препятствия в пространстве, вычислить оптимальный маршрут и только тогда начать непосредственное движение. В другом случае человек может сразу пойти в приблизительном или предполагаемом направлении цели и потом, уже во время пути, делать корректировки своего движения для избегания столкновений с препятствиями.

На рисунке 3 представлена примерная карта местности, на которой уже определены все наилучшие пути между зонами.

К самым известным и популярным алгоритмам поиска пути относятся такие алгоритмы:

- Алгоритм поиска A*
- Алгоритм Дейкстры
- Волновой алгоритм
- Навигационная сетка (Navmesh)
- Иерархические алгоритмы
- Обход препятствий
- Алгоритм «Разделяй и властвуй»
- Алгоритм поворота Креша

В данной работе мы рассмотрим комбинированный алгоритм, объединяющий в себе иерархический и волновой алгоритмы.

Данный алгоритм позволяет определять путь на огромных картах, что необходимо как для компьютерных игр, так и для автоматизации, например в движении автомобиля или самолета по дорогам и авиационным линиям.

Иерархический подход довольно сильно напоминает то, как путь строит сам человек. В случае если надо добраться в другой город, сначала строится путь по городам (верхняя иерархия), а потом уже прокладывается детальный путь учитывая улицы городов, через которые предстоит пройти (нижняя иерархия). Примерно таким же способом работает алгоритм НРА*:

- Разбиваем карту на зоны
- Строим граф из глобальных зон учитывая проходы между ними
- Ищем путь сначала по зонам, а дальше в каждой отдельной зоне

Определения пути в отдельной зоне рассмотрим рисунок 1. Определение пути происходит по алгоритму подобному алгоритму A*. Далее применяя метод рекурсии (процесс повторения элементов самоподобным образом) применяем его для остальных областей.

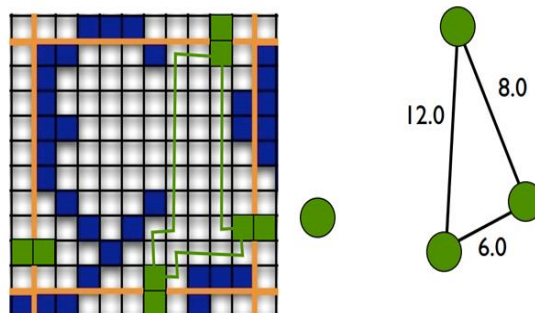


Рис. 1.

Далее остается лишь получить координаты начала и конца и найти кратчайшие пути от этих точек до точек выхода из зоны, и определить длину остальной части пути.

К преимуществам алгоритма НРА* можно отнести:

- Простоту в реализации
- Не больше потребление памяти
- Скорость работы

Недостатки

- Не учитывается разная проходимость карты

А теперь используем данный алгоритм для движения робота по небольшому лабиринту, если нам известно строение лабиринта. Данный алгоритм может быть использован и в других различных проектах и разработках для движения различных объектов, например для движения сельхоз техники до поля, без участия водителя, по средствам GPS.

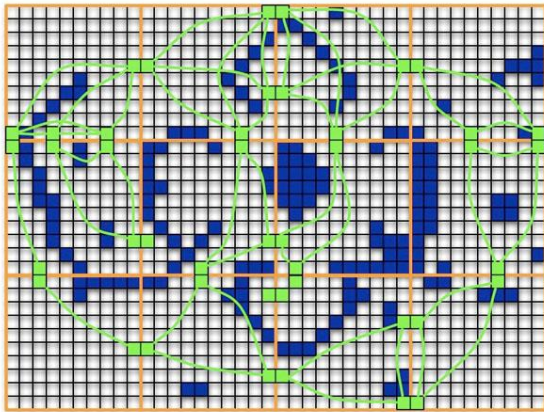


Рис. 2.

Теперь встает новый вопрос: как посчитать длину ребра графа при известной карте местности?

Для этого нам понадобится алгоритм Ли, также известный как волновой алгоритм. Он может работать для поиска как ортогонального (4 направления перемещения робота), так и для ортогонально-диагонального (8 направлений перемещения робота) путей.

Работа алгоритма включает в себя три этапа: инициализацию, распространение волны и восстановление пути.

На этапе инициализации строится образ множества ячеек обрабатываемого поля, каждой ячейке приписываются атрибуты проходимости/непроходимости, обозначаются стартовая и финишная ячейки.

Далее, от стартовой ячейки порождается шаг в соседнюю ячейку, при этом проверяется, проходим ли она, и не принадлежит ли ранее меченной в пути ячейке.

При выполнении условий проходимости и непринадлежности её к ранее помеченным в пути ячейкам, в атрибут ячейки записывается число, равное количеству шагов от стартовой ячейки, от стартовой ячейки на первом шаге это будет 1. Каждая ячейка, меченая числом шагов от стартовой ячейки становится стартовой и из неё порождаются очередные шаги в соседние ячейки. Очевидно, что при таком переборе будет найден путь от начальной ячейки к конечной, либо очередной шаг из любой порождённой в пути ячейки будет невозможен.

Восстановление кратчайшего пути происходит в обратном направлении: при выборе ячейки от финишной ячейки к стартовой на каждом шаге выбирается ячейка, имеющая атрибут расстояния от стартовой на единицу меньше текущей ячейки. Таким образом находится кратчайший путь между парой заданных ячеек[3].

Для записи карты местности удобно использовать матричный массив. Каждый элемент матрицы будет обозначать 1 ячейку. Так мы можем не только точно оцифровать карту, но и задать дополнительные параметры для каждой клетки, а для удобства и координаты точки. В данном случае нам придется в качестве элементов использовать массивы. К примеру: (x, y, проходимость, тип (старт, финиш, промежуточная), число шагов).

После составления графа и нахождения оптимального пути, зная начальное положение робота, можно легко провести его по нему при помощи всего 2 датчиков поворота.

Заключение

В данной работе был разобран иерархический алгоритм поиска пути, отмечены его плюсы и минусы, а также способы его реализации.

Литература

1. Дискретная математика: учебное пособие / А.В. Воронин. – Томск: Изд-во Томского Политехнического университета, 2009. – 116с.
2. Википедия – Теория графов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%BE%D0%B2.свободный.
3. Википедия – Алгоритм Ли [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_%D0%9B%D0%B8, свободный

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОИСКА ФРАГМЕНТА СЦЕНЫ В ВИДЕ ОПОТОКЕ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ОТТЕНКОВ

Н.И. Герасимова, А.Э. Верхотурова, С.В. Аксёнов
Томский политехнический университет
aev@tpu.ru

Введение

В настоящее время происходит активное накопление медиаинформации в том числе и видео. Поэтому вопрос об эффективном поиске необходимой видеoinформации - является актуальным. Существует немало видеохостингов: YouTube.com, Google Video, RuTube.ru, Smotri.com, но все они производят поиск лишь по названию или по тегам. Но зачастую мы сталкиваемся с необходимостью поиска видео по известной нам сцене.

Поэтому целью нашей работы являлось написание программного обеспечения, которое предоставило бы пользователям возможность поиска заданной сцены или ее фрагмента в видеофайлах.

Описание алгоритма

Для решения задачи поиска фрагмента в изображении было разработано приложение Windows Forms в среде Microsoft Visual Studio на языке C#. Поиск фрагмента проводится с использованием алгоритма кластеризации цветовых оттенков изображения с использованием нейронной сети Кохонена.

В программном обеспечении обучающим вектором для сети являются цветовые координаты пикселя. Множество близких цветов составляют кластер. В итоге каждый пиксель изображения относится к одному из кластеров.

В качестве средства организации работы с видеофайлами была выбрана библиотека *Emgu CV*. С ее помощью формируется коллекция кадров видеоряда, в которой будет производиться поиск фрагмента, выбранного пользователем.

Выбранный паттерн разбивается на цветовые кластеры. Из коллекции выбирается первое изображение, на нем выбирается окно, размером с паттерн и происходит его кластеризация. Затем сравниваются показатели процентного соотношения в изображении и в паттерне, если различие меньше установленного порога, то фрагмент выделяется на изображении, в противном случае окно прохода сдвигается на один пиксель и действия снова повторяются, пока фрагмент не будет найден или пока не будет достигнут конец изображения. Если поиск на выбранном изображении закончен, а фрагмент так и не был найден, поиск переходит на следующее изображение с установленным диапазоном, пока не будет достигнут конец коллекции.

В видеофайле может быть найдено несколько кадров, которые содержат искомый фрагмент сцен

ны, поэтому реализована возможность просмотра всех найденных кадров.

Так же было учтено, что иногда искомое изображение имеет большее разрешение, чем кадры видеофайла. Для таких случаев было реализовано масштабирование паттерна с помощью построения пирамиды Гаусса.

Пример поиска фрагмента в видеофайле представлен на рисунке 1.

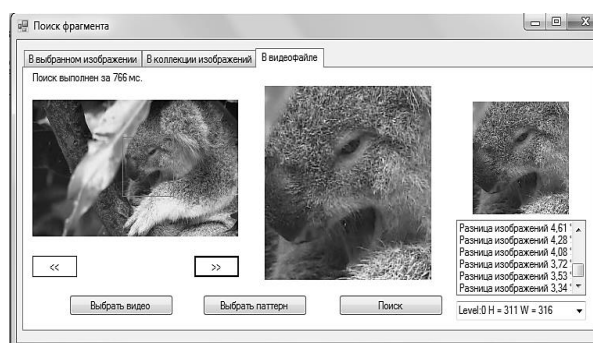


Рис. 1. Поиск фрагмента сцены в видеофайле

Для поиска необходимо выбрать видеофайл, в котором будет происходить поиск, и графический файл, содержащий необходимую сцену. Если качество графического изображения и видеоконтента сильно отличаются, необходимо указать уровень масштабирования. После нажатия кнопки «Поиск», выводится количество найденных кадров и разница содержания искомой сцены и найденной.

Тестирование алгоритма поиска.

Для оценки алгоритма поиска фрагмента в изображении было проведено тестирование его работы на различных входных данных.

В процессе тестирования было выбрано несколько видеофайлов, характеризующихся различным содержанием, разрешением и длительностью. В данных файлах были выбраны фрагменты кадров и проведена процедура поиска с замером времени работы алгоритма.

Результаты тестирования алгоритма представлены на рисунке 1.

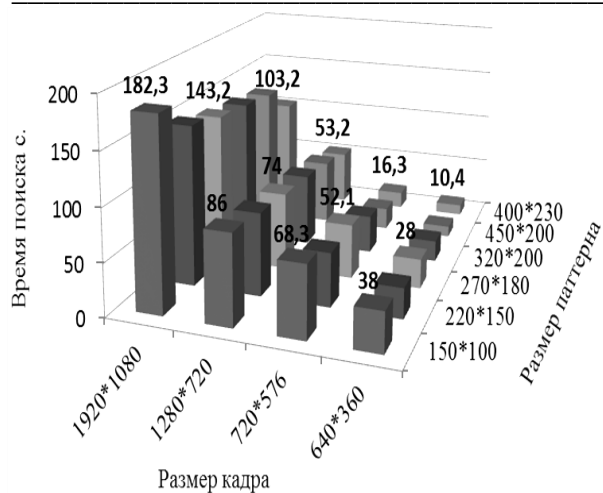


Рис. 5. Зависимость времени выполнения от разрешения исходных файлов

Количество кадров в различных типах видеозаписей может колебаться от 24 до 30 кадров в секунду. Таким образом, при обработке файла необходимо искать фрагмент в большом количестве схожих изображений, что существенно снижает скорость обработки видео. Поэтому было принято решение проводить поиск не по всем кадрам, а по чередующимся через некоторое число n . Это позволит, увеличить скорость работы алгоритма, сохранив при этом достаточную точность поиска.

Усредненное сравнение скорости работы алгоритма при обработке различного набора кадров видеофайла на одинаковом фрагменте поиска представлено в таблице 1.

Таблица 2. Показатели работы алгоритма при различном n чередовании кадров

Чередование кадров при поиске	Время выполнения поиска	Разница между фрагментами
$n=1$	480,32 с.	1,18%
$n=5$	54,23 с.	3,98%
$n=10$	35,11 с.	4,02%
$n=15$	20,70 с.	3,99%
$n=20$	18,84 с.	5,27%

Наилучшие результаты при тестировании были получены при чередовании через каждые $n=15$ кадров.

Визуальное представление работы алгоритма поиска по видеофайлу представлено на рисунке 2.

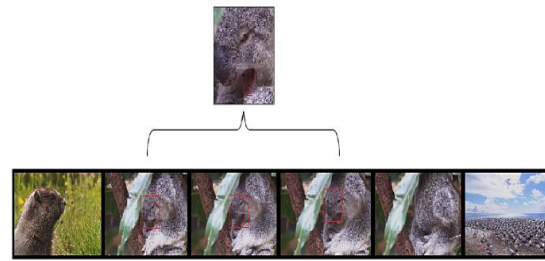


Рис. 2. Поиск фрагмента изображения в кадрах видеофайла

Необходимо учитывать также, что частота смена кадров в видеофайле зависит от его содержания, в некоторых жанрах изображение в кадре меняется медленно, например, при съемке сцен с людьми, природой и т.п. И наоборот, при съемке действий или движения, смена сцен происходит быстрее. В соответствии с этим необходимо корректировать количество кадров поиска.

Заключение

В результате проведения тестирования можно сделать вывод о том, что алгоритм поиска фрагмента в видеофайлах является работоспособным и определяет фрагмент в видеозаписи с точностью 90%. Алгоритм показывает плохие результаты в следующих случаях:

1. Фрагмент поиска или изображение поиска состоят из множества близких, плохо различимых цветов, отсутствуют резкие границы между объектами на изображениях.
2. Размер фрагмента поиска составляет меньше 5% от размера кадра поиска, данный вывод вытекает из предыдущего пункта, так как кластеры цветов фрагмента малого размера в видеофайлах с большим разрешением и фрагмента поиска будут существенно различаться.

Литература

1. Амосов О.С. Интеллектуальные информационные системы. Нейронные сети и нечеткие системы: Уч. пособие. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «Комсом. н/А гос. техн. ун-т», 2004. - 104 с.
2. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика – М.: Мир, 1992. – 184с.
3. Кластеризатор на основе нейронной сети Кохонена. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mechanoid.kiev.ua/neural-net-kohonen-clusterization.html>
4. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
5. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА В РАЗВИТИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Видяев И.Г.

Томский политехнический университет

vig@tpu.ru

Согласно теории длинных волн Н.Кондратьева, научно-техническая революция развивается волнообразно с циклами протяженностью в 50 лет, что связано с появлением новых технологических укладов. Каждый из укладов в своем развитии проходит различные стадии, отличающиеся мерой его влияния на общий экономический рост общества. Теория длинных волн является теоретической основой современной концепции эволюционно-волновой концепции развития общества, которая нашла широкое применение в прогнозировании социально-экономического развития общества в зависимости от состояния его инновационного потенциала [1].

Инновационный процесс представляет собой процесс реализации новой идеи в любой сфере жизни и деятельности человека, способствующий удовлетворению существующей потребности на рынке и приносящий экономический эффект [3, с.105]. Развитие любой системы есть изменение ее качества [4, с.88], или переход системы из старого качественного состояния в новое [5, с.643]. Развитие социально-экономических систем всегда происходит в определенном направлении в рамках поставленной цели. Исследование сущности цели позволяет увидеть новое качественное состояние системы, выявить направление перехода системы в это состояние и, в конечном счете, понять природу изменений. Определить факторы, которые влияют на «траекторию» такого перехода, можно изучив природу процессов, образующих социально-экономическую систему. Основной причиной качественных изменений в экономике является процесс разработки и последующей реализации новых идей и подходов, т.е. инновационный процесс [6, с.167]. Таким образом, вполне логичен вывод, что инновационный процесс – это взгляд на процесс развития с экономической точки зрения. Его изучение позволяет выделить основные факторы, оказывающие влияние на развитие экономики, и объясняет экономическое содержание процесса перехода социально-экономической системы в качественно новое состояние [6, с.167].

Понимание инновационного процесса как части экономического требует уточнение структуры последнего. В соответствии с таким подходом, экономический процесс делится на два подпроцесса – это традиционный экономический и инновационный. Первый подпроцесс связан с функционированием сложившейся экономической системы, основу которой составляет производство продукции и услуг, традиционных для рынка, или

говоря другими словами, о потребительских свойствах которых потребители имеют четкое устойчивое представление. Второй же подпроцесс направлен на внедрение новой продукции или услуг в производство, ясное представление о которой у потребителей еще не сформировалось, что соответственно позволяет говорить о новизне продукта или услуги для местного рынка. При этом сам инновационный процесс следует разбить еще на две составляющие – это инновационный процесс, основанный на заимствовании новшеств, и наукоемкий инновационный процесс. Первая составляющая характеризует процесс внедрения товаров или услуг, традиционных для мирового и / или национального рынков, но новых для местного. Вторая составляющая характеризует ситуацию, когда аналогов товара или услуг нет ни на местном, ни национальном, ни мировом рынках. Создание таких товаров (услуг) возможно только при проведении прикладных научных исследований, инициированных субъектами экономики, на их собственной научно-производственной базе или на базе научно-образовательного комплекса.

С практической точки зрения, подтверждение этого подхода находится в природе существования любого субъекта экономики в экономической системе, регулируемой рынком (в условиях конкуренции). Выживание в такой системе становится возможным только при производстве конкурентоспособной продукции. Соответственно, для того чтобы субъекту экономики стабильно функционировать и развиваться, необходимо постоянно совершенствовать свой товар (услугу) или производить новый, что возможно только при использовании нового знания. Следовательно, вся экономика в какой-то степени инновационна. Но в одной части экономической системы обновления происходят быстрее, а в другой - гораздо медленнее. Таким образом, получаем, что та часть экономической системы, где присутствует набор определенных признаков инновационного процесса (затраты на НИОКР, наличие инновационной продукции и т.д.), является инновационной, остальная – неинновационной [10-12].

Практическое применение описанного подхода наталкивается на проблему деления экономики и экономического процесса на традиционную и инновационную составляющие. С позиции социальной системы эта трудность преодолевается за счет изучения вида потребностей, которые удовлетворяют рассматриваемые институты или процессы. Так, процессы и институты, ориентированные на

потребности развития, относятся к новой системе. А институты, ориентированные на удовлетворение витальных и социальных потребностей, - к традиционной системе [10-12].

В рамках экономической системы региона решение этой проблемы носит не столь однозначный характер. Это объясняется, с одной стороны, возможным участием в инновационном процессе нескольких организаций, преследующих цель - получение экономического эффекта, с другой стороны, все этапы разнесены относительно друг друга во времени. С первой точки зрения, фирмы могут принимать участие в отдельных процессах, образующих в целом инновационную цепочку с выходом новой продукции на рынок, а потому применения одного критерия для отнесения организаций в разряд инновационно-активных сразу оставляет за областью исследования те из них, которые по этому критерию не проходят.

Со второй точки зрения, фирма проходит все этапы инновационного процесса последовательно, и в момент оценки находится на одном из них. В том случае, если критерий отнесения не учитывает динамику этого процесса, тогда организация имеет возможность не попасть в число инновационно-активных. По причине того, что критерий может учитывать либо нахождение фирмы на одном (или нескольких) из этапов, либо конечный результат инновационной деятельности. А, следовательно, если организация находится на других этапах и не достигла конечного результата, значит, она не попадет в поле оценивания критерия, и автоматически будет зачислена в список традиционных. В результате, также как и в первом случае, происходит сильное ограничение объекта исследования, что приведет к искажению истинности состояния региональной экономической системы в целом и ее составляющих (традиционной и инновационной подсистем).

По нашему мнению, решение этой проблемы возможно посредством выделения нескольких критериев отнесения организации к числу инновационно-активных. Определение таких критериев должно происходить на основе оценивания каждого из этапов, образующих инновационную цепочку, т.е. 1) затраты на фундаментальные исследования; 2) затраты на прикладные исследования; 3) количество полученных патентов и лицензий; 4) затраты на освоение и выпуск новой продукции; 5) объем произведенной инновационной продукции и услуг; 6) Объем отгруженной инновационной продукции и услуг.

С учетом вышеизложенного в данной статье напрашивается следующий вывод: условием развития является, с одной стороны наличие противоречия нового с подсистемой старой системы, препятствующей становлению этого нового, а с другой стороны, сохранение гомеостаза в той части старой системы, которое является условием успешного перехода к новой системе.

Литература

1. Мартюшев Н.В. ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ НА КАФЕДРЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ ТПУ // Фундаментальные исследования. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ // Фундаментальные исследования. 2012. № 6-3. С. 596-600.
3. // Мартюшев Н.В. РАЗРУШЕНИЕ ОТЛИВОК ИЗ БИНАРНЫХ СВИНЦОВИСТЫХ БРОНЗ Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития. 2012. № 1. С. 225-229.
4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКОГО НАНОКОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА Известия высших учебных заведений. Физика. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.
5. Мартюшев Н.В. ФАЗОВЫЙ СОСТАВ БРОНЗЫ БРОС10-10 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ОХЛАЖДЕНИЯ ОТЛИВОК И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА // Известия высших учебных заведений. Физика. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.
6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. ДЕФЕКТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОЛИТЫХ БРОНЗОВЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ КОЛЕЦ НАСОСОВ И КОМПРЕССОРОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ // Цветные металлы. 2012. № 1. С. 79-81.
7. Мартюшев Н.В. ЛЕГИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ОТЛИВОК С ПОМОЩЬЮ ОБМАЗОК ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2008. № 3. С. 19-23.
8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. ПОТЕРИ ЛЕГКОПЛАВКОЙ ФАЗЫ ПРИ ВЫПЛАВКЕ И ЗАТВЕРДЕВАНИИ СВИНЦОВИСТЫХ БРОНЗ // Литейное производство. 2008. № 5. С. 10-11.
9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 68.
10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 403.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА

Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В.

Томский политехнический университет

vig@tpu.ru

Сегодня Россия входит в четверку быстро развивающихся стран мира, наряду с Бразилией, Китаем, Индией. По прогнозам аналитиков инвестиционного банка Goldman Sachs, «если все пойдет нужным образом», к 2039 году совокупный ВВП этих стран превысит аналогичный показатель стран «большой шестёрки» (США, Италия, Франция, Германия, Япония, Великобритания). При этом России отводится роль мирового лидера в экспорте природных ресурсов [1]. Альтернативой прогнозируемому развитию событий является переход российской экономики на инновационные «рельсы». Такой путь позволит обеспечить изменение отраслевой структуры экономики, развитие экономических и социальных сторон жизни общества путем разработки, производства и потребления новых благ.

Проблемой формирования научных и практических подходов по оценке развития региона занимались многие отечественные и зарубежные исследователи. Широко известны работы методологического и прикладного характера – У. Изарда, З. Дзениса, Ж. Дебре, В. Леонтьева, Р. Шнипера, А. Гранберга, Е. Гурмана, Е. Рюминой и др. Разработанные ими подходы создали методологическую основу для формирования большинства современных инструментов диагностики изменения состояния региона. Среди таких инструментов следует выделить следующие: методика комплексной оценки уровня социально-экономического развития субъектов Российской Федерации, разработанная Министерством финансов и Министерством экономического развития РФ в рамках федеральной целевой программы «Сокращение различий в социально-экономическом развитии регионов Российской Федерации (на 2002–2010 годы и до 2015 года)» [2], модель Рюминой и Гурмана [3], система индикаторов Института экономики города [4], система индикативного управления экономикой Республики Татарстан [5–7], методика журнала «Эксперт» [8]

Однако, в большинстве методик оценка инновационной составляющей региона отсутствует, либо описывается несколькими индикаторами, что не позволяет получить целостное представление о возможности перехода региона на инновационные рельсы развития и причин препятствующих ему. Так, к числу первой группы методик (методики, не содержащие индикаторов оценки инновационного сектора) можно отнести методику расчета комплексной оценки социально-экономического

развития регионов, индикативную модель Татарстана, методика расчета индекса развития человеческого потенциала.

В методике расчета комплексной оценки социально-экономического развития регионов, разработанной и используемой Минэкономразвитием и Минфином России [2], в качестве основных составляющих, обеспечивающих развитие региона, выделяются различные составляющие (такие как накопленный экономический потенциал, инфраструктурное освоение территории, общий уровень жизни населения, развитие и состояние рынка труда, развитие потребительского рынка и многие другие), но инновационного блока среди них нет.

Такая же ситуация наблюдается в индикативной модели Татарстана [5–7], в которой в качестве ключевых направлений оценки выступают управление экономикой, финансами, имуществом, социальной сферой и другими сферами. Инновационный сектор в этом методическом подходе не представлен ни одним индикатором.

При этом следует отметить и тот факт, что в качестве основного предмета диагностики в обоих методах отмечено определение уровня развития региона. Как отмечает профессор В.Н. Лексин, подобным образом представляемый предмет оценки региона привычно понятен – тем более, что по результатам таких «оценок» и расчетов «уровней» выстраиваются хорошо знакомые и постоянные публикуемые сравнительные ряды и группы регионов для обоснования решений об их господдержке [9, с.66]. И все же подобное отождествление предмета оценки с «развитием» региона не вполне корректно.

К числу второй группы методик (методические подходы, содержащие индикаторы оценки инновационного сектора) относятся методика журнала «Эксперт», методика Гурмана Е.В., Рюминой Е.В. В этих методиках используется выделение, наравне с экономическим, социальным и экологическим секторами, еще и инновационной составляющей.

Первый методический подход основан на изучении интегрального потенциала региона, который включает в себя восемь частных потенциалов (каждый из которых характеризуется целой группой показателей): производственный, трудовой, потребительский, инфраструктурный, ресурсно-сырьевой, институциональный, финансовый и инновационный. Инновационный потенциал здесь рассматривается не как совокупность объектов, взаимодействующих между собой, как свойствен-

но большинству современных подходов по оценке потенциала, а как уровень внедрения достижений научно-технического прогресса и степень модернизации производства в регионе [8, с.68]. В соответствии, с чем напрашивается вывод, аналогичный рассмотренный двум выше подходам, о не полноте информации о состоянии региона, получаемой при использовании этого подхода.

Вторая методика в этой группе, как и предыдущие подходы, при оценке развития региона использует индексный подход к оценке четырех объектов: социальной, экономической, экологической и инновационной систем, что накладывает общий недостаток таких подходов. Однако, в отличие от них, анализ состояния территории происходит с учетом коэффициентов взаимодействия всех объектов оценки, что позволяет получить целостное представление о состоянии территории.

Первое направление сводится к изучению восприятия науки населением. В его рамках исследуется личностный аспект, т.е. строится рейтинг тематики научных исследований / инноваций в системе информационных предпочтений населения и определяется уровень познания населением основных научных теорий [11]. Следующее направление сводится к изучению мнения населения о направлениях влияния эффектов научно-технического развития на различные стороны жизни и сферы деятельности людей и выявлению области деятельности, с точки зрения населения, в наибольшей степени испытывающие потребность в совершенствовании с помощью науки [11].

Третий этап заключается в исследовании потребностей науки, что сводится к исследованию поддержки науки в массовом сознании и проявляется в виде изучения мнения об уровне российских исследований и о необходимости государственной поддержки отечественной науки [11]. В рамках последнего, изучается общественный статус научной деятельности путем выявления ее престижа и проявлении уважения к профессии ученого. Простота и внешняя логичность такой методики сделали ее популярной во многих странах мира, включая и Россию. Однако, за этим упрощением скрывается проблема не полноты получаемой информации об объекте исследования, что, в конечном итоге, не позволяет сформировать целостное представление о нем. В идеале для получения целостного представления об объекте исследования необходимо оценить состояние объекта в целом, основные факторы, обеспечившие состояние объекта, или состояние основных составляющих системы и процессы, обусловившие изменения этих факторов (подсистем) во времени в рамках процесса развития.

Тем не менее, на практике оценку социально-экономического и инновационного развития региона сводят, чаще всего, сводят к куда более простым аналитическим действиям (например, к построению рейтинга «инвестиционной привлекательности регионов», «научной тематики»), т.е. к диагностике узких проблем функционирования и развития территориальных систем.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 596-600.
3. // Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.
4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.
5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы брос10-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.
6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнolитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.
7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.
8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.
9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.
10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ САМООЧИЩЕНИЯ НА УЧАСТКЕ РЕКИ СЕЛЕНГИ

Д.Г. Абеляшев, М.Д. Михайлов
Томский государственный университет
AbelyashevDG@Gmail.com

Введение

Рассматривается участок реки Селенги длиной 12 км. Органическое вещество (фенол)

L (мг/л), имеющее некоторое начальное распределение, потоками воды перемещается по течению реки со скоростью U (км/сут.). При этом меняется уровень жидкости H (км), образуются волны, изменяется концентрация кислорода и микроорганизмов, которые вступают в реакцию с субстратом L и уменьшают его содержание в воде.

В работе предлагается модификация моделей Герберта и Стритера-Фелпса с применением уравнений мелкой воды вида:

$$\begin{cases} \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial HU}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial HU}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(HU^2 + \frac{g}{2} H^2 \right) = 0, \\ \frac{\partial HL}{\partial t} + \frac{\partial HUL}{\partial x} + \frac{1}{Y} \frac{\mu_m HLX}{K_L + L} + K_1 HL = 0, \\ \frac{\partial HX}{\partial t} + \frac{\partial HUX}{\partial x} - \frac{\mu_m HLX}{K_L + L} + bHX = 0, \\ \frac{\partial HD}{\partial t} + \frac{\partial HUD}{\partial x} - K_1 HL + K_2(D_S - D) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, D – концентрация кислорода в воде при наличии отходов, D_S – концентрация кислорода в воде при их отсутствии. Смысл остальных параметров системы указан в [1, 2].

К системе (1) добавляются начальные

$$\bar{W}(x, 0) = \frac{\bar{W}_{02} - \bar{W}_{01}}{l} x + \bar{W}_{01}, \quad (2)$$

и граничные

$$\bar{W}(0, t) = \bar{S}(0, t), \quad \frac{\partial \bar{W}(l, t)}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

условия.

Здесь

$$\bar{W} = (H, U, L, X, D)^T;$$

$$\bar{S} = \begin{pmatrix} a_H \cdot \sin(\omega t) + H_{01} \\ a_U \cdot \sin(\omega t) + U_{01} \\ a_L \cdot \sin(\omega t) + L_{01} \\ a_X \cdot \sin(\omega t) + X_{01} \\ a_D \cdot \sin(\omega t) + D_{01} \end{pmatrix};$$

где a_H, a_U, a_L, a_X, a_D – амплитуды, ω – частота колебаний, \bar{W}_{01} – значение вектор-функции на

левой границе, а \bar{W}_{02} – значение на правой границе.

Численное решение задачи (1)-(3) осуществляется с помощью явной разностной схемы Лакса-Фридрихса [3] с соответствующими разностными краевыми условиями. Исследованы вопросы аппроксимации, устойчивости и сходимости решения разностной задачи к решению дифференциальной задачи. Показано, что разностная задача имеет погрешность аппроксимации первого порядка по временному шагу τ и по пространственному h , и схема Лакса-Фридрихса условно устойчива по начальным данным. Условие устойчивости получено в виде:

$$\tau \leq \frac{h}{\left| U_j^n + \sqrt{gH_j^n} \right|},$$

где $j = \overline{0, N}$, $n = \overline{0, T}$.

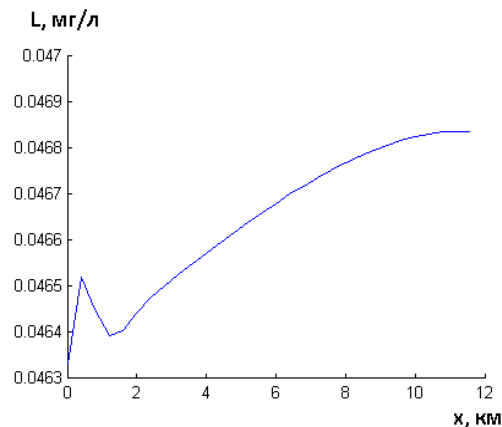


Рис. 1. Концентрация органических отходов, $t=5$ сут

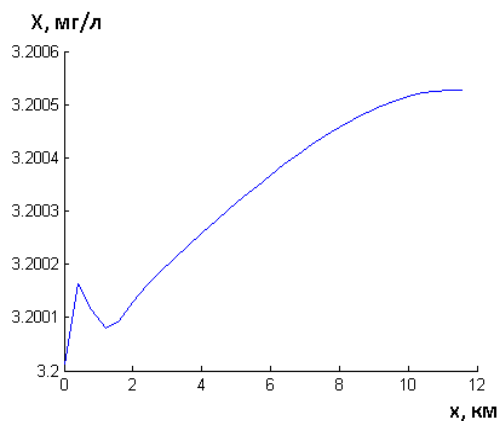


Рис. 2. Концентрация микроорганизмов, $t=5$ сут

Численная реализация разностной задачи осуществлялась с помощью пакета программ MatLab. Расчётная область покрывалась сеткой, состоящей из 100 узлов.

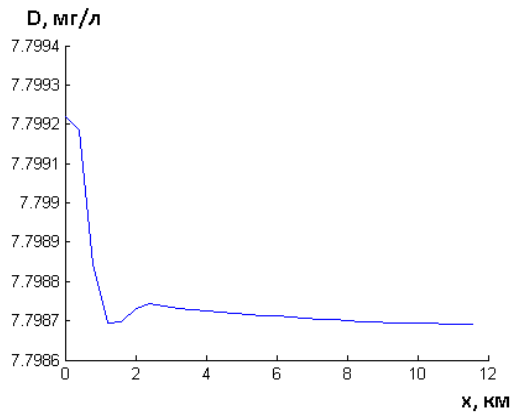


Рис. 3. Концентрация кислорода, t=5 сут

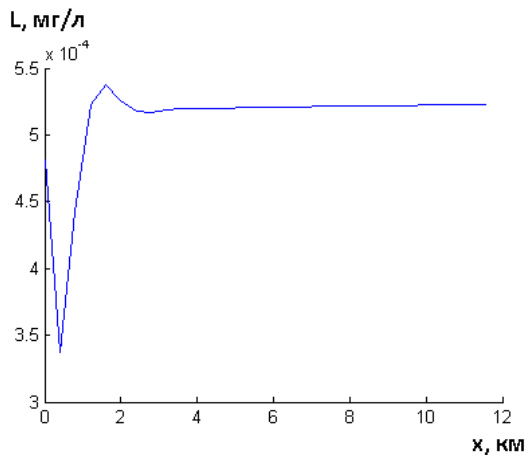


Рис. 4. Концентрация органических отходов, t=10 сут

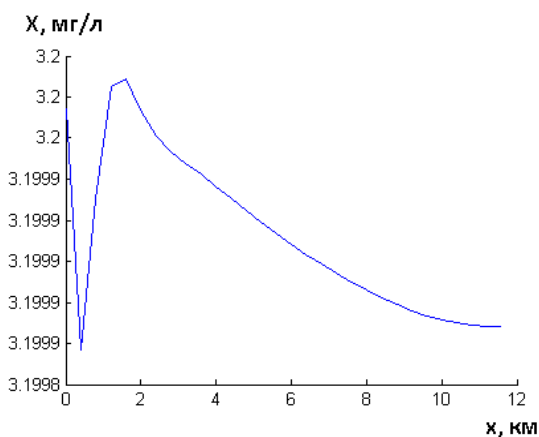


Рис. 5. Концентрация микроорганизмов, t=10 сут

Результаты расчётов представлены в виде графиков изменения компонент вектора \bar{W} (рис. 1-6) в моменты времени $t = 5$ сут., $t = 10$ сут. Проводилось сравнение результатов численного расчёта с экспериментальными данными из [4]. Сравнение показало достаточно хорошее совпадение результатов.

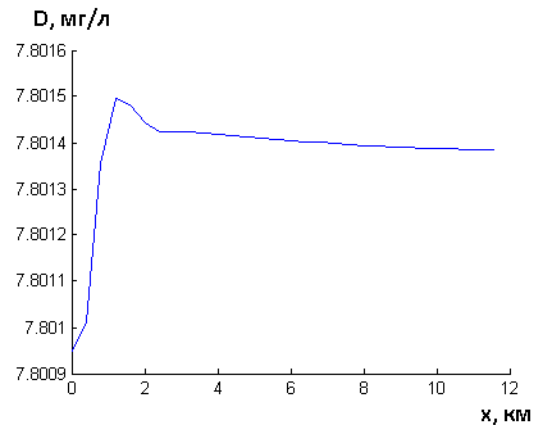


Рис. 6. Концентрация кислорода, t=10 сут

Литература

- 1 Абеляшев Д.Г., Михайлов М.Д., Математическое моделирование процессов самоочищения реки с использованием модификации моделей Герберта и Стритера–Фелпса. // Материалы VII Сибирской конференции по параллельным высокопроизводительным вычислениям. Томск: Изд. Томского Университета, 2014. – С. 89-96.
- 2 Aldrighetti Elisa, 2007. Computational hydraulic techniques for the Saint Venant Equations in arbitrarily shaped geometry. Thesis, University Toronto, Department of Mathematic, pp.125 pages.
- 3 Breuss, M. (2003): On the correct use of the Lax–Friedrichs method. Accepted for publication in M2AN
- 4 Башенхаева Н.В. О самоочищающей способности вод реки Селенги. // Материалы 3-ей Всероссийской конференции с международным участием. Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов. - Барнаул: Изд. АРТ, 2010. - С. 14-17.

APPLICATION AND OPTIMIZATION OF CROSS-CORRELATION ALGORITHM FOR IMAGE REGISTRATION

Baglaeva E.A., Tsapko S.G., Shepetovsky D.V.
Scientific advisor: Tsapko S.G.
National Research Tomsk Polytechnic University
634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30
E-mail: eab14@tpu.ru

Introduction

Image registration is the process of transforming different sets of data into a single coordinate system. The data can be multiple photographs, data from different sensors, times, depths, or viewpoints. Image registration is used in computer vision, medical imaging, biological imaging and brain mapping, military automatic target recognition, and satellite images compiling and analysis. This process is necessary to perform comparison or integration of data obtained from these different measurements. [1]

The process of image registration consists of four steps:

1. Feature detection.
2. Feature matching.
3. Transform model estimation.
4. Image resampling and transformation.

The first step, feature detection, means finding correspondence between the image and the template. This work will consider application a cross-correlation algorithm to this first step.

Cross-correlation algorithm

In statistics, **dependence** is any statistical relationship between two random variables or two sets of data. **Correlation** refers to any of a broad class of statistical relationships involving dependence.

The most familiar measure of dependence between two quantities is the **Pearson product-moment correlation coefficient**, commonly called simply "the correlation coefficient". It is obtained by dividing the covariance of the two variables by the product of their standard deviations. [2]

Pearson's correlation coefficient when applied to a sample is commonly represented by the letter r and may be referred to as the sample correlation coefficient or the sample Pearson correlation coefficient. We can obtain a formula for r by dividing estimates of the covariances to estimates of the variances of the series. That formula for r is: [3]

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Cross correlation is a standard method of estimating the degree to which two series are correlated.

Let us consider two series $x(i)$ and $y(i)$ where $i=0,1,2,\dots,N-1$. The cross correlation r at delay d is defined as:

$$r(d) = \frac{\sum_i (x[i] - mx)(y[i-d] - my)}{\sqrt{\sum_i (x[i] - mx)^2} \sqrt{\sum_i (y[i-d] - my)^2}}$$

Where mx and my are the means of the corresponding series. If the above is computed for all delays $d=0,1,2,\dots,N-1$, it results in a cross correlation series of twice the length as the original series.

It is necessary to determine cases when the difference between the index i and the delay d is out of range $0, 1, 2, \dots, N-1$. There are several ways for solving this problem. First, it is possible to set the value $y(i-d)$ as 0 for $i < d$ and $i > N+d-1$. Second, the indexes can be "wrapped" back within range, i.e. $x(-1) = x(N-1)$, $x(N+5) = x(5)$, etc. Third, these values can be ignored and not taken into observation. Second option is applied if the series is assumed to be circular, otherwise third option is applied.

The value of Pearson's correlation coefficient is between +1 and -1.

However, limited length of data types and the use of division operator result in a noticeable computational error if this formula is used.

Therefore, the denominator can be discarded, leaving only the numerator. The obtained formula represents the un-normalized cross-correlation coefficient.

The formula above is valid for the analysis of one-dimensional arrays. The same method applied to image processing is called 2D cross-correlation. In this method, image is represented as a numerical matrix, storing the values of different channels: brightness, hue, saturation, etc.

$$r[i][j] = \sum_{jj=0}^{jj < N_j} \sum_{ii=0}^{ii < N_i} (mask[ii + N_i][jj + N_j] - \overline{mask})(image[i + ii][j + jj] - \overline{image})$$

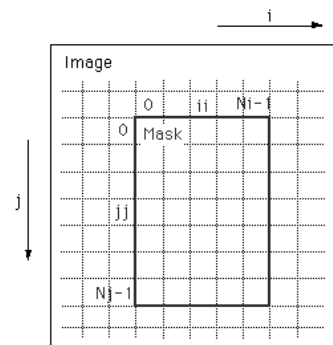


Fig. 1. The image and the mask

Let us consider the image and the mask (Fig. 1). The upper left corner of the mask (with coordinates (0, 0)) corresponds to a currently analyzed pixel in the image. The mask is moving over the image and as the cross correlation is calculated, this process forms a 2D array of correlation coefficients. [4]

It should be noted that the mean of the mask is a constant value, while the mean of the image has to be recalculated at every pixel of the image.

Optimization of the algorithm

The complexity of calculating a cross-correlation coefficient for each pixel is N^2 , where $N*N$ is the size of the mask, therefore it is expedient to choose a mask of a small size. If the size the test image is $M*M$, the overall complexity of the algorithm is $O(M^2N^2)$.

2D cross-correlation is a time-consuming computational process, so it has to be optimized.

Preprocessing may be used to improve the computation process for mean of the image pixels covered by the mask. Instead of recalculating the sum of the pixels and dividing it by its quantity each step, it is advantageous to create a matrix that stores the sums of elements in the direction from left to right and from top to bottom of a given cell calculated beforehand. Then, to get the sum of the elements of a necessary submatrix we need to subtract the sums of smaller submatrices (those above and to the left) from the big submatrix, while taking care not to subtract the same elements twice. (Fig. 2).

Image				Sum_of_image			
1	2	3	4	1	3	6	10
5	6	7	8	6	14	24	36
9	10	11	12	15	33	54	78
13	14	15	16	28	60	96	136
sum[i,j] = [i,j] + s[i-1,j] + s[i,j-1] - s[i-1,j-1]							
subm(i1,j1,i2,j2) = s[i2,j2] - s[i1-1,j1] - s[i1,j1-1] + s[i1-1,j1-1]							

Fig. 2. The example of preprocessing

Thus, the complexity of getting sum of elements becomes $O(1)$ instead of $O(N^2)$, and the total algorithm complexity is $O(2M^2)$, or, from the rules of asymptotic complexity calculation, it is $O(M^2)$.

Limitations of the algorithm

Returning to the issue considered in the one-dimensional case, where the analyzed area goes beyond the boundaries of the image array, we can apply a similar solution to the two-dimensional case.

The first option is to consider missing pixels as zeros and do the same computation. The second option is to "wrap around" the image, using the formula $x(N + s)(N + t) = x(s)(t)$. In both cases, it is likely that the points of coincidence of image and the mask close to the image boundaries will not be found. Therefore, it is possible to ignore the computation of the boundary pixels at all.

Results

Approbation of the cross-correlation algorithm was performed using Microsoft Visual Studio 2013 and OpenCV 2.4.9. OpenCV (Open Source Computer Vision) library has *matchTemplate* function, containing methods for finding correspondences between the image and the template.

There are six matching methods that are available in OpenCV, and two of them use cross-correlation algorithm. They are called *CV_TM_CCORR* and *CV_TM_CCORR_NORMED*.

CV_TM_CCORR method is similar to the unnormalized cross-correlation coefficient, but it performs only summation of pixels, without subtracting the mean of mask and image. This method is sensitive to data collision, and may produce incorrect results when the large mask is applied. The formula is shown below:

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} [T(x', y') \cdot I(x + x', y + y')]$$

The problem of data collision is solved in the *CV_TM_CCORR_NORMED* method: [5]

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} [T(x', y') \cdot I(x + x', y + y')]}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}}$$

The *matchTemplate* function compares the pixels relative to upper left corner of the template and skips the problematic regions near the image boundaries.

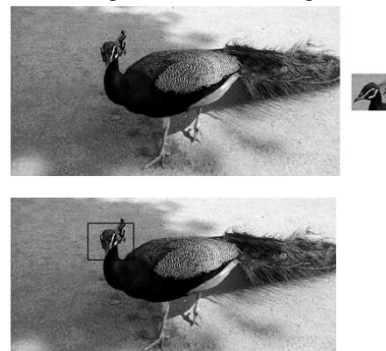


Fig. 3. The result of applying the algorithm

According to the results (Fig. 3), we observe that cross-correlation algorithm, despite its simplicity, is able to adapt to small distortions and interference, like changes in proportions and size and object's rotation.

References

1. Image registration. // Wikipedia [Electronic source]. – URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Image_registration (30.09.2014).
2. Correlation and dependence. // Wikipedia [Electronic source]. – URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Correlation_and_dependence (30.09.2014).
3. Pearson product-moment correlation coefficient. // Wikipedia [Electronic source]. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Pearson_product-moment_correlation_coefficient (30.09.2014).
4. Paul Bourke. Cross Correlation. // paulbourke.net [Electronic source]. – URL: <http://paulbourke.net/miscellaneous/correlate/> (30.09.2014).
5. Template Matching. // OpenCV 2.4.9.0 documentation [Electronic source] – URL: http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/histograms/template_matching/template_matching.html (30.09.2014).

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Арышева К.С., Аксенов С.В.
Томский политехнический университет
varks@tpu.ru

Введение

Развитие науки в настоящее время, наблюдения и эксперименты, рост количества получаемой информации и необходимость ее обработки требуют создания высокопроизводительных вычислительных систем для кластеризации или классификации огромного неструктурированного множества данных. В данной работе рассматривается задача кластеризации астрономических объектов с использованием методов нечеткой логики.

Нечеткая логика представляет собой обобщение традиционной логики и теории множеств, базирующееся на понятии нечеткого множества. Данное понятие было введено в 1965 году математиком Л.Заде, которое расширяет определение классического множества, допуская значение функции принадлежности множеству в интервале $[0;1]$. Это означает, что объект может принадлежать множеству с некоторой степенью. Такой тип принадлежности позволяет описывать более естественные задачи кластеризации объектов. Кластеризация – объединение объектов в группы – кластеры – на основе их схожести по качественным, количественным и другим признакам. Для определения кластера используются логические выражения вида: если $x_1 = a, x_2 = b, \dots, x_n = p$, то $y \in I$, где y – объект кластера I , имеющий $\{x_1; x_n\}$ параметров [1].

Основные положения

Для кластеризованного множества объектов с определенным набором признаков возможно выделение кластеризующих признаков на основе правил вывода нечеткой логики. Рассмотрим пример. Пусть имеется N объектов x с k признаками, $k = [1 \dots 3]$. Пусть на данном множестве выделено два кластера. Рассмотрим выделенные кластеры относительно первого признака и второго признака на Рис. 1.

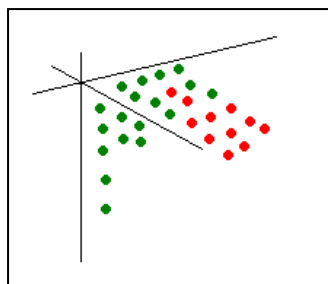


Рис. 1. 2 кластера

Таким образом, можно заключить, что второй признак является определяющим для первого и второго кластеров. Теперь если к данному множеству

добавить объекты третьего кластера, можно заметить, что второй признак перестал быть определяющим. Для второго и третьего кластера определяющим признаком будет первый параметр (Рис. 2).

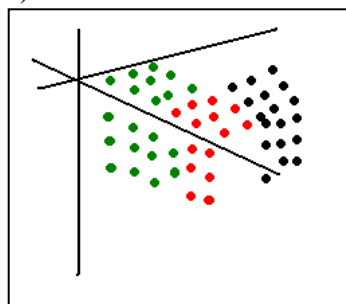


Рис. 2. 3 кластера

Т.е. для множества объектов достаточно двух признаков для кластеризации и вывода правил вида: если $x_{k1} = p_{k1}, x_{k2} = p_{k2}$, то x принадлежит кластеру k . На основе данных правил можно выявить ошибки

кластеризации или подтвердить ее правильность.

Реализация системы

Приложение на данном этапе позволяет проводить кластеризацию объектов на основе методов нечеткой логики и горной кластеризации. Результаты данной работы станут основой для вывода правил кластеризации, рассмотренных в теоретической части.

Алгоритм заключается в поиске точек, которые потенциально могут быть центрами кластеров. Потенциальными центрами кластеров должно быть конечное число точек, определенное несколькими способами. Первый способ – принять количество кластеров количеству объектов исследования. Другой способ выбора центров кластеров использует дискретизацию пространства входных признаков. Диапазоны изменения входных данных разбиваются на интервалы, а через точки разбиения проводятся прямые параллельные координатным осям. Произведение количества точек пересечения для всех признаков равно начальному количеству кластеров. Потенциал каждой точки рассчитывается по формуле (1), где Z_h – потенциальные центры кластеров, X_k – признак кластеризуемого объекта, M – количество объектов, α – положительная константа.

$$P(Z_h) = \sum_{k=1}^M \exp(-\alpha * D(Z_h, X_k)),$$
$$D(Z_h, X_k) = \sqrt{\|Z_h - X_k\|^2} \quad (1)$$

В качестве центра первого кластера выбирают точку с наибольшим потенциалом. После для всех остальных потенциальных центров пересчитывается их потенциал с учетом влияния только что

выделенного центра кластера по формуле (2), где P – потенциал первого выделенного кластера, V – центры первого кластера, β – положительная константа.

$$P(Z_h) = P(Z_h) - P(V) * \exp(-\beta * D(Z_h, V)) \quad (2)$$

Данная процедура повторяется, пока потенциал следующего центра не окажется меньше какого-либо установленного значения [2][3].

В приложении реализованы два метода кластеризации. В первом способе в качестве потенциальных центров выбираются объекты, обладающие параметрами с максимальными или минимальными значениями.

```

for (int i = 0; i < 4; i++){
    initCenters.Add(new           Cen-
    ter(spaceObjects.Find(sObject
    =>sObject.parameters[i].value    ==    spaceOb-
    jects.Max(sObj => sObj.parameters[i].value)), 0));
    initCenters.Add(new           Cen-
    ter(spaceObjects.Find(sObject
    =>sObject.parameters[i].value    ==    spaceOb-
    jects.Min(sObj => sObj.parameters[i].value)), 0));}
    
```

Второй способ в качестве потенциальных центров отбирает элементы, обладающие наиболее распространенными значениями параметров – объекты, дающие большую плотность.

```

var commonParameterValue = GetDensity();
for (int i = 0; i < commonParame-
terValue.Count; i++) {
for (int j = 0; j < maxParameterValue[i].Count; j++)
    {initCenters.Add(newCenter(           spaceOb-
    jects.Find(sObject => sObject.parameters[i].value ==
    commonParameterValue[i][j]), 0)); } }
    
```

Первый способ дает следующий результат кластеризации (Рис. 3).

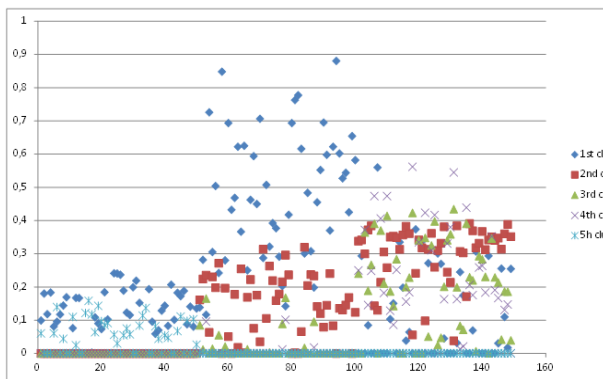


Рис. 3. Результат кластеризации для первого способа

Результаты для второго способа (Рис. 4):

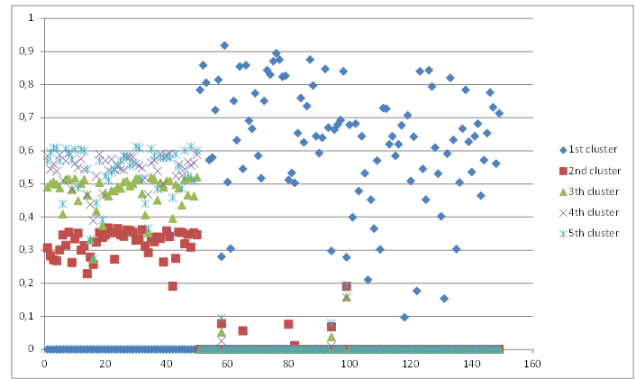


Рис. 4. Результат кластеризации для второго способа

Заключение

Как видно из представленных результатов, предложенные методы кластеризации достаточно эффективны и выделенные кластеры на графиках имеют достаточно определенные границы. Конечно, данные методы еще возможно улучшить, но уже в настоящий момент на основе полученных кластеров можно выделить правила кластеризации следующего вида:

Если $p_1 = x_1, p_2 = x_2, \dots, p_n = x_n$ тогда объект \in Кластеру

В ближайшее время на основе полученных правил кластеризации планируется реализация анализа кластеризованного множества для выявления достаточного количества определяющих признаков. Таким образом, полученный кластеризатор можно будет использовать не только для кластеризации множества объектов, но и для проверки уже кластеризованного множества.

Список литературы

1. Joseph M. Barone, Dimitar P. Filev, Ronald R. Yager, "Moimtain method-based fuzzy clustering: methodological considerations", International Journal of General Systems, vol 23:4, 281-305,(1995).
2. Khaled Hammouda, "A Comparative Study of Daya Clustaring Techiques", University of Waterloo, Ontario, Canada, Volume 13, Issues 2-3, pp. 149-159,(November 1997).
3. Kuhu Pal, Nikhil R. Pal, James M. Keller, James C. Bezdek, "Relational Mountain (Density) Clustering Method and Web Log Analysis", International Journal of Intelligent Systems, vol. 20, 375–392 (2005).

АДАПТИВНЫЕ СЕТКИ В ПРИМЕНЕНИИ К ЗАДАЧЕ ОБ ИЗМЕНЕНИИ КОНЦЕНТРАЦИИ АУКСИНА

Осипов В. А., Меркулова Н. Н.
Томский государственный университет
E-mail: Viktor456a@mail.ru

При численном решении задач математической физики часто применяются неравномерные структурные или неструктурные сетки. Широкий класс задач можно решать при помощи конечно-разностных методов расчета на структурных сетках, адаптирующихся к границе области или внутри самой области. Использование адаптивных сеток позволяет сгущать узлы в нужных подобластях и существенно повысить точность вычислений по сравнению с результатами, полученными на неадаптивных сетках того же размера[1].

В настоящей работе рассматривается математическая модель изменения концентрации ауксина (гормон, вырабатываемый в апикальных меристемах побегов) на ранних стадиях развития растений[2]. Модель описывается системой дифференциальных уравнений параболического типа

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = D_u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + bu(1-u) - g_1 uv, \\ \frac{\partial v}{\partial t} = D_v \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + duv(1-v) - g_2 uv, \end{cases} \quad (1)$$

где $u = u(x, t)$, $v = v(x, t)$ соответственно ауксин и ингибитор. К (1) добавляются начальные условия $u(x, 0) = u_0(x)$, $v(x, 0) = v_0(x)$, $x \in [0, 10]$, $t \in [0, T]$,

и граничные условия

$$\left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=10} = 0, \quad \left. \frac{\partial v}{\partial x} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial v}{\partial x} \right|_{x=10} = 0.$$

Здесь b, g_1, D_v, D_u, d, g_2 – параметры модели, которые должны быть заданы. Уравнения (1) даны в безразмерном виде. Значения параметров b, g_1, d, g_2 , гарантирующие устойчивость стационарных решений упрощенной модели, найдены в работе[3].

Ставится задача: найти функции $u = u(x, t)$, $v = v(x, t)$ из пространства $C_2^1(G) \cap C(\bar{G})$, удовлетворяющие (1) - (2), $\bar{G} = \{(x, t) | 0 \leq x \leq 10, 0 \leq t \leq 10\}$, с применением адаптивных сеток.

В данной работе адаптивная сетка строится на основе вариационного метода [4]. Генерация сетки осуществляется в результате минимизации линейной комбинации функционалов гладкости, ортогональности и адаптации. Весовая функция в функционале адаптации выбирается как функция суммы модулей плотности ауксина и ингибитора. Такой модулесовой функции позволяет проводить сгущение узлов в зонах больших градиентов плотности.

При построении подвижной сетки задается вычислительное пространство (ξ, τ) , и физическое пространство (x, t) , в которых задано разделение на время и пространство. В пространстве (ξ, τ)

сеточные линии находятся на одинаковом расстоянии друг от друга в отличие от пространства (x, t) [4].

Вариационный принцип формулируется следующим образом[4]: среди всех отображений вида $x = x(\xi, \tau)$, $t = \tau$, удовлетворяющих заданным граничным условиям $x(a, \tau) = p$, $x(b, \tau) = q$, найти такое, которое минимизирует функционал $I = \lambda_S I_S + \lambda_V I_V + \lambda_B I_B$. Здесь $\lambda_S, \lambda_V, \lambda_B$ – заданные положительные числа.

$I_S = \int_a^b x_\xi^2 d\xi$ – определяет свойство гладкости сетки, $I_V = \int_a^b W J^2 d\xi$ – задает сгущение сетки, где W – весовая функция, определенная в физическом пространстве и зависящая от градиента решения задачи. Функционал $I_B = \int_a^b (J - J^*)^2 d\xi$ следит за искажением сетки за шаг по времени. Здесь J^* – якобиан преобразования $x = x(\xi, \tau)$, $t = \tau$, с предыдущего шага по времени.

В итоге, чтобы добиться минимизации функционала I нужно построить сетку в физическом пространстве, которая одновременно удовлетворяет трем условиям: 1) гладкость; 2) сгущение узлов в области сильных градиентов; 3) слабое искажение сетки за шаг по времени. Точность выполнения этих свойств зависит от значений коэффициентов $\lambda_S, \lambda_V, \lambda_B$.

Тогда построение сетки на основе вариационного принципа сводится к решению краевой задачи [4]:

$$\begin{cases} x_{\xi\xi}(\lambda_S + \lambda_V + \lambda_B) = - \left(\frac{\lambda_V J^2}{2W} \frac{\partial W}{\partial x} - \lambda_B x_{\xi\xi}^* \right), \\ x(a, \tau) = p, \quad x(b, \tau) = q. \end{cases}$$

Далее исходная задача записывается в координатах вычислительного пространства и к ней применяется разностная аппроксимация (схема 1). Исходная задача также аппроксимируется неявной разностной схемой Самарского с итерациями (схема 2)[5]. Обе схемы исследованы на аппроксимацию, устойчивость и сходимость. Доказано, что порядок погрешности аппроксимации составляет первый по времени и второй по пространству. С учетом аппроксимации граничных условий суммарный порядок погрешности аппроксимации дифференциальной задачи разностными уравнениями составляет первый по времени и первый по пространству. В ходе доказательства устойчивости разностной схемы 2 получено, что неявная схема абсолютно устойчива по начальным данным. Тогда по теореме Лакса решение разностной

задачи сходится к решению дифференциальной задачи со скоростью $O(\tau, h)$.

Все разностные уравнения решаются с использованием итерационного процесса с прогонкой на каждой итерации.

Вычислительный эксперимент проводился в области $\bar{G} = \{(x, t) | 0 \leq x \leq 10, 0 \leq t \leq 10\}$, с шагом по пространству $h = 0.1$ и по времени $\tau = 0.01$. Сравнивались результаты, полученные по неявной схеме 2, и результаты, полученные с применением адаптивной сетки. По схеме 2 процесс сходится за 3 итерации на каждом временном слое. В случае адаптивной сетки (схема 1) при $\lambda_B = 0$ строится равномерная сетка и процесс сходится за 2 итерации на каждом слое. При помощи различных комбинаций параметров $\lambda_S, \lambda_V, \lambda_B$, выбранных в ходе вычислительного эксперимента, были получены численные результаты, оформленные в виде рисунков 1-4. Анализ графиков позволяет наглядно увидеть, где сетка подстраивается под решение или наоборот искажает его, что приводит к существенной погрешности вычислений.

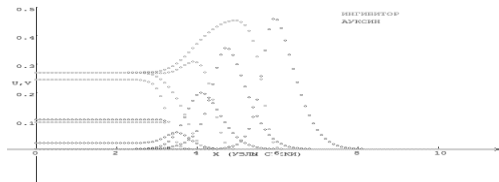


Рис. 1. Изменение концентрации ауксина и ингибитора по схеме 2 с течением времени

Рисунок 1 демонстрирует изменение концентрации ауксина и его ингибитора (этилена). С течением времени получено, что ауксин наращивает свою концентрацию за счет автокатализа. Увеличение концентрации ауксина приводит к заметному росту концентрации этилена, что в свою очередь тормозит увеличение концентрации ауксина и в системе устанавливается стационарное состояние.

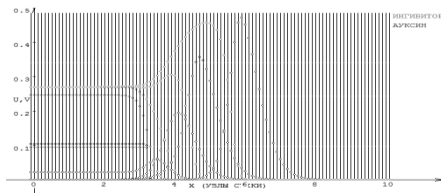


Рис. 2. Изменение концентрации ауксина и ингибитора по схеме 1 (равномерная сетка)

Поведение ауксина и ингибитора на рисунке 2 не отличается от поведения на рисунке 1: волны ауксина также постепенно наращивают свою реакцию, а волны ингибитора догоняют их. Расчеты проведены на адаптивной сетке (равномерный случай, $\lambda_B = 0$). Максимальная по модулю погрешность решений, полученных по схемам 1, 2, различается в сотых долях. Выбор различных наборов параметров $\lambda_S, \lambda_V, \lambda_B$ позволяет управлять

построением сетки. Например, на рисунке 3 при $\lambda_S = 1000, \lambda_V = 5, \lambda_B = 1000$ небольшое искажение линий сетки заметно в верхней части рисунка, и максимальная погрешность достигается в пределах сотых, но количество итераций k немного больше, по сравнению с предыдущим случаем ($k = 2943$).

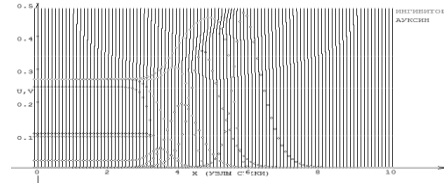


Рис. 3. Изменение концентрации ауксина и ингибитора ($\lambda_S = 1000, \lambda_V = 5, \lambda_B = 1000$)

На рисунке 4 показано сильное искажение сетки за шаг по времени, здесь $\lambda_S = 100, \lambda_V = 3, \lambda_B = 3000$. Максимальная по модулю погрешность наблюдается в десятых долях по сравнению с неявной схемой 2 и увеличивается количество итераций $k = 3097$.

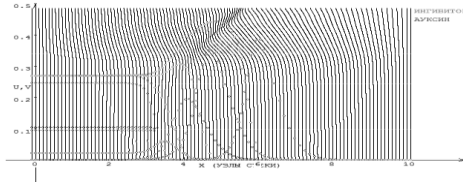


Рис. 4. Изменение концентрации ауксина и ингибитора ($\lambda_S = 100, \lambda_V = 3, \lambda_B = 3000$)

Результаты расчетов, полученные по обеим схемам, согласуются между собой и адекватно описывают физику рассматриваемого процесса, однако не носят окончательного характера.

Литература

1. Лисейкин В.Д. Обзор методов построения структурных адаптивных сеток. // Журнал вычислительной математики и математической физики, 1996 г., т.36, №1, с. 3 - 41.
2. Гельфанд Е. В. Математическое моделирование изменений концентраций ауксина на ранних этапах эмбриогенеза растений / Е. В. Гельфанд, О. В. Демин, Е. Э. Данилина // Биофизика. - 1999. - Т. 44, вып. 1. - С. 112-119.
3. Осипов В.А., Меркулова Н.Н. Исследование диффузионной модели изменения концентрации ауксина // Всероссийская конференция по математике и механике. Тезисы докладов. – Томск, 02-04 октября 2013. - С. 71.
4. Дмитриева И.С., Каннметов К.А., Саранча Д.А. Метод подвижных сеток в задаче моделирования миграции леммингов. // Численное моделирование в проблеме окружающей среды. - Фрунзе: Илим, 1989г., с. 109 -126.
5. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы.- М.: Наука, 1989. - 432 с.

СРАВНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ASCAT С ПРЯМЫМИ ИЗМЕРЕНИЯМИ

С.И. Ерин, И.А. Бородина

Научные руководители: к.ф.-м.н., доцент Н.Н. Богословский, к.г.н., доцент Л.И. Кижнер
Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск,
sergei.erin@mail.ru

Введение

Космические средства дистанционного зондирования Земли в настоящее время получили очень широкое применение во всем мире, выросло разнообразие аппаратов и общее их количество. Спутниковая информация используется для решения многих хозяйственных и научных задач мониторинга окружающей среды.

К достоинствам спутников можно отнести наличие современных систем дистанционного зондирования, возможность наблюдения поверхности Земли в любое время суток, независимо от состояния атмосферы, большую зону покрытия, эффективную передачу данных и высокую плотность наблюдений.

Одним из аспектов многочисленных видов спутниковых наблюдений являются наблюдения за влажностью почвы. Эти данные необходимы для решения экологических задач, при прогнозе урожайности сельскохозяйственных культур [1], в прогнозе погоды.

Одной из важнейших и сложнейших проблем для метеорологов является проблема повышения точности прогнозирования. Для повышения качества численных прогнозов необходимо более полно учитывать фактическое состояние суши и атмосферы. Большое значение играет учет влажности почвы.

В европейском центре среднесрочных прогнозов в 1996 году наглядно показали, что ошибки в задании влажности почвы оказывают значительное влияние на качество краткосрочного и среднесрочного численного прогноза погоды и даже оказывают влияние на сезонные прогнозы. Однако прямые измерения влажности почвы выполняются при метеорологических наблюдениях один раз в сутки только в теплое время года и являются визуальными, оценивается степень увлажнения почвы в баллах. Инструментальные агрометеорологические наблюдения выполняются один раз в декаду [2].

Системы дистанционного зондирования

С учетом широкого применения спутникового дистанционного зондирования для контроля надежности этих наблюдений, большое значение имеет калибровка данных со спутников и прямых измерений.

Различные спутники оснащены разными системами дистанционного зондирования. Серия MetOp – часть разрабатываемой Объединенной Полярной Системы (Initial Joint Polar-Orbiting

Satellite System, IJPS). Спутники этой серии оснащены современными системами дистанционного зондирования (ДЗ), которые обеспечивают метеорологов и климатологов широкими возможностями в области дистанционного зондирования Земли. Данные спутники способны обеспечить полное покрытие земного шара. Спутники серии MetOp имеют на борту восемь измерительных приборов, а также ряд коммуникационных и обслуживающих систем. В таблице 1 приведены основные характеристики спутников серии MetOp.

Таблица 1.

Основные характеристики системы MetOp

Масса спутника	4085 кг
Масса полезной нагрузки	931 кг
Носитель	Союз 2-1А
Космодром	Байконур
Гарантированный полетный ресурс (ГПР)	5 лет
Параметры орбиты:	
Тип орбиты	Солнечно-синхронная
Высота	837 км
Наклонение	98.7°
Эксцентриситет	0.00245

Спутники серии MetOp оснащены измерительными приборами ASCAT. ASCAT (Advanced Scatterometer) – импульсная радиолокационная станция (РЛС). Это микроволновый датчик на борту спутника MetOp, запущенного в октябре 2006 года.

Полосы обзора отделены друг от друга интервалом приблизительно 360 км и имеют ширину 550 км. Ежедневно общий охват территорий составляет 82%. Результаты измерений поставляются в двух разрешениях: 25 км и 50 км. Время повторного измерения (т.е. период, через который спутник вновь измерит значение в точке) составляет 2-3 дня.

В работе рассматривается сравнение спутниковых данных измерений влагосодержания поверхностного слоя почвы с прямыми стационарными измерениями, для того чтобы проверить и показать согласованность измерений. Период исследований – 2007–2012 гг.

Методы пересчета

Спутниковые измерения влажности почвы осуществляются в относительных единицах (%); прежде чем использовать данные в сравнении,

необходимо преобразовать их в объемную влажность ($\text{м}^3/\text{м}^3$). Для решения этой задачи используются методы пересчета, предложенные в работах [3, 4]. Для пересчета значений используется следующая линейная зависимость:

$$Q_{scat}(t) = a + bm_s(t),$$

где $m_s(t)$ – данные влажности почвы, полученные со спутника; $Q_{scat}(t)$ – значение влажности, полученное со спутника в объемных единицах; a и b – коэффициенты. Исходное уравнение используется для определения параметров a и b , которые изменяются в пространстве, но постоянны во времени. Предполагая, что в каждой точке сетки спутниковые измерения имеют такое же среднее значение по времени и дисперсию, как и измерения влажности почвы на станциях, получим следующие выражения для расчета коэффициентов a и b :

$$b = \frac{\sigma_{UM}}{\sigma_{m_s}}, a = \overline{Q_{UM}} - b\overline{m_s},$$

где σ_{UM} – стандартное отклонение по данным стационарных измерений; σ_{m_s} – стандартное отклонение по данным спутника; $\overline{Q_{UM}}$ и $\overline{m_s}$ – средние значения за рассматриваемый промежуток времени для стационарных и спутниковых измерений соответственно.

Результаты сравнения

Для первичной оценки взаимосвязи между измерениями, полученными с помощью спутника и на станциях, были рассчитаны коэффициенты корреляции, а также средняя абсолютная погрешность по данным станции и пересчитанным данным по спутнику. При расчетах использовался коэффициент корреляции Пирсона, который рассчитывается для двух случайных величин (в данном случае для спутниковых и прямых измерений)

Для наглядности для станции Missouri Ozark Site приведен график зависимости двух рядов данных: измерений объемной влажности почвы стационарным методом и измерениями с помощью спутника (рисунок 1). Станция находится в центральной области штата Миссури, в экологически важной переходной зоне между областью лиственных лесов и областью пастбищ. Высота станции над уровнем моря 219 м. Для станции характерен субтропический средиземноморский климат.

В данном случае выпадающие осадки мало влияют на синхронность данных по влажности для рассматриваемых измерений.

В целом ход значений влажности достаточно синхронный. При этом значения влажности по спутникам более резко изменяются во времени по сравнению со стационарными данными.

Заключение

Результаты сравнения данных по влажности поверхностного слоя почвы с использованием прибора ASCAT показали хорошую согласованность с реальными данными прямых измерений влажности, выполняемых на станциях. Для большинства станций коэффициент корреляции больше 0,5. Средняя абсолютная ошибка по всем станциям не превышает $0,04 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Это позволяет использовать данные спутниковых измерений влажности почвы в системах усвоения данных для численных моделей прогноза погоды. Соотношения, полученные в результате настоящего исследования, могут быть распространены и на территорию России, на регионы, имеющие сходные типы подстилающих поверхностей.

Дальнейшие исследования должны вестись в направлении уточнения влияния атмосферных явлений на результаты спутниковых наблюдений, уточнении методики пересчета данных. Важно также получить сравнительные данные для других сезонов.

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (№ 5.628.2014/К)

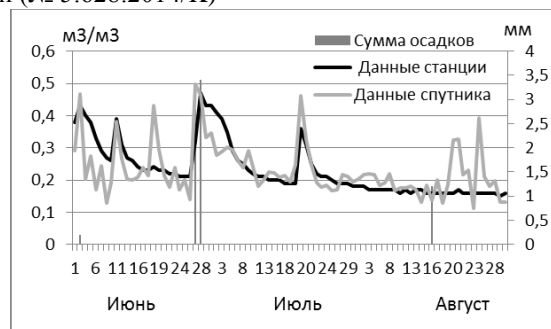


Рис. 1. Ход объемной влажности почвы по данным станции и измерений спутника. Сумма осадков за 12 часов. Станция Missouri Ozark Site, 2007 г.

Литература

1. Черенкова Е.А., Черенкова А.А. Возможности использования спутниковых данных влажности почвы при анализе урожайности яровой пшеницы (на примере Саратовской области) / Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. №1. С. 267–273.
2. Грингоф И.Г., Пасечник А.Д. Агрометеорология и агрометеорологические наблюдения. СПб.: Гидрометеиздат, 2005.
3. Dharssi I., Bovis K., Macpherson B., Jones C. Assimilation of ASCAT surface soil wetness // Met Office, Exeter, UK Forecasting. Technical Report № 548. July, 2010.
4. Wagner W. The ASCAT Soil Moisture Product: A Review of its Specifications, Validation Results, and Emerging Applications // Meteorologische Zeitschrift. February 2013. Vol. 22, № 1. 5–33 p.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В МНОГОЗОННЫХ ТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ

Нгуен С. Х., Филиппов М.М., Бабушкин Ю.В.

Национальный исследовательский томский политехнический университет
nxh1216@gmail.com

Экспериментальные исследования показывают [1], что к наиболее эффективным нелинейно-оптическим материалам для преобразования излучения из инфракрасного диапазона в терагерцовый относятся монокристаллы соединения $ZnGeP_2$. В настоящее время освоена технология выращивания монокристаллов $ZnGeP_2$ требуемого качества по методу Бриджмена диаметром до 30 мм, и длиной до 200 мм в многозонных термических установках (МТУ). Однако, для создания терагерцовых преобразователей излучения необходимы образцы диаметром не менее 50 мм. Как правило, простое увеличение размеров рабочего объема МТУ и ростовых контейнеров (РК) не позволяет получить монокристалл большего размера с номинальным качеством, а приводит к падению качества и ухудшению физических характеристик образца. Это вызвано многими физико-техническими проблемами [2], связанными в первую очередь с проблемой обеспечения заданных температурных режимов с необходимой точностью. Ввиду сложности процессов теплообмена, происходящих при превращении расплава в кристалл, отсутствия технических средств измерения температурного поля вблизи фронта кристаллизации, прогнозирование поведения температурного поля без применения компьютерных моделей не представляется возможным.

Поэтому одной из актуальных задач, возникающих при разработке и совершенствовании МТУ, является создание математических моделей, позволяющих в реальном масштабе времени с приемлемой точностью прогнозировать течение процесса выращивания кристалла в варьируемых тепловых условиях.

Для выращивания кристаллов в центре МТУ (рис. 1) предусмотрена цилиндрическая полость, называемая рабочим пространством. В эту полость на подставке помещается РК с рабочим веществом, из которого и выращивается кристалл. Температурное поле установки формируется с помощью электрических нагревателей тепловых модулей таким образом, чтобы в верхней зоне рабочее вещество находилось в расплавленном состоянии, а в нижней зоне - в твердом состоянии. В средней зоне происходит превращение рабочего вещества из исходного состояния в расплав при перемещении РК вверх и образовании кристалла при перемещении РК вниз.

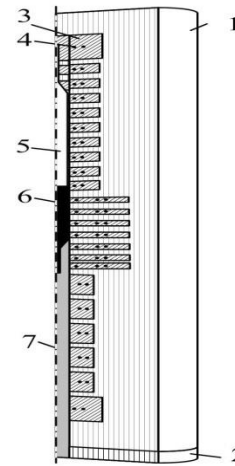


Рис. 1. Фрагмент мту с рабочим объемом, заполненным атрибутами, связанными с выращиванием кристаллов.

Обозначения: 1) теплоизолирующий материал; 2) подставка установки; 3) нагревательные модули; 4) нагреватель; 5) рк (ампула с тиглем, содержащим рабочее вещество); 6) рабочее вещество; 7) подставка рк

Уравнения переноса тепла в элементах МТУ. Пространственное распределение температуры в элементах МТУ описывается двумерным нестационарным уравнением энергии в цилиндрических координатах. Тепловыделение в нагревателях, обусловленное прохождением электрического тока, а также действие теплового излучения на теплообмен в рабочей области учитываются источниками тепла q_V^{jout} и q_V^{rad} в правой части уравнения энергии

$$\frac{\partial(c\rho)}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \lambda \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q_V^{rad} + q_V^{jout} * u,$$

$$t \in t_0, t_k, r \in r_0, r_M, z \in 0, L,$$

где T, c, ρ, λ - температура, теплоемкость, плотность и коэффициент теплопроводности среды; u - управляющее воздействие на нагреватели МТУ; t_0, t_k - время начала и окончания процесса выращивания кристалла; r_0, r_M - внутренний и внешний радиусы МТУ; L - высота МТУ.

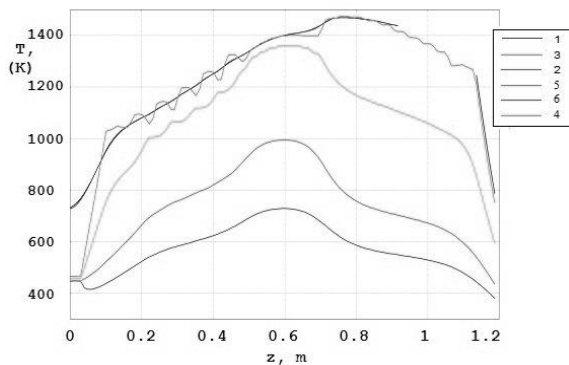
Уравнение движения и переноса тепла РК

Предполагается, что РК перемещается при росте кристалла из горячей зоны в холодную по формуле

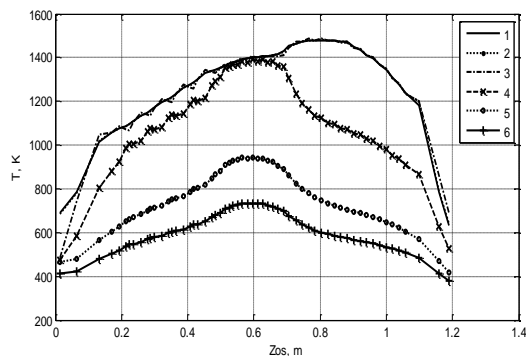
$$z_{pk}(t) = H_0 - v_{pk}(t - t_0),$$

где $z_{pk}(t)$ - нижняя граница РК; H_0, v_{pk}, t_0 - начальное положение, заданная скорость и начало перемещения РК. При выполнении условия $z_{pk}(t) \leq z_{cr}(t)$, где $z_{cr}(t)$ - положение фронта кристаллизации, рост кристалла заканчивается. Для учета теплоты кристаллизации на границе фазового перехода используется эффективная теплоемкость рабочего вещества.

Модели, максимально отражающие особенности выращивания кристаллов в МТУ, реализованы методом конечных элементов в пакете COMSOL [3], а упрощенные модели МТУ - в пакете Matlab.



а



б

Рис. 2. Распределение температуры по высоте. а- COMSOL, б- Matlab

Упрощенная математическая модель МТУ.

В соответствии с модульной структурой и осевой симметрией установки, при составлении расчетной схемы ее вертикальный разрез разделен на 290 ячеек ($N = 58$ по высоте и 5 по радиусу).

Уравнение, описывающее тепловые процессы в каждой ячейке МТУ и РК, имеет вид

$$(c\rho V)_{i,j} \frac{dT_{i,j}}{dt} = \sum_{s=1}^5 Q_s, i=1, \dots, N; j=1, \dots, 5,$$

где V - объем ячейки; Q_{1-4} - составляющие теплового потока, поступающего в рассматриваемую ячейку, из соседних ячеек; Q_5 - тепловая мощность, выделяемая нагревателем, расположенным в соответствующей ячейке МТУ.

При проведении вычислительных экспериментов на модели, реализованной в пакете программ COMSOL, принято, что рассматриваемая область может быть вполне удовлетворительно аппроксимирована ~ 62000 элементов. Расчеты проводились для 50% уровней мощности нагревателей и положения РК $H_0=0.7$ м.

Результаты расчетов в виде распределений температур по высоте рабочего объема при $r=0.008$ (1), $r=0.023$ м (2) и МТУ при $r=0.066$ (3), $r=0.133$ (4), $r=0.198$ (5), $r=0.23$ (6) м приведены на рис. 2. Из рисунков видно, что температурные поля МТУ, полученные на различных моделях, вполне соответствуют друг другу. Однако, при этом время расчета стационарного состояния в COMSOL намного выше, чем в Matlab, что свидетельствует об эффективности и точности упрощенной модели.

Выводы

Для достижения высокой точности результатов расчетов решающее значение имеет полнота учета реальной структуры и разнообразия физических свойств материалов МТУ, что проще сделать в COMSOL. В тоже время задачи поиска приемлемых алгоритмов управления целесообразнее решать на упрощенной модели, реализованной в интерактивной среде Matlab.

Список литературы

1. Verozubova G.A., Okunev A.O., Gribenyukov A.I. and all. Growth and defect structure of ZnGeP₂ crystals // Journal of Crystal Growth. – 2010. – V. 312. – № 8. – P. 1122–1126.
2. Philippov M.M., Gribenyukov A.I., Ginsar V.E., Babushkin Yu.V. Improvement of spatial homogeneity of the ZnGeP₂ single crystal grown by the Bridgman method in a vertical geometry // Russian Physics Journal. – 2012. – V. 55. – № 7. – P. 759-763.
3. Филиппов М.М., Грибенюков А.И., Гинсар В.Е., Бабушкин Ю.В. Применение математической модели для сопровождения процесса выращивания кристаллов в многозонных термических установках // Изв. вузов. Материалы электронной техники. – 2013. – № 2. – С. 26–31.

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СЛОИСТЫХ ПОГЛОЩАЮЩИХ СРЕД

Нгуен Суан Хунг, Сидоренко С.Н.

Научный руководители – Иванченков В.П., Кочегуров А.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
suankhung@mail.ru

Введение

При прогнозе геологического разреза первой задачей является построение информационной модели объекта исследования. В этом этапе обычное представление геологической среды в виде слоистой, идеально упругой оказывается недостаточным в связи с отсутствием учета поглощающих и дисперсионных свойств среды. Для решения этой недостаточности геологическая среда представляется в виде слоистых поглощающих сред с горизонтальными границами раздела, т.е. в виде линейной системы или линейного фильтра.

На рисунке 1 показывается простая модель, состоящая из трех плоско-параллельных слоистых поглощающих толщ.

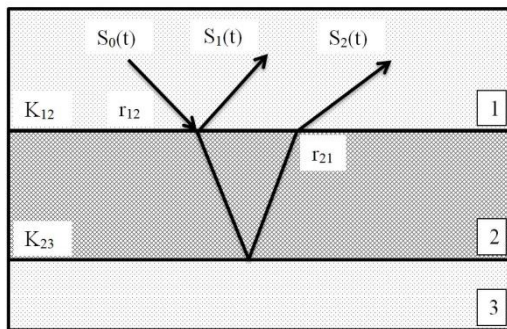


Рис.1. Модель плоско-параллельных слоистых поглощающих толщ. $S_0(t)$ – исходный сейсмический сигнал; $S_1(t)$, $S_2(t)$ – сигналы, отраженные от кровли и подошвы изучаемой толщи 2;

Процесс отражения, показанный на рисунке 1, можно представить в виде эквивалентной системы, представленной на рисунке 2.

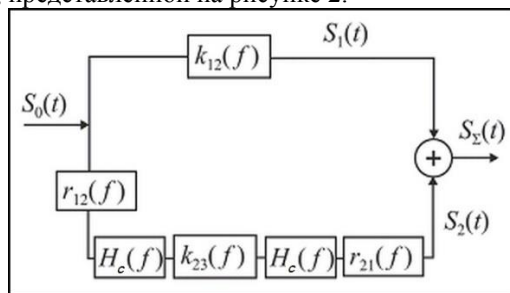


Рис.2. Модель плоско-параллельных слоистых поглощающих толщ в виде эквивалентной системы

Частотную характеристику такой системы можно записать в виде:

$$H_2(f) = r_{12}(f) \cdot H(f) \cdot k_{23}(f) \cdot r_{21}(f) + k_{12}(f)$$

где $k_{12}(f)$ и $k_{23}(f)$ – коэффициенты отражения от кровли и от подошвы второго слоя; $r_{12}(f)$ и $r_{21}(f)$ – коэффициенты преломления на кровле второго слоя; $H(f) = H_c(f) \cdot H_c(f)$ – частотная характеристика, характеризующая распределение сигнала в поглощающем слое 2.

Частотную характеристику системы так же можно записать в виде:

$$H_2(f) = |H_2(f)| \cdot e^{j\varphi_2(f)}$$

где $|H_2(f)|$ – амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и $\varphi_2(f)$ – фазо-частотная характеристика (ФЧХ) второго слоя.

Форма спектра отраженного сигнала от кровли второго слоя:

$$S_1(f) = k_{12}(f) \cdot S_0(f)$$

Форма спектра отраженного сигнала от подошвы второго слоя:

$$S_2(f) = r_{12}(f) \cdot H(f) \cdot k_{23}(f) \cdot r_{21}(f) \cdot S_0(f)$$

$$S_2(f) = |S_2(f)| \cdot e^{j\varphi_s(f)}$$

Фазовый спектр отраженного сигнала $S_2(f)$ определяется по следующей форме:

$$\varphi_s(f) = \varphi_{r_{12}}(f) + \varphi_H(f) + \varphi_{k_{23}}(f) + \varphi_{r_{21}}(f) + \varphi_0(f)$$

где $\varphi_k(f)$ – фазовый коэффициент отражения; $\varphi_r(f)$ – фазовый коэффициент преломления; $\varphi_H(f)$ – фазочастотная характеристика системы; $\varphi_0(f)$ – начальная фаза исходного сигнала.

Для построения модели поглощающей среды, состоящей из произвольного числа слоев делим аналогично. В этом случае более удобно для вычисления нумеровать слои от нижнего к верхнему слою, как на рисунке 3.

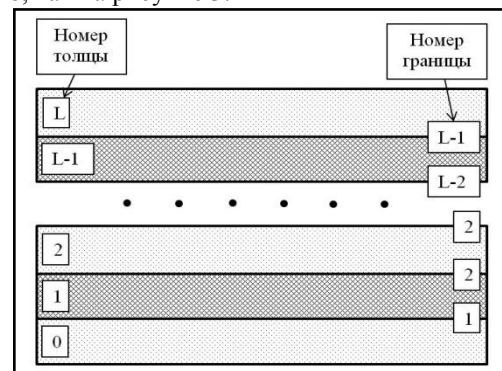


Рис.3. Схема нумерации слоев и границ

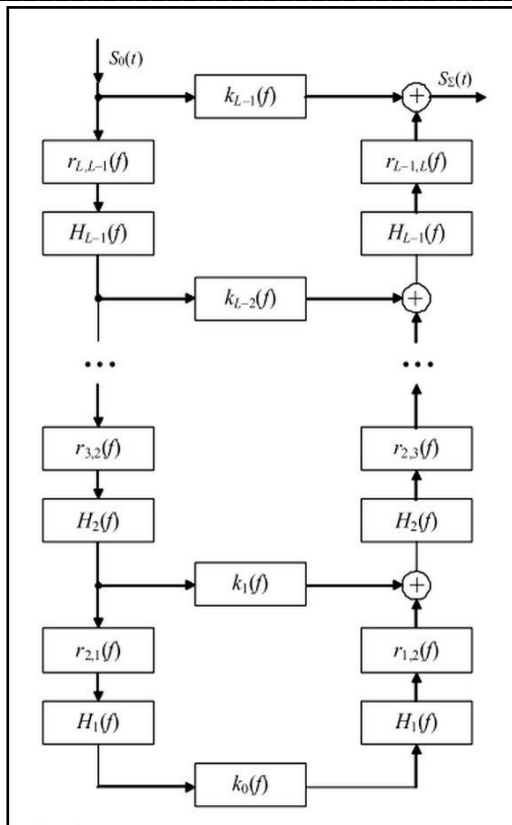


Рис. 4. Структурная схема модели многослойной поглощающей среды

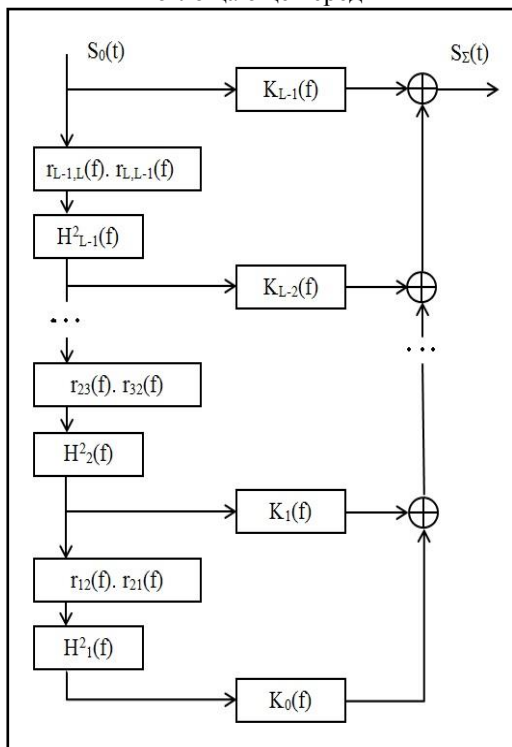


Рис. 5. Эквивалентная структурная схема модели многослойной поглощающей среды

На рисунках 4, 5 представлены две эквивалентные схемы для многослойной поглощающей среды, описываемой на рисунке 3. При использовании этих структурных схем, не трудно показать,

что частотная характеристика системы определяется по следующему математическому выражению:

$$H_{\Sigma}(f) = K_{L-1}(f) + \sum_{i=0}^{L-2} K_i(f) \prod_{n=i+1}^{L-1} H_n(f) \cdot r_{n-1,n}(f) \cdot r_{n,n-1}(f)$$

На основе этого выражения можно рассчитать синтетическую сейсмограмму на поверхности по формуле:

$$S_{\Sigma}(t) = F^{-1} \{S(f) \cdot H_{\Sigma}(f)\}$$

где $F^{-1}\{\dots\}$ – обратное преобразование Фурье.

Заключение

Построенная информационная модель слоистой поглощающей среды позволяет при решении задач прогноза геологического разреза учитывать поглощающие и дисперсионные свойства среды.

Совокупность сейсмограмм, полученных с помощью данной модели, позволяет построить волновое поле и использовать его при проведении дальнейших исследований.

Для реализации на персональных ЭВМ построенной модели поглощающих сред, состоящих из значительного числа слоев используется алгоритм, основанный на рекуррентном вычислении частотной характеристики среды от слоя к слою, т.е. нахождении функции:

$$R_i(f) = K_i(f) + R_{i-1}(f) \cdot H_i(f); \quad i = \overline{1, L-1}.$$

$$R_0(f) = K_0(f)$$

$$H_i(f) = H_i^2(f) \cdot r_{i,i+1}(f) \cdot r_{i+1,i}(f);$$

$$H_{\Sigma}(f) = R_{L-1}(f)$$

Литература

1. Авербух А.Г. Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке. – М.: Недра, 1982. – 232 с.
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка: Учебник для вузов. Тверь: Издательство АИС, 2006. 744 с.
3. Иванченков В.П., Вылегжанин О.Н., Орлов О.В. и др. Методы фазочастотного анализа волновых полей и их применение в задачах обработки данных сейсморазведки // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 7. – С. 65–70.
4. Иванченков В.П., Кочегуров А.И. Определение временного положения сейсмических сигналов по оценкам их фазочастотных характеристик // Геология и геофизика. – 1988. – № 9. – С. 77–83.

АНАЛИЗ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТКОВ ПРОДУКЦИИ НА СКЛАДЕ

Бозняков Р.В.

Научный руководитель: Семенов М.Е.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: romario1131@bk.ru

Введение

В современной экономике математическое моделирование и компьютерный анализ данных применяются как методы неценовой конкуренции. Использование моделей управления складом с возможностью контроля и прогнозирования текущей ликвидности позволяет более эффективно управлять предприятием.

Цель данной работы – построение математической модели, описывающей временной ряд остатков продукции на складе, с возможностью прогноза значений ряда.

Под моделью временного ряда будем понимать уравнение, которое связывает наблюдение, полученное в определенный момент времени, с наблюдениями, полученными ранее по той же и/или другим характеристикам изучаемой переменной. Существует различные модели, которые используются для описания временных рядов. Среди таких моделей можно выделить: модели авторегрессии, скользящего среднего, а также комбинации на их основе.

Авторегрессионным процессом AR(p) порядка p называют стохастический процесс X_t , который определяется следующим соотношением [1, 2]

$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + \varepsilon_t,$$

где ε_t – процесс типа «белый шум» с нулевым математическим ожиданием $\mu_\varepsilon = 0$. Данная модель временного ряда основана на предположении, что поведение исследуемого явления в будущем определяется только его текущими и предыдущими состояниями.

Процессом скользящего среднего MA(q) порядка q называют стохастический процесс X_t , который определяется соотношением:

$$X_t = \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \beta_q \varepsilon_{t-q}$$

где ε_t – процесс типа «белый шум» с нулевым математическим ожиданием $\mu_\varepsilon = 0$ и дисперсией $\sigma_\varepsilon^2 = \sigma^2$. В моделях скользящего среднего MA(q) среднее текущее значение стационарного стохастического процесса представляется в виде линейной комбинации текущего и прошедших значений ошибки, обладающей свойствами «белого шума» [1, 2].

Комбинация процессов AR(p) и MA(q) называется авторегрессионным процессом скользящего

среднего, обозначается ARMA(p, q). Модель ARMA(p, q) имеет следующий вид [1, 3]:

$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \beta_q \varepsilon_{t-q}.$$

Модель ARIMA(p, d, q) – интегрированная модель авторегрессии – скользящего среднего. Эта модель является расширением моделей ARMA для нестационарных временных рядов. Значения параметров p и q соответствуют количеству компонент от моделей авторегрессии AR(p) и скользящего среднего MA(q) соответственно, а параметр d – определяет порядок интегрирования.

В данной работе для анализа временного ряда выбрана модель ARIMA(p, d, q).

Построение математической модели

Для построения математической модели временного ряда необходимо последовательно определить значения параметров модели – d, p и q.

Исходные данные, для которых необходимо построить математическую модель и сделать прогноз, остатки продукции на складе в период с 01.02.2008 г. по 21.05.2014 г. с интервалом 10 дней (228 значений).

Для определения значения параметра d проведена проверка исследуемого ряда на стационарность (проверка гипотезы о наличии во временном ряду авторегрессии более чем первого порядка). Были выбраны тест Дики-Фуллера и параметрические тесты – критерии Стьюдента и Фишера. Во всех расчетах уровень значимости выбран 0,05.

В итоге исследуемый ряд оказался нестационарным интегрируемым первого порядка рядом, следовательно, для исследуемого временного ряда выбрана модель ARIMA(p, 1, q).

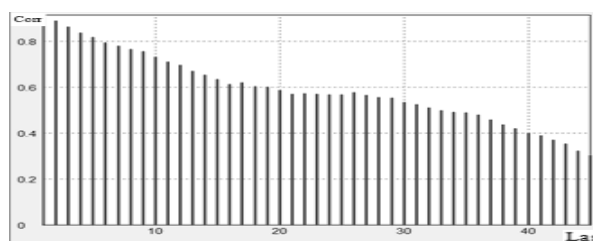


Рис. 1. Коррелограмма автокорреляционной функции

Для определения значения параметра p были построены автокорреляционная (АКФ) и частная автокорреляционная (ЧАКФ) функции временного

ряда, а также коррелограммы указанных функций (рис. 1 и 2).

АКФ функция экспоненциально убывает, не меняя знак (рис. 1), ЧАКФ имеет существенные выбросы на лагах 1 и 2, при этом остальные значения не значимы (рис. 2).

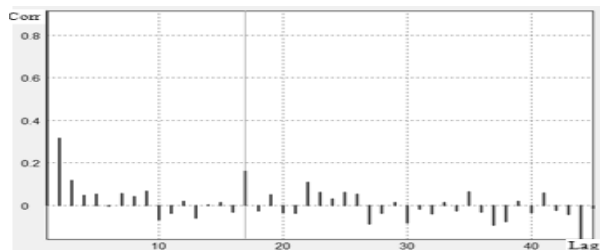


Рис. 2. Коррелограмма частной автокорреляционной функции

Из анализа коррелограмм можно сделать вывод, что модель ARIMA для исследуемого ряда содержит два параметра от модели AR, т.е. $p=2$. На данном этапе предположим, что моделью для нашего ряда будет модель ARIMA(2, 1, q).

Для определения оптимального значения параметра q были построены следующие модели – ARIMA(2, 1, 0), ARIMA(2, 1, 1), ARIMA(2, 1, 2) соответственно:

$$Y_t = 2154,4 + 0,61Y_{t-1} + 0,38Y_{t-2},$$

$$Y_t = 1,15Y_{t-1} - 0,158Y_{t-2} - 34,46 - 0,63\varepsilon_{t-1},$$

$$Y_t = 1,825Y_{t-1} - 0,825Y_{t-2} - 14,94 - 1,32\varepsilon_{t-1} + 0,36\varepsilon_{t-2}$$

Для нахождения коэффициентов моделей использован метод наименьших квадратов.

В качестве критериев оптимальности значения параметра q использованы (табл. 1): максимальное значение коэффициента детерминации (R^2), минимальное значение информационного критерия Акаике (AIC), минимальное значение стандартной ошибки (E).

	ARIMA (2, 1, 0)	ARIMA (2, 1, 1)	ARIMA (2, 1, 2)
α_0	2154,5	-34,45	-14,94
α_1	0,60	1,15	1,82
α_2	0,38	-0,15	-0,82
β_1	–	-0,63	-1,31
β_2	–	–	0,36
R^2	86,45%	87,06%	87,22%
E	525 408,20	514 551,00	512 561,00
AIC	29,20	29,16	29,16

Таблица 1. Показатели построенных моделей

Сравнение критериев показало, что наилучшей моделью для исследуемого временного ряда, является модель ARIMA(2, 1, 2). Эта модель имеет наименьшее значение ошибки E и критерия AIC,

наибольшее значение коэффициента R^2 (в табл. 1 выделено жирным шрифтом).

Все коэффициенты $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ построенной модели ARIMA(2, 1, 2) статистически значимы. Исходный временной ряд и предложенная модель ARIMA(2, 1, 2) изображены на рис. 3.

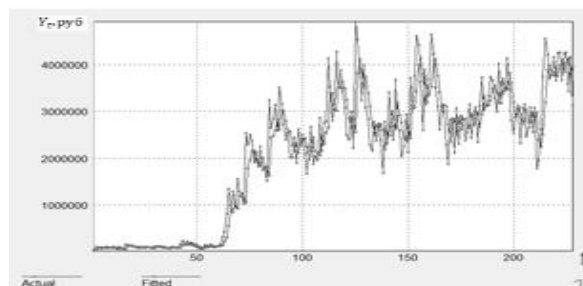


Рис. 3. Временной ряд и модель ARIMA(2, 1, 2)

Построение прогноза

На основе полученной модели ARIMA(2, 1, 2) построен прогноз на три декады вперед – 01.06.2014, 11.06.2014, 21.06.2014. В результате показано, что на 01.06.2014 на складе останется продукции на сумму 3,54 млн. руб., на 11.06.2014 – 3,57 млн. руб., на 21.06.2014 – 3,59 млн. руб., доверительный интервал равен 0,512 млн. руб., доверительные границы интервала выбраны равными $\pm 2E$.

Заключение

В работе сделан анализ исходных данных и построена интегрированная модель авторегрессии – скользящего среднего ARIMA(2, 1, 2). На основании предложенной модели сделан прогноз на три периода. Прогноз показал, что остатки товарной продукции будут увеличиваться каждые 10 дней на 0,02 млн руб.

В предположении, что случайные изменения остатков товара на складе на каждом временном интервале не зависят друг от друга, в дальнейших исследованиях планируется использовать нелинейные модели.

Литература

1. Эконометрика: лабораторный практикум: учебное пособие / Н.И. Шанченко. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 117 с.
2. Трегуб А.В., Трегуб И.В. Методика построения модели ARIMA для прогнозирования динамики временных рядов // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 5. – С. 179-183.
3. Гребенников А.В., Крюков Ю.А., Чернягин Д.В. Моделирование сетевого трафика и прогнозирование с помощью модели ARIMA // Системный анализ в науке и образовании, 2011. – Вып. 1. – www.sanse.ru/download/79.

MODELING AND FORECASTING OF DATA ON PRODUCT BALANCE IN STOCK

Boznyakov R.V.
Scientific advisor: Semenov M.I.
Tomsk Polytechnic University
E-mail: romario1131@bk.ru

Introduction

In today's economy, mathematical modeling and computer analysis of data are used as methods of non-price competition. Using models of warehouse management with the ability to control or predict current liquidity allows to control an enterprise more efficiently.

The aim of this work - to construct a mathematical model describing the time series of residues of products in stock, with the ability to forecast values of the series.

Under the model of the time series equation, that relates the observation obtained at a given time, with observations obtained previously by the same and / or other characteristics of the variable of interest, will be understood. There are various models that are used to describe a time series. Among these models there are autoregressive models, moving average, as well as combinations based on them.

Autoregressive process AR (p) of order p is called a stochastic process X_t , which is defined by the following relationship [1, 2]

$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + \varepsilon_t,$$

where ε_t - process of the "white noise" with zero expectation $\mu_\varepsilon = 0$. This model of time series based on the assumption that the behavior of the phenomenon under investigation in the future is determined only by its current and previous states.

Moving average process MA (q) of order q is called a stochastic process X_t , which is defined by:

$$X_t = \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \beta_q \varepsilon_{t-q}$$

where ε_t - process of the "white noise" with zero expectation $\mu_\varepsilon = 0$ and variance $\sigma_\varepsilon^2 = \sigma^2$. In models of the moving average MA (q) the average current value of a stationary stochastic process can be represented as a linear combination of current and past values of the error that has the properties of "white noise" [1, 2].

Combination processes AR (p) and MA (q) is called autoregressive moving average process, it is denoted as ARMA (p, q). Model ARMA (p, q) has the following form [1, 3]:

$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \beta_q \varepsilon_{t-q}.$$

Model ARIMA (p, d, q) - an integrated model of autoregressive - moving average. This model is an extension of ARMA models for non-stationary time series. The parameters p and q correspond to the number of components of the autoregressive model AR (p) and the moving average MA (q), respectively,

and the parameter d - determines the order of integration.

In this paper, model ARIMA (p, d, q) is selected for the analysis of time series.

Construction of a mathematical model

In order to construct a mathematical model of the time series it is necessary to consistently determine the values of the model parameters - d, p and q.

The initial data for which you want to build a mathematical model and make a prediction, the remnants of products in stock in the period from 01.02.2008 to 21.05.2014, with the interval of 10 days (228 values).

To determine the value of the parameter d, the test series for stationarity (test the hypothesis that in the time series autoregression more than first order) was checked. Dickey-Fuller test and parametric tests - Student and Fisher criteria were selected. In all calculations, the significance level of 0.05 is chosen.

As a result, the investigated series turned out to be unsteady integrable of the first order next to, therefore, for the investigated time series model ARIMA (p, 1, q) is selected.

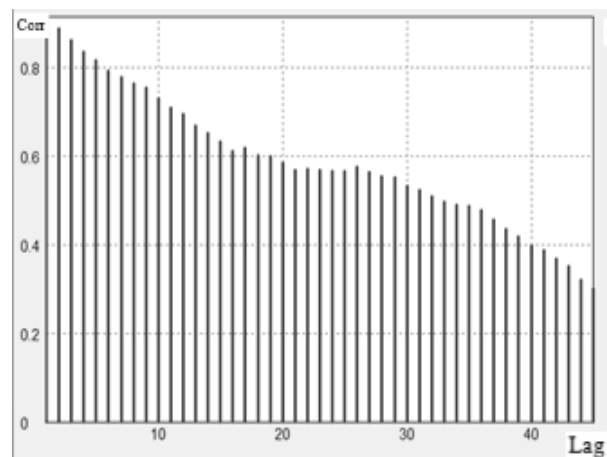


Fig. 1. Correlogram of the autocorrelation function

To determine the value of the parameter p, autocorrelation (ACF) and partial autocorrelation (PACF) of the time series and correlogram of these functions (see Fig. 1 and 2) were constructed.

ACF decreases exponentially, without changing the sign (see Fig. 1), PACF has significant emissions at lags 1 and 2, while the other values are not significant (see Fig. 2).

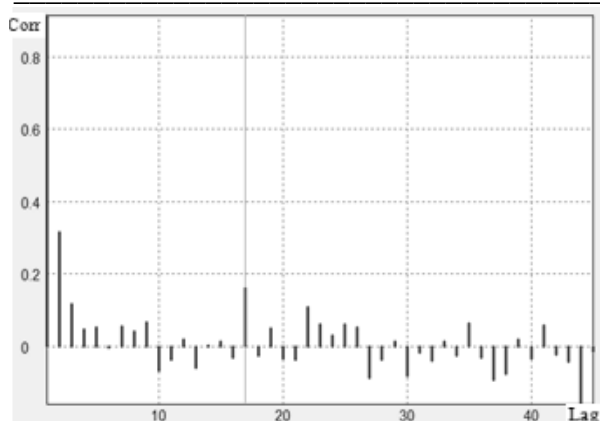


Fig. 2. Correlogram partial autocorrelation function

From the analysis of correlograms it can be concluded that the ARIMA model for the test series includes two parameter of the model AR, i.e. $p = 2$. At this stage, we assume that the model for a number of our model is ARIMA (2, 1, q).

To determine the optimal value of the parameter q following the models were built - ARIMA (2, 1, 0), ARIMA (2, 1, 1), ARIMA (2, 1, 2), respectively:

$$Y_t = 2154,4 + 0,61Y_{t-1} + 0,38Y_{t-2},$$

$$Y_t = 1,15Y_{t-1} - 0,158Y_{t-2} - 34,46 - 0,63\varepsilon_{t-1},$$

$$Y_t = 1,825Y_{t-1} - 0,825Y_{t-2} - 14,94 - 1,32\varepsilon_{t-1} + 0,36\varepsilon_{t-2}$$

To find the coefficients of the models, the method of least squares was used.

The criteria for the optimal value of the parameter q were used (Table. 1): maximum value of the coefficient of determination (R^2), the minimum value of the Akaike information criterion (AIC), the minimum value of the standard error (E).

Table 1: Performance of the constructed models

	ARIMA (2, 1, 0)	ARIMA (2, 1, 1)	ARIMA (2, 1, 2)
α_0	2154,5	-34,45	-14,94
α_1	0,60	1,15	1,82
α_2	0,38	-0,15	-0,82
β_1	-	-0,63	-1,31
β_2	-	-	0,36
R^2	86,45%	87,06%	87,22%
E	525 408,20	514 551,00	512 561,00
AIC	29,20	29,16	29,16

Comparison criteria showed that the best model for the investigated time series is model ARIMA (2, 1, 2). This model has the smallest error value E and the criterion AIC, the greatest value of the coefficient R^2 (Table. 1 in bold).

All the coefficients $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ of constructed model ARIMA (2, 1, 2) are statistically significant. Original time series and the proposed model ARIMA (2, 1, 2) are shown in Fig. 3.

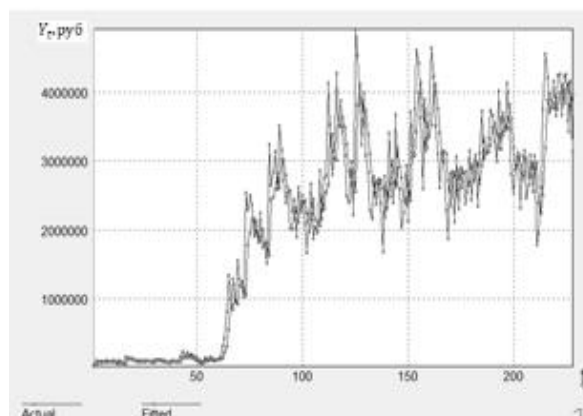


Fig. 3 Time series model and ARIMA (2, 1, 2)

Construction of the prognosis

On the basis of the model ARIMA (2, 1, 2), a forecast for three decades ahead -01.06.2014, 11.06.2014, 21.06.2014 was built. As a result, it is shown that on 1 April 2014 in stock there will be products to the amount of 3.54 million. rubles., On 11 April 2014 - 3570000. Rub., On 21 April 2014 - 3.59 million. rubles. Confidence interval is equal to 0,512,000. rub., the confidence limits of the interval chosen equal to $\pm 2E$.

Conclusion

In this paper we made an analysis of the original data and built an integrated model of autoregressive - moving average ARIMA (2, 1, 2). On the basis of the proposed model, a forecast for three periods is made. The forecast showed that the remains of commercial products will double every 10 days by 0.02 million rubles.

Under the assumption that the random changes in the balances of goods in stock at each time interval are independent of each other, in the further research it is planned to use nonlinear models.

Literature

- 1 Econometrics: laboratory practice: a tutorial / NI Shanchenko. - Ulyanovsk Ulyanovsk State Technical University, 2011 - 117 p.
- 2 Tregub AV Tregub IV The method of constructing an ARIMA model to predict the dynamics of the time series // Bulletin of the Moscow State University of Forestry - Forestry Bulletin. - 2011. - № 5. - S. 179-183.
- 3 Grebennikov AV, Kryukov A., DV Chernyagin Modeling and forecasting of network traffic using the model ARIMA // Systems Analysis in Science and Education, 2011 - Vol. 1. - www.sanse.ru/download/79.

АЛГОРИТМЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

П.А. Каковкин, А.А. Друки, В.Г. Спицын
Томский политехнический университет
pavel.kakovkin@mail.ru

Введение

В современном автомобилестроении всё чаще встречаются технические системы, направленные на оптимизацию вождения автомобиля, включающие в себя также системы автоматического распознавания дорожных знаков. Это облегчает задачу водителя, позволяет ему лучше сосредоточиться на процессе вождения, повышает безопасность всех участников дорожного движения.

В отличие от других способов идентификации знаков (как, например, радиометрические «маяки», способные сообщить радио-модулю автомобиля о том, что он вошёл в зону действия данного знака) система непосредственного распознавания знаков с изображений имеет преимущества в плане надёжности и возможности её применения к существующей инфраструктуре дорожных знаков.

Распознавание дорожных знаков происходит по следующему алгоритму: видеочамера охватывает область дороги, в которой могут располагаться дорожные знаки, по ходу движения автомобиля; данные передаются на вход информационной системы, которая производит поиск дорожных знаков и их идентификацию.

Этот процесс можно разделить на два основных этапа:

- поиск дорожного знака на групповом изображении;
- распознавание знака.

Для решения задачи распознавания дорожных знаков применяют различные методы, опирающиеся на такие подходы, как сравнения с шаблоном, алгебраические моменты, линии одинаковой интенсивности, эластичные (деформируемые) эталоны сравнения, использование нейронных сетей и т.д [1].

Целью данной работы является анализ методов поиска и идентификации дорожных знаков на изображениях.

Выделение дорожных знаков на изображениях

Был проведён анализ методов распознавания объектов на изображениях со сложным фоном, в результате которого было выявлено, что для решения поставленной задачи эффективно использовать искусственные нейронные сети (ИНС). Преимущества ИНС заключаются в их быстрой работе, высоком проценте верных распознаваний и способности обучаться на базе данных изображений. К недостаткам же можно отнести долгий и сложный процесс выбора структуры нейронной

сети, количества слоёв, нейронов и весовых коэффициентов.

Очень часто для задач классификации изображений используют классические ИНС: многослойный перцептрон. Сложность заключается в том, что на изображениях дорожные знаки могут располагаться под углом, с небольшими искажениями и шумовыми помехами. Классические ИНС достаточно чувствительны к подобного рода искажениям, к тому же изображения состоят из большого количества пикселей, в связи с чем возрастает размер ИНС, количество слоёв, нейронов, межнейронных связей, всё это ведёт к громоздкой структуре, увеличивает время работы, ресурсоёмкость и вычислительную сложность процесса обучения.

В связи с вышеперечисленными недостатками для решения поставленной задачи было решено использовать свёрточные нейронные сети, т.к. они достаточно инвариантны к различным искажениям входного сигнала, изменению масштаба, смещениям, поворотам и т.д.

Структура свёрточных нейронных сетей включает в себя чередование свёрточных и субдискретизирующих (подвыборочных) слоёв, и наличие полносвязных слоёв на выходе.

Свёрточные нейронные сети включают три основных парадигмы:

- локальное восприятие;
- разделяемые веса;
- субдискретизация.

Под «локальным восприятием» имеется в виду подача на вход одного нейрона не всего изображения (или выхода предыдущего слоя), а только некоторой области. Такой подход позволяет сохранять топологию изображения от слоя к слою [2].

Под «концепцией разделяемых весов» подразумевается обратно-пропорциональная связь количества связей и набора весов. При этом, наборов весов может быть много, но в то же время каждый из них будет применен ко всему изображению. Такой подход повышает шумоустойчивость и улучшает обобщающие свойства сети.

Субдискретизация заключается в уменьшении размерности изображения в 2 раза, что позволяет обеспечить инвариантность к масштабу. Чередование слоёв в свёрточных нейронных сетях позволяет составлять карты признаков из карт признаков, что на практике означает способность распознавания сложной иерархии признаков. [3].

Активационной функцией является гиперболический тангенс:

$$f(x) = \tanh(x)$$

Для выделения дорожных знаков на изображениях планируется разработать сверточную нейронную сеть с одним нейроном в выходном слое, принимающего значение в интервале $[-1; +1]$, что соответственно означает наличие или отсутствие дорожного знака на изображении [4].

На рисунке 1 представлена структура сверточной нейронной сети для выделения дорожных знаков на изображениях.

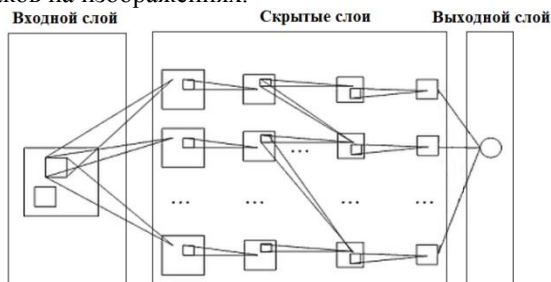


Рис. 1. Структура свёрточной нейронной сети для выделения дорожных знаков на изображениях

Сверточные слои функционируют по формуле:

$$y_k^{(i,j)} = b_k + \sum_{s=1}^K \sum_{t=1}^K w_{k,s,t} x^{((i-1)+s, (j-1)+t)}$$

Субдискредитирующие слои функционируют по формуле:

$$y_k^{(i,j)} = b_k + \frac{1}{4} w_k \sum_{s=1}^2 \sum_{t=1}^2 x^{((i,j)+s, (i,j))}$$

Для обучения сети используется алгоритм обратного распространения ошибки:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta \delta_{pj} o_{pj}$$

Идентификация дорожных знаков на изображении

После того, как система нашла дорожный знак на изображении, она должна его идентифицировать.

Опираясь на вышеперечисленные достоинства и недостатки различных архитектур нейронных сетей, можно сделать вывод, что для задач идентификации опять же эффективней всего будет использовать свёрточную нейронную сеть.

Дорожные знаки отличаются друг от друга как по форме (круглые, треугольные, квадратные), так и по назначению (предупреждающие, запрещающие, предписывающие, информационные, сервисные и знаки особых предписаний).



Рис. 2. Пример запрещающих дорожных знаков

Таким образом, на выходном слое нейронной сети будет большое количество нейронов, каждый из которых будет соответствовать конкретному классу распознаваемого знака (рис. 3) [5].

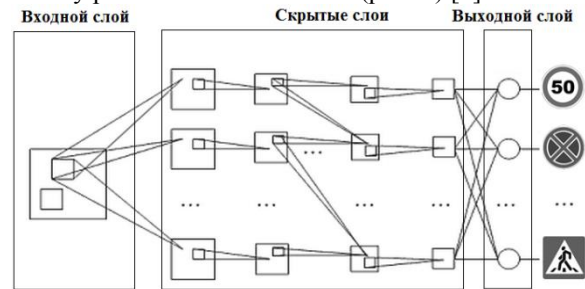


Рис. 3. Структура свёрточной нейронной сети для идентификации дорожных знаков

Нейронная сеть, используемая для идентификации дорожных знаков аналогична по своей структуре, формулам и методике обучения той, что используется для их обнаружения.

Так же стоит отметить, что сверточные нейронные сети будут обучаться с учителем.

Заключение

В ходе проведенного анализа были выявлены достоинства и недостатки применения нейронных сетей разных архитектур, из которых была выбрана наиболее эффективная.

Разрабатываемая на основе свёрточной нейронной сети система обнаружения и распознавания дорожных знаков на изображении будет обладать такими характеристиками, как высокая шумоустойчивость, скорость и точность распознавания при разных состояниях пластин дорожных знаков (знак частично повреждён), а также при разных условиях съёмки (съёмка идёт под углом к пластине знака).

Данную программную систему планируется разрабатывать в рамках обучения в магистратуре на протяжении двух лет.

Список литературы

1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
2. LeCun, Y. Gradient Based Learning Applied to Document Recognition / Y. LeCun, L. Bottou, P. Haffner – IEEE Press, 1998. – P.46.
3. Simard, P.Y. Best Practices for Convolutional Neural Networks Applied to Visual Document Analysis / P.Y. Simard, D. Steinkraus, J. Platt // International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), IEEE Computer Society. – Los Alamitos. – 2003. – P. 958-962.
4. Bishop, C.M. Neural Networks for Pattern Recognition – Oxford University Press, 1995. – 498 p.
5. Duffner, S. An Online Backpropagation Algorithm with Validation Error-Based Adaptive Learning Rate / S. Duffner, C. Garcia // ICANN 2007, Part I, LNCS 4668, 2007. – P. 249-258.

ПОДГОТОВКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИЦ В ВИДЕОПОТОКЕ К РАСПОЗНАВАНИЮ И ФИЛЬТРАЦИЯ НЕИНФОРМАТИВНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

С.Г. Небаба, С.Ю. Андреев, М.А. Макаров, А.А. Захарова
Томский политехнический университет
stepan-lfx@mail.ru

Введение

Работы по решению задачи идентификации личности на основе анализа изображений лица ведутся с самых ранних этапов развития компьютерного зрения. В последнее время в различных сферах деятельности возрастает потребность быстрой и правильной идентификации личности человека в видеопотоке.

Все современные системы идентификации личности имеют четкую зависимость числа ошибок идентификации от следующих факторов: ракурс съемки идентифицируемого лица, качество изображения лица, условия освещения.

Изображения анализируемых лиц должны обладать минимально необходимым качеством, условия освещения должны позволять регистрировать изображения лиц, на которых должны быть различимы основные черты лица (достаточный контраст). Крайне негативное влияние на качество идентификации оказывает наличие боковой засветки лица.

Учитывая вышеперечисленные свойства методов идентификации личности по растровому изображению лица можно сделать вывод о необходимости предварительной фильтрации поступающих изображений с целью отбраковки непригодных для анализа.

Трекинг

Как правило, одно и то же лицо присутствует в поле зрения камеры видеонаблюдения в течение некоторого временного интервала, поэтому его изображение может быть найдено в последовательности кадров.

Трекинг (tracking) – это определение местоположения движущегося объекта в видеопотоке. Алгоритм анализирует кадры видеопотока и выдает положение движущихся целевых объектов относительно кадра, позволяя составить последовательность изображений конкретного объекта, которая называется треком (track) [1].

В случае слежения за положением лица предполагается, что объекты в следующем кадре меняют свою позицию незначительно. В связи с этим предложен следующий метод трекинга: найденное изображение лица принадлежит треку, если точка-центр прямоугольника лица на текущем кадре принадлежит области прямоугольника лица, найденного на предыдущем кадре и принадлежащего данному треку.

Предложенный метод не может гарантировать абсолютную точность распознавания трека, но

является очень простым с вычислительной точки зрения и достаточно эффективным для решаемой задачи.

Информативность изображения

Очевидно, что в условиях видеосъемки изображения лица одного человека на двух соседних кадрах практически не должны отличаться друг от друга. Биометрический анализ одинаковых изображений не оправдан с точки зрения загрузки вычислительных ресурсов. В связи с этим целесообразно проводить отбор кадров, на которых изображения одного лица существенно отличаются друг от друга.

Оценка схожести двух изображений может производиться путём вычисления коэффициента корреляции и исключения из трека изображений с высоким уровнем корреляции. Оценка, получаемая по формуле корреляции, лежит в диапазоне от 0 до 1, где 0 соответствует максимально разным изображениям, а 1 – максимально похожим.

Этот метод плохо применим для оценки кадра целиком, так как требователен к вычислительным ресурсам, но его можно применять для сравнения изображений лиц в треке, и выбору только отличающихся друг от друга изображений.

Оценка контрастности

Контрастность изображения учитывает освещённость и различимость объектов на изображении, хотя этот параметр недостаточен в случае наличия боковой засветки лица.

Если изображение лица удаётся нормализовать, контрастность является полезной оценкой. Так как при анализе лиц используются чёрно-белые изображения (в градациях серого), в качестве оценки контрастности допустимо взять яркостную контрастность, которая вычисляется как дисперсия яркости пикселей изображения [2]:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N (Y_p - Y)^2, \quad (1)$$

где Y – среднее значение яркостной контрастности всего изображения, Y_p – значение яркостной контрастности в точке p , N – общее число точек изображения.

Оценка контрастности (1) может быть нормирована путём вычисления отношения среднеквадратического отклонения к максимально возможному значению яркости:

$$C = \frac{2\sigma}{Y_{\max}}. \quad (2)$$

C изменяется в диапазоне $[0;1]$. Значение 0 соответствует однотонному изображению, значение 1 — максимально контрастному. Оптимальное значение контрастности (2) зависит от типа объекта, представленного на изображении.

Оценка резкости

Резкость условно может быть определена наличием контуров контрастных переходов. Для определения резкости существуют несколько алгоритмов, которые позволяют вычислить оценку из различных характеристик изображения.

Метод, использующий оператор Лапласа, заключается в вычислении среднего значения яркости от преобразованного оператором изображения.

В работе [3] рассмотрен метод оценки резкости на основе преобразования Фурье, суть которого заключается в вычислении эксцесса изображения в частотной области.

В работе [4] также используется преобразование изображения в частотную область, но в качестве критерия оценки резкости предлагается отношение числа значимых точек амплитудного спектра к их общему числу.

Исследование методов показало, что оценка [4] наиболее точно соответствует изначальной задаче поиска резких изображений, хотя отчасти она подвержена тем же проблемам, что и другие оценки резкости. Основная причина этого в том, что резкость изображения оценивается количественно, и потому связана с общим числом контрастных переходов, а это число зависит от объекта на изображении. Исходя из этого, можно говорить только об относительной резкости изображения, которая оценивается для одного объекта в треке.

Компенсация освещения

Компенсация изображения лица по условиям освещения и ракурса может повысить применимость описанных выше методов.

Для нормирования исходного изображения по условиям освещения существует несколько методов, например DoG-фильтрация [5] и частотная фильтрация [6]. Оба метода позволяют достаточно эффективно выравнивать изображение при дисбалансе яркости по освещению, например в случае, когда присутствует боковая засветка лица.

Контроль ракурса

Контроль положения лица человека относительно оптической оси камеры является важной проблемой в связи с чувствительностью алгоритмов распознавания к ракурсу. Наиболее известным методом оценки ракурса является алгоритм POSIT (Pose from Orthography and Scaling with

Iterations), он отличается высокой производительностью и быстрой сходимостью.

Проблема использования алгоритма на практике заключается в том, что для его работы необходимо изображение, на котором должны быть отмечены характерные точки лица. Существующие методы автоматической расстановки характерных точек допускают серьезные погрешности и на малых углах поворота не позволяют оценивать ракурс лица с требуемой точностью [7].

Заключение

Предложенные и рассмотренные методы оценки и обработки изображений лиц позволяют сократить требования к ресурсам, необходимым для функционирования системы распознавания лиц, а также снизить вероятность ложноположительных срабатываний, устраняя влияние неблагоприятных для процесса распознавания факторов.

По задачам контроля ракурса и компенсации освещения необходимо провести дополнительные исследования, направленные на автоматизацию процесса подготовки изображений.

-
-

Литература

1. Гаганов В. Сегментация движущихся объектов в видеопотоке / В. Гаганов, А. Коношин // Компьютерная графика и мультимедиа. - 2004. - №2(3). Режим доступа: <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/67>, свободный.
2. Фисенко В. Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений: учебное пособие / В. Т. Фисенко, Т. Ю. Фисенко - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
3. Мониц Ю. И. Оценки качества для анализа цифровых изображений / Ю. И. Мониц, В. В. Старовойтов. - Минск: Государственное научное учреждение ОИПИ НАН Беларуси, 2008.
4. Kanjar D. Image Sharpness Measure for Blurred Images in Frequency Domain / D. Kanjar, V. Masilamani // International Conference on Design and Manufacturing. - Procedia Engineering, 2013. - P. 149 – 158.
5. Tan X. Enhanced Local Texture Feature Sets for Face Recognition Under Difficult Lighting Conditions / X. Tan, B. Triggs // IEEE Transactions on image processing, Vol. 19, № 6, June 2010. – P. 1635-1650.
6. Гусев В. Ю. Методика фильтрации периодических помех цифровых изображений / В. Ю. Гусев, А. В. Крапивенко // Электронный журнал «Труды МАИ». - №50. Режим доступа: <http://www.mai.ru/upload/iblock/799/79996cf274433e29525c8c8142b8a44c.pdf>

КОАКСИАЛЬНЫЙ ВИРКАТОР TE_{10} ВОЛНЫ

Нгуен Мань Хынг

Томский политехнический университет

hungnm.k52tnvlkt@gmail.com

Введение

Коаксиальные виркаторы являются генераторами мощных импульсов электромагнитного излучения (100 МВт – 10 ГВт) в сантиметровом диапазоне длин волн с гигаваттным уровнем мощности [1-4], которые представляют интерес благодаря малым весо-габаритным характеристикам, простоте конструкции, отсутствию внешнего фокусирующего магнитного поля. В этих генераторах формирование виртуального катода (ВК) и СВЧ излучение происходит в одном и том же сверхразмерном резонансном объеме. Поэтому при конструировании генератора выбор моды, с которой будет осуществляться взаимодействие осциллирующих электронов пучка и ВК, является важным условием генерации в одномодовом режиме. На возможность генерации электромагнитного излучения в коаксиальном виркаторе с расходящимся пучком было указано в работах [2-4]. Наибольший интерес представляет возбуждение колебаний на низшем типе волны TE_{10} моде и эффективного вывода электромагнитной энергии в одномодовом режиме.

В данной работе проводится теоретическое исследование коаксиального виркатора с радиально расходящимся электронным пучком. С применением метода крупных частиц (PIC код KARAT [5]) и численного решения электродинамической задачи исследуются возбуждение электромагнитных колебаний, спектр частот, передача энергии волны в электродинамической системе виркатора и условие одномодового режима генерации TE_{10} волны.

Экспериментальная установка

В настоящее время коаксиальный виркатор TE_{10} волны разрабатывается в лаборатории Жерлицына А.Г. в Физико-техническом институте Томского политехнического университета. Схема экспериментальной установки состоит из высокопоточного электронного ускорителя прямого действия с двойной формирующей линией и коаксиального виркатора (рис. 1). Ускоритель формирует на нагрузке, которой является коаксиальный виркатор, импульс напряжения 500 кВ длительностью ~120 нс. На рис. 1 показана схема экспериментального коаксиального виркатора.

Катод выполнен в виде диска диаметром 11 см и находится под потенциалом земли. Конструкция катода позволяет изменять ширину его эмитирующей поверхности от 0,8 см до 4 см. Цилиндрический анод диаметром 13,4 см выполнен из металлической сетки с геометрической прозрачностью ~0,7 и находится под высоким положительным потенциалом. Радиально расходящийся электронный пучок взаимодействует с соб-

ственными модами резонансной системы виркатора, от конфигурации которого зависит тип волны на выходе системы.

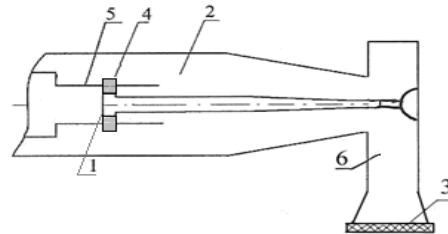


Рис. 1. Схема экспериментального виркатора 1) катод; 2) вакуумная камера; 3) выходное окно; 4) электронный пучок; 5) анод-сетка; 6) коаксиально-волноводный переход - прямоугольный волновод.

Численное моделирование

Теоретически получена оценка уровня резонансного взаимодействия колебаний виртуального катода с собственными модами электродинамической структуры коаксиального виркатора, мощность и эффективность излучения которого определяются геометрической функцией и ускоряющим напряжением. Показано, что наиболее эффективное взаимодействие аксиально-симметричного электронного пучка осуществляется с TE_{10} волной при выполнении для нее резонансного условия [4].

Методом крупных частиц исследовано формирование виртуального катода в коаксиальном виркаторе и возбуждение электромагнитных колебаний. Было проведено исследование влияния длины катода на ток и характеристики электромагнитного излучения в виркаторе при диодном зазоре 1,2 см. Получено, что ток и мощность излучения виркатора имеют нелинейную зависимость от длины катода h (рис. 2а).

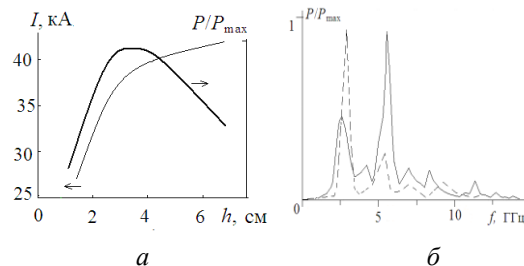


Рис. 2. Расчетные зависимости тока и мощности излучения от длины катода (а), спектр частот мощности излучения (б)

Это обусловлено влиянием в диодном зазоре собственного магнитного поля на траектории и спектр частоты колебаний электронов и виртуального катода. На рис. 2а показаны расчетная зависимость относительной мощности излучения

(виркатор без изменения поперечных размеров, длина 50 см). На рис. 26 показан спектр частот возбуждаемого электромагнитного излучения при длине катода 2,4 см (пунктирная линия) и 7 см (сплошная линия).

В коаксиальном виркаторе могут возбуждаться волны типа ТМ, ТЕ и ТЕМ. Низший тип колебаний имеет волна ТЕМ (критическая частота равна нулю), первым высшим типом волны в коаксиальной линии при любом диаметре и конфигурации внутреннего проводника является волна TE_{11} . При выполнении резонансного условия аксиально-симметричный пучок в коаксиальном виркаторе взаимодействует с аксиально-симметричными модами и с ТЕМ модой. Однако асимметрия пучка, которая может возникнуть из-за неточной юстировки электродов или неоднородности плотности плазмы на взрывоэмиссионном катоде, могут привести к возбуждению дополнительных аксиально-несимметричных мод. При этом, как показано в работе [4], волна TE_{11} имеет наибольший инкремент нарастания неустойчивости среди несимметричных мод. С помощью неоднородной геометрии коаксиального виркатора (рис. 1 и рис. 3) можно решить вопрос селекции мод. На рис. 4 показана частотная зависимость коэффициента передачи энергии нескольких волн в электродинамической системе виркатора без коаксиально-волноводного перехода - прямоугольного волновода. Как видно из рис. 4, наибольший коэффициент передачи энергии имеет волна ТЕМ. Критическая частота волны TE_{11} 3,4 ГГц, поэтому в диапазоне частот < 3,4 ГГц несимметричные моды отсутствуют на выходе узкой области виркатора. Волна ТЕМ имеет близкую конфигурацию поля с волной TM_{01} , поэтому при передаче энергии волны TM_{01} (критическая частота 1,37 ГГц в широкой области, в узкой области – более 6 ГГц) она трансформируется в волну ТЕМ (кривая 3 рис. 3).

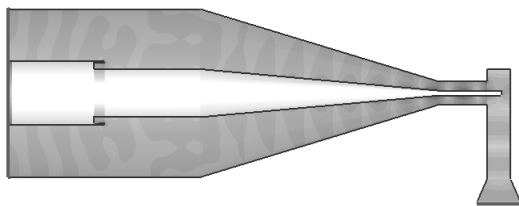


Рис. 3. Распределение электрического поля в электродинамической системе виркатора

Коаксиально-волноводный переход предназначен для трансформации волны ТЕМ в волну TE_{10} . На рис. 5 показана частотная зависимость коэффициента передачи волны ТЕМ в коаксиальном виркаторе (рис. 3), поперечные размеры прямоугольного коаксиально-волноводного перехода $5 \times 10 \text{ см}^2$. Как видно из рис. 5, для данной геометрии системы наиболее оптимальный частотный диапазон 2,5-2,9 и 3,1-3,2 ГГц, в котором коэффи-

циент передачи энергии волны ТЕМ не ниже 0,7. На рис. 3 показано распределение электрического поля в виркаторе на частоте 2,5 ГГц.

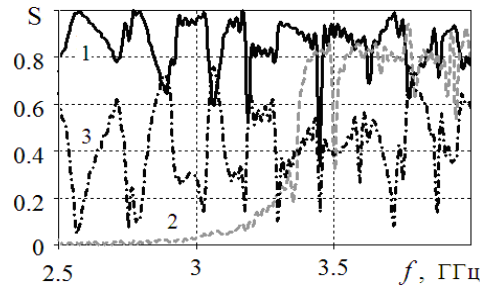


Рис. 4. Частотная зависимость коэффициента передачи энергии волн в виркаторе без прямоугольного волновода: 1 – ТЕМ, 2 – TE_{11} , 3 – TM_{01}

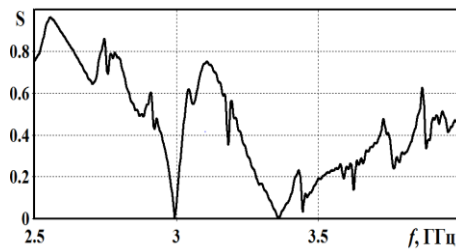


Рис. 5. Частотная зависимость коэффициента передачи энергии волны ТЕМ

Заключение

Проведено теоретическое исследование условия одномодового режима генерации TE_{10} волны в коаксиальном виркаторе с симметричным радиально расходящимся пучком. Показано, что резонансное взаимодействие электронного пучка наиболее эффективно осуществляется с ТЕМ-модой, которая трансформируется в TM_{01} волну в прямоугольном коаксиально-волноводном переходе. Для геометрических размеров экспериментального виркатора наиболее оптимальные длина катода 2,5 см и частотный диапазон 2,5-2,9 ГГц.

Литература

1. D J. Bedford, D. Price, D. Price and D. Bromley // J. Appl. Phys. -1987. – V.61. – P. 2098–2100.
2. Zherlitsyn A.G. // Letters in JTF (Russian). – 1990. – V. 16. – No. 22. – P. 78–80.
3. W. Jiang, K. Woolverton, J. Dickens, M. Kristiansen // IEEE Trans. on Plasma Science. -1999. -V.27. – №5. – P.1538–1542.
4. Koval T.V., Zherlitsyn A.G., Nguen M.T., Kanaev G.G. Study of Electrodinamic and Radiation Characteristics of Coaxial and Planar-Coaxial Vircator // Izvestia vuzov. Physics. – 2012 – V. 55 – No. 10/3. – P. 221–224.
5. Tarakanov V.P. // User's Manual for Code KAR-AT Springfield. VA: Berkley Research Associates Inc. 1992.

STATISTICAL ASSESSING INVESTOR PREFERENCES FOR PORTFOLIO CONSTRUCTED AND MANAGED

E.V. Masterova

Scientific Supervisor: As. Prof., PhD O. L. Kritski
National Research Tomsk Polytechnic University,
E-mail: masterova_katya@mail.ru

Introduction

One of the factors of the development of the world economy is the high degree of participation of the society in the investment processes on the stock market at home and abroad. In turn, the entry of citizens to the trading floors is carried out through the professional participants of the securities market, namely through brokers or managers of securities. The main responsibility of managers is to preserve and increase the clients capital, which is also achieved with the help of portfolio investment.

The modern theory of portfolio investment was founded in the articles of Harry Markowitz, where he pays great attention to the optimal choice of the assets, basing on the desired ratio of return / risk. [1]

Suppose, that the vector of assets in the portfolio is $x = (x_1, \dots, x_d)$. In this case $\sum_{i=1}^d x_i = 1$.

Net return at time t

$$r(t) = \frac{P(t+1) - P(t)}{P(t)}, \text{ where } P(t) - \text{price at time } t.$$

According to the theory of Markowitz, the expected value is the rate of return, and the risk measure is calculated by the standard deviation. [2]

- return of the portfolio \equiv expected return μ_x

$$\mu_x = E[r_x(t)] = \sum_{i=1}^n E[r_i(t)]x_i = \sum_{i=1}^n \mu_i x_i,$$

- portfolio risk \equiv volatility σ_x

$$\sigma_{ij} = \text{cov}(r_i(t), r_j(t)) = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j,$$

where $\rho_{ij} = \text{cov}(r_i(t), r_j(t))$ - the correlation coefficient of random variables .

$$\sigma_x^2 = \text{var}(r_x(t)) = \text{var}\left(\sum_{i=1}^n r_i x_i\right) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \text{cov}(r_i(t), r_j(t)) x_i x_j.$$

[3-4]

The problem of finding the optimal portfolio can

be considered with two different aspects:

- minimization of the risk at which the income, that is greater than or equal to the expected level of profitability, is guaranteed:

$$\min_x \sigma_x^2 \equiv \min \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^d \sigma_{ij} x_i x_j,$$

$$\mu_x \geq r; \sum_{i=1}^d \mu_i x_i \geq r; \sum_{i=1}^d x_i = 1.$$

- maximization of return, providing a risk that is less than or equal to the risk of investments:

$$\max_x \mu_x \equiv \max_x \sum_{i=1}^d \mu_i x_i,$$

$$\sigma_x^2 \leq \bar{\sigma}^2; \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^d \sigma_{ij} x_i x_j \leq \bar{\sigma}^2; \sum_{i=1}^d x_i = 1.$$

Maximization of return adjusted for risk:

$$\max_x \mu_x - \tau \sigma_x^2 \equiv \max \sum_{i=1}^d \mu_i x_i - \tau \left(\sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^d \sigma_{ij} x_i x_j \right)$$

where τ – coefficient of risk aversion.[5]

After constructing the portfolio, evaluation of efficiency of management is done. It occurs due to analysis of the various coefficients, the main of which are alpha, beta, and the Sharpe ratio. [6-7]

Beta ratio - a measure of market risk, which reflects the variability of return of a security relative to the index return.

$$\beta_i = \frac{\text{Cov}(R_i, R_m)}{\text{Var}(R_m)},$$

where β_i - beta ratio; R_m – return of an asset; R_i – index return (taken as standard).[8]

Coefficient alpha - the difference between the real return of the security for the period and return, it had to show taking into account changes of the market and the beta coefficient of this security:

$$\alpha_{i,t} = R_{i,t} - \beta_{i,t} R_{m,t},$$

where $\alpha_{i,t}$ – estimate of the coefficient alpha for the asset at time t ; $R_{i,t}$ – return of the asset at time t ; $\beta_{i,t}$ – beta ratio for the asset at time t ; $R_{m,t}$ – return of standard index at time t .

Sharpe ratio reflects a portfolio returns excess over the return on risk-free asset, taking into account the overall portfolio risk, measure of which performs the standard deviation.

$$Sh = \frac{E(r_p - r_l)}{\sigma_r},$$

where Sh – sharpe ratio; r_p – return of portfolio; r_l – yield of standard index; σ_r - standard deviation of the return tools.

We need to assess portfolio taking into account the whole set of coefficients. [9-10]

The formation of securities portfolio with the help of the Markowitz model.

Based on the preferences of the investor and the analysis of the changes of dynamics of return for the global stock markets and commodity markets and raw materials sector on the interval 2004-2014 yrs., those financial instruments were selected that will be involved in the construction of portfolios. Namely, it is German stock index (DAX) and the Russian stock index RTS index, the yield of which on the selected time interval was 127% and 111%, respectively.

For comparison, we will construct three different portfolio composition: separately from the securities

of index DAX (Siemens, Daimler, RWE, E.On, Bayer, Allianz, Volkswagen, BMW, Commerzbank, Adidas.), RTS (Gazprom, Sberbank, Magnet, Norilsk nickel, Novate, Rosneft, System, Transneft, Megafon, Alrosa) and a portfolio of securities on the basis of both indexes. Portfolios will be based on data from the stock price 7.07.2013-7.07.2014 yrs., which are available on the website of the company Finam, (<http://www.finam.ru/>), online (<http://xetra.com/>), etc.

In order to find the optimal value of the securities to be included in portfolio, it is necessary to solve the problem of profitability maximization. The solution to this problem has been realized in the package "Solver" embedded in Microsoft Office Excel 2007. Thus, we obtained the following portfolios:

The formed portfolio of securities index DAX, the maximum yield of which is equal to 25.6% at the level of volatility of

$$\pi_t = 0,15x_1 + 0,35x_2 + 0,18x_3 + 0,2x_4 + 0,12x_5,$$

19%:

where the assets of the company: x_1 - Siemens; x_2 - Daimler; x_3 - Bayer; x_4 - BMW; x_5 - RWE.

The formed portfolio of shares included in the RTS index, the maximum yield of which is equal to 32, 99% at the level of volatility, 19%:

$$\pi_t = 0,09x_1 + 0,46x_2 + 0,19x_3 + 0,09x_4 + 0,17x_5$$

where the shares of the company: x_1 - Magnet; x_2 - Norilsk Nickel; x_3 - System; x_4 - the Transneft; x_5 - Alrosa.

Finally, the portfolio constructed from German shares and the Russian stock market at the level of volatility of 16%, has the yield about 35%. Eight securities are included into the portfolio, with the following proportions:

$$\pi_t = 0,42x_1 + 0,02x_2 + 0,01x_3 + 0,05x_4 + 0,28x_5 + 0,1x_6 + 0,05x_7 + 0,08x_8,$$

where the shares of the company: x_1 - Daimler; x_2 - Bayer; x_3 - RWE; x_4 - Magnet; x_5 - Norilsk Nickel; x_6 - System; x_7 - the Transneft; x_8 - Alrosa.

Evaluation of the portfolio management efficiency.

After the formation of the portfolios the statistical evaluation of their effectiveness was conducted, with the help of estimates of the coefficients alpha, beta and Sharpe ratio. Data for the calculation were taken from 8.07.2014-8.08.2014, daily data were considered. Indexes of DAX and RTS were selected as reference assets. The coefficients calculations were performed daily after the portfolio formation. Also, we found the values of coefficients estimations for the entire period of the research:

Table 1. Analytical coefficients portfolios

Portfolio	alpha	beta	sharp
1. Portfolio of stocks DAX	0	1	-0,01
2. Portfolio of stocks RTS	0	0,03	2,4
3. Portfolio of stocks RTS and DAX	9,1	0,02	3,1

This table shows that for all portfolios betas are greater than zero, it indicates the presence of a direct relationship between the price and value of the index

portfolio. Furthermore, beta of the first portfolio is equal to one, and it means, the portfolio will exactly follow the change in the market. Coefficient alpha for the first and second portfolio is statistically equal to zero with a probability of 95%, it means, that yield of the control is equal to return of indexes of DAX and RTS, respectively. Finally, for the last portfolio (RTS + DAX) alpha is 9.1, ie, portfolio brought a positive return that exceeds the income index. Sharpe ratio is approximately equal to zero for the first portfolio, ie the behavior of the portfolio is comparable with the behavior of the index DAX. The two remaining portfolios are managed well enough, and the higher the ratio the more effectively it is managed.

In addition, all the daily values of the coefficients used in the analysis were tested for normal distribution with the help of chi-square test. At a significance level of 0.05, all the coefficients alpha and beta ratio for a portfolio composed of German assets take the hypothesis of normal distribution. But betas for portfolios composed of stocks DAX + RTS and RTS are not normally distributed and, therefore, are not statistically significant in our calculations. But in spite of this, taking into account the values of other coefficients, portfolio composed of stocks DAX + RTSI, is most effectively controlled with respect to the ratio of return / risk and is mostly diversified. And it is this portfolio which will participate in further research.

References

- 1 A.D. Radigina, L.P. Habarova, L.B. Shapiro. Basic Course on Securities Market. - M: Financial Publishing House "Business Express", 1998 - 408 p.
2. Martin Haugh, Garud Iyengar. Financial Engineering and Risk Management. Mean Variance Optimization. URL: <https://www.coursera.org/course/fe>.
3. Harry Markowitz. Portfolio Selection // Journal of Finance. 1952. Vol. 7. № 1. pp. 71-91.
4. William Sharpe. Investments.-M.: INFA-M, 2003.- X11, 1028
5. A. N. Burenin. Portfolio management. - Moscow: Scientific and Technical Society named after academician Vavilov, 2008 - 440 p.
6. O.A. Belsner, O.L. Kritskii. Optimizing portfolio of financial instruments // Mining and Exploration 2013, № 36, p. 35-41.
7. E.V. Masterova. Markowitz model // Proceedings of the IX International Conference of Students and Young Scientists "Prospects for the development of basic sciences." - Tomsk, 2012. - Vol.1. - S. 598-597.
8. James D. Gwartney and Richard L. Stroup, "What Everyone Should Know About Economics And Prosperity".- Kolonna Publication, 1993.
9. L.J. Gitman., M.D. Junks. Investing basics. - M.: Business, 1999 - 992 p.
10. Bollerslev T., Engle R.F., and Nelson D.B. ARCH Models // In R.F. Engle and D.L. McFadden (Eds.). - Handbook of Econometrics. - Elsevier Science, Amsterdam.- 1994.

МЕТОД ГЛОБАЛЬНЫХ ИТЕРАЦИЙ В ЗАДАЧЕ СВЕРХЗВУКОВОГО НЕВЯЗКОГО ОБТЕКАНИЯ ЗАТУПЛЕННЫХ ТЕЛ

С.В. Помогаева, В.Д. Гольдин

НИИ прикладной математики и механики при Томском государственном университете
lanapom.92@gmail.com

Постановка задачи

Задача обтекания затупленных тел при сверх- и гиперзвуковых скоростях имеет широкое применение в таких областях природы и техники как баллистика, ракетостроение, метеорная физика, самолетостроение и др.

При сверхзвуковых скоростях обтекания область возмущенного течения газа сосредоточена между поверхностью тела и головной ударной волной. Эта область называется ударным слоем [1,2].

Целью исследования является расчет поля течения в ударном слое в случае, когда тело имеет затупленную осесимметричную форму (рис. 1).

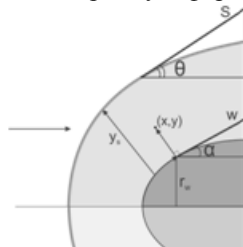


Рис. 1

В работе эта задача рассматривается в невязком приближении на основе двумерных уравнений Эйлера для совершенного газа [1,2], которая в системе координат, связанной с поверхностью тела имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x}(r\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(H_1 r\rho v) = 0, \\ \frac{u}{H_1} \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{uvk}{H_1} + \frac{1}{\rho H_1} \frac{\partial p}{\partial x} = 0, \\ \frac{u}{H_1} \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{u^2 k}{H_1} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \\ \frac{u}{H_1} \frac{\partial h_\Sigma}{\partial x} + v \frac{\partial h_\Sigma}{\partial y} = 0, \\ p = \frac{\gamma-1}{\gamma} \rho h, \\ h = h_\Sigma - \frac{u^2 + v^2}{2}. \end{cases}$$

Граничными условиями для этой системы служат условие непротекания на поверхности тела (при $y=0$): $v=0$, условие симметрии при $(x=0)$ и соотношения Ренкина-Гюгонио на поверхности головной ударной волны [1,2] (при $y=y_s(x)$):

$$\begin{cases} \rho V_n = \rho_\infty V_{n\infty}, \\ V_\tau = V_{\tau\infty}, \\ P = V_{n\infty}^2 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) + p_\infty, \\ h_\Sigma = \frac{1}{2} + h_\infty. \end{cases}$$

Условия на ударной волне дополняются геометрическим соотношением:

$$\frac{1}{H_1} \frac{dy_s}{dx} = \operatorname{tg} \beta.$$

Здесь использованы обозначения:

x – длина дуги контура тела, отсчитываемая от критической точки, y – расстояние по нормали от поверхности тела, α – угол между касательной к поверхности тела w и осью симметрии, θ – угол между касательной к поверхности ударной волны « s » и осью симметрии, $\beta = \theta - \alpha$, y_s – расстояние от ударной волны до тела, r_w – расстояние от оси симметрии до контура тела, $r(x, y)$ – расстояние от точки до оси симметрии, H_1 – коэффициент Лямэ, k – кривизна контура тела, h – статическая энтальпия, γ – показатель адиабаты.

Искомыми неизвестными являются:

$$\vec{V} = (u \quad v)^T \text{ – вектор скорости газа,}$$

ρ – плотность,

p – давление,

h_Σ – полная энтальпия.

Все величины даны в безразмерной форме: геометрические размеры отнесены к радиусу кривизны тела в передней точке, компоненты скорости – к скорости набегающего потока, плотность – к плотности набегающего потока, давление – к скоростному напору ($\rho_\infty V_\infty^2$).

Индексы « n » относятся к проекциям векторов на нормаль к ударной волне, индекс « s » – к значениям на поверхности ударной волны, « ∞ » – к значениям в набегающем потоке.

Полученная система уравнений имеет переменный тип: эллиптический в дозвуковой, и гиперболический в сверхзвуковой области. Кроме того, положение ударной волны неизвестно и должно определяться в процессе решения.

В настоящее время универсальных и достаточно быстрых методов решения данной задачи нет.

Порядок решения задачи

Для упрощения численного решения задачи исходная система уравнений подвергается преобразованиям с использованием следующих соотношений:

- $dz = dx \cos \alpha$,
- $u = \tilde{u} \cos \alpha$,
- $p = p_s P$,
- $y = y_s \eta$.

Полученная нелинейная краевая задача решается методом последовательных приближений после предварительной линеаризации.

Для решения задачи используется оригинальный вариант метода глобальных итераций [3-5]. При заданном положении ударной волны вычисляется решение системы дифференциальных уравнений. На основе полученного решения вычисляется толщина ударного слоя. Если отличие нового положения ударной волны от старого превышает заданную точность, то итерация повторяется.

При численном решении задачи расчетную область покрываем сеткой (z_i, η_j) , $i = \overline{0, N}$, $j = \overline{0, M}$. Дифференциальные операторы заменяем конечно-разностными соотношениями по неявной схеме.

Рассмотрим более подробно алгоритм глобальных итераций. Введем вектор приращений $\Delta = (\delta y_s, \delta p_s, \delta p'_s, \delta t_\beta)^T$, характеризующий возмущение ударной волны. Параметры вектора Δ связаны следующим образом:

$$t_\beta \equiv \frac{tg\beta}{\cos\alpha} = \frac{1}{H_{1,s}} \frac{dy_s}{dz},$$

$$\delta t_\beta = -\frac{kt_\beta}{H_{1,s}} \delta y_s + \frac{1}{H_{1,s}} \frac{d(\delta y_s)}{dz},$$

$$\delta p_s = p_\beta \delta t_\beta.$$

Путем разрешения уравнений внутри области можно вычислить параметры течения через вектор Δ . Подставляя полученные выражения в граничные условия на ударной волне, получим дифференциальное уравнение вида

$$\frac{d}{dz} \left[a(z) \frac{df(z)}{dz} \right] + b(z) \frac{df(z)}{dz} + c(z) f(z) = d(x), \quad (1)$$

где $z \geq 0$, а $f(z) \equiv \delta y_s(z)$.

Анализ коэффициентов уравнения на известных решениях показывает, что коэффициент при старшей производной $a(z)$ равен нулю при $z=0$ и при некотором $z^* > 0$. То есть уравнение имеет две особые точки. Условием, замыкающим алгоритм, является условие гладкости решения в окрестности точки z^* .

Уравнение (1) в области $z < z^*$ аппроксимируется разностным соотношением

$$\frac{2}{h_i + h_{i+1}} \left[a_i \frac{f_{i+1} - f_i}{h_{i+1}} - a_{i-1} \frac{f_i - f_{i-1}}{h_i} \right] + b_i \frac{f_i - f_{i-1}}{h_i} + c_i f_i = d_i \quad (2),$$

а при $z > z^*$

$$\frac{2}{h_{i-1} + h_i} \left[a_i \frac{f_i - f_{i-1}}{h_i} - a_{i-1} \frac{f_{i-1} - f_{i-2}}{h_{i-1}} \right] + b_i \frac{f_i - f_{i-1}}{h_i} + c_i f_i = d_i \quad (3).$$

Пусть k номер узла сетки, такой что $a_k \leq 0$, $a_{k+1} > 0$. Тогда уравнение (3) при $i=k+1$ можно рассматривать как граничное условие для уравнения (2).

При известных коэффициентах в первой области δy_s определяется из (2) методом прогонки, а во второй по явным формулам из уравнения (3).

Уравнение энергии в исходной системе имеет интеграл:

$$h_\Sigma = const = \frac{1}{2} + h_\infty$$

откуда следует, что статическая энтальпия в ударном слое может быть выражена через скорость течения.

Для определения коэффициентов уравнения (1) представим исходную систему разностных уравнений в виде:

$$\hat{R}v_{j+1} = \hat{R}^-v_{j+1} + \hat{R}v_j + \hat{Q}U_{j+1} + \hat{Q}^-U_{j+1} + \hat{Q}U_j + \sum_{k=1}^4 \hat{\phi}_k \Delta_k \quad (4)$$

$$\hat{F}U_j = \hat{F}^-U_j + \hat{F}U_{j+1} + \hat{G}v_j + \hat{G}^-v_j + \hat{G}v_{j+1} + S + \sum_{k=1}^4 \hat{\Phi}_k \Delta_k \quad (5)$$

где $U_j = (\tilde{u}_j, P_j)^T$, $j = \overline{0, M-1}$. Уравнения (4) – (5) записаны при $z = z_i$. Верхний индекс «-» соответствует значениям неизвестных при $z = z_{i-1}$.

Для решения полученных уравнений (4) и (5) будем использовать метод прогонки. При прямом ходе U_j выражается через v_j и вектор Δ , а при обратном получаем выражение v_j через Δ . Подстановка полученного выражения для v_M в граничное условие на ударной волне $v_M - v_s = 0$ позволяет определить коэффициенты уравнения (1).

После определения $\delta y_s(z)$ из (1) – (2) можно вычислить вектор $\delta y_s(z)$; подставляя полученные значения в (4) – (5), можно найти значения неизвестных.

Описанный выше алгоритм является новым оригинальным вариантом метода глобальных итераций и может быть применен к решению задачи сверхзвукового обтекания затупленного тела.

■

Литература

1. Черный Г. Г. Течения газа в большой сверхзвуковой скоростью // М. : Физматгиз 1959. 220 с.
2. Лунев В.В. Течение реальных газов с большими скоростями // М.: Физматлит 2007. 759 с.
3. Davis R.T. Numerical solution of the hypersonic viscous shock layer equations//AIAA Journal. 1970. V.8.№5. P 843-851.
4. Рогов Б.В., Соколова И.А. Маршевый расчет ударной волны при невязком сверхзвуковом обтекании затепленных тел // Математическое моделирование. 2001. Т. 13. №5. С. 110-118.
5. Гиперзвуковая аэродинамика и теплообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов / под ред. Г. А. Тирского. – М. : Физматлит. 2011. - 546 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ БЛА

Логинов А.Н., Рябиков А.О., Александрова Т.В.
Томский политехнический университет
E-mail: riabikoff.alexei@yandex.ru

Введение

В данной работе рассматривается пример применения специальной среды математического моделирования при построении многосвязного существенно нелинейного аэродинамического объекта со сложным пространственным движением.

Цель настоящей работы состоит в моделировании четырёхвинтового беспилотного летательного аппарата (БЛА) – квадрокоптера. Существует множество работ, посвященных моделированию летательных аппаратов с вертикальным взлетом [1; 3-5], где приводятся различные варианты уравнений движения с различной степенью их детализации или различием выбранных подходов в описании. В настоящей же работе рассматривается моделирование без воспроизведения математического описания объекта. MATLAB/SimMechanics может послужить в качестве подходящего инструмента моделирования многосвязного существенно нелинейного аэродинамического объекта со сложным пространственным движением.

Уравнения движения квадрокоптера

Квадрокоптер представляет собой летательный аппарат с четырьмя винтами. Его винты закреплены на двух пересекающихся крест-накрест балках и вращаются попарно в противоположных направлениях, как показано на

Рис. 1. Центр масс вертолета находится в его геометрическом центре. Обозначим оси глобальной системы координат E , связанной с землей, как X, Y, Z ; а оси локальной системы координат B , связанной с центром масс квадрокоптера, – x, y, z

Рис. 1).

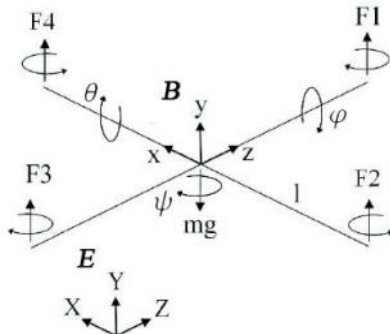


Рис. 1. Кинематическая схема квадрокоптера

Квадрокоптер в пространстве имеет шесть степеней свободы. Его движение состоит из поступательного движения центра масс и сферического движения тела относительно центра масс

[5]. Главные эффекты, оказывающие воздействие на квадрокоптер, представлены в таблице 1.

Таблица 3. Эффекты и силы, действующие на тело квадрокоптера

Эффекты и силы	Источник	Обозначение
Аэродинамический эффект	Вращения винтов	$C\Omega^2$
Моменты инерции	Изменение скорости вращения винтов	$J\dot{\Omega}$
Гравитация	Центр масс	$-mg$
Гироскопический эффект	Изменение ориентации: твердого тела, плоскостей винтов	$I\dot{\theta}\psi$ $J\Omega\theta, \varphi$
Трение	Все движения квадрокоптера	$C\dot{\varphi}, \dot{\theta}, \dot{\psi}$

Для тела массы m справедлив второй закон Ньютона:

$$m\vec{a} = -mg\vec{e}_Y + R(\varphi, \theta, \psi)\vec{u}, \quad (1)$$

где $\vec{a} = (\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z})^T$ – суммарное ускорение динамической системы; m – масса тела; \vec{e}_Y – единичный вектор, направленный вдоль оси Y ; $R(\varphi, \theta, \psi)$ – матрица поворота; \vec{u} – сумма неконсервативных сил, действующих на систему (включая силы лобового сопротивления и силу тяги винтов).

Система дифференциальных уравнений для каждой из шести степеней свободы выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = U_1(\cos\psi \cdot \sin\theta \cdot \cos\varphi + \sin\psi \cdot \sin\varphi) \\ m\ddot{y} = U_1(\sin\psi \cdot \sin\theta \cdot \cos\varphi - \cos\psi \cdot \sin\varphi) \\ m\ddot{z} + mg = U_1(\cos\theta \cdot \cos\varphi) \\ \ddot{\varphi} = \dot{\theta}\dot{\psi} \left(\frac{I_y + I_z}{I_x} \right) - \frac{I_x}{I_x} \dot{\theta}\omega + \frac{1}{I_x} U_2 \\ \ddot{\theta} = \dot{\varphi}\dot{\psi} \left(\frac{I_z - I_x}{I_y} \right) - \frac{I_x}{I_y} \dot{\theta}\omega + \frac{1}{I_y} U_3 \\ \ddot{\psi} = \dot{\varphi}\dot{\theta} \left(\frac{I_x - I_y}{I_z} \right) - \frac{1}{I_z} U_4 \end{cases} \quad (2)$$

где I_x – момент инерции тела относительно оси x , I_y – оси y , I_z – оси z ; J_r – момент инерции ротора; ω – угловая скорость роторов; U_i – силы, действующие на динамическую систему.

Уравнения сил, действующих на динамическую систему U_1, U_2, U_3, U_4 и скорости пропеллеров ω приведены ниже:

$$\begin{cases} U_1 = k(\omega_1^2 + \omega_2^2 + \omega_3^2 + \omega_4^2) \\ U_2 = l(\omega_2^2 - \omega_4^2) \\ U_3 = l(\omega_3^2 - \omega_1^2) \\ U_4 = k(\omega_2^2 + \omega_4^2 - \omega_1^2 - \omega_3^2) - a \\ \omega = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 \end{cases} \quad (3)$$

Моделирование динамики квадрокоптера

Пакет SimMechanics помогает построить структурную модель объекта управления и промоделировать движение в пространстве. Для построения модели необходимо знать лишь массогабаритные характеристики объекта и силы, действующие на него. Средствами SimMechanics была построена механическая модель рассматриваемого объекта управления (Рис. 2.)

Шарнир Custom Joint позволяет задать между двумя любыми звеньями до шести степеней свободы. Благодаря этому шарниру тело квадрокоптера не ограничено относительно земли, а каждая степень свободы шарнира позволяет присоединить датчик Joint Sensor.

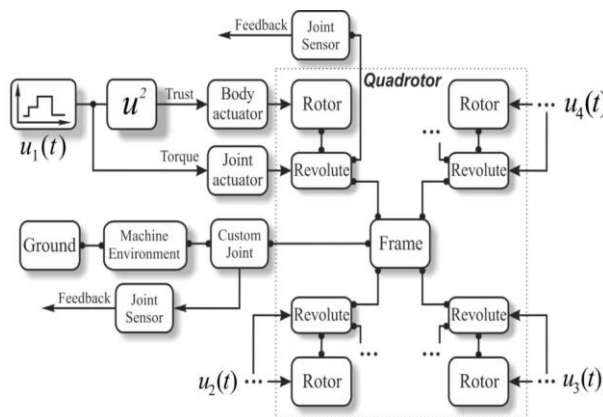


Рис. 2. Структурная схема системы

Визуализация SimMechanics позволяет анимировать движения трехмерных моделей. Эти модели могут быть присоединены в виде графических файлов формата STL, построенных в любой программе CAD-моделирования, например, SolidWorks [2, 5]. Каждый блок Body содержит параметры масс и моментов инерции относительно центра масс тела. Импортированная модель показана на

Рис. 3. На анимации можно увидеть объект управления в процессе его движения по траектории.

Помимо удобства и простоты работы SimMechanics обладает еще одним достоинством - это достаточно гибкий инструмент. Из построенной модели можно извлечь разнообразную информацию, получить ее в различных удобных для чтения и обработки формах.

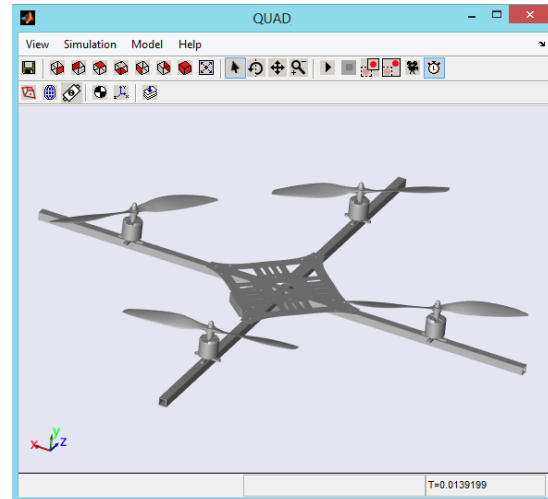


Рис. 3. Визуализация движения квадрокоптера в среде SimMechanics

Заключение

В ходе исследования выявлено, что трехмерная визуализация помогает разработчику раскрыть полноту динамики объекта со сложным пространственным движением. В данной работе показано, что модели, которые можно строить с помощью SimMechanics, не ограничены механической физикой, что дает возможность применять ее и в отношении аэродинамических объектов. С ростом интереса к робототехнике рассмотренный метод приобретает все большую актуальность.

Список литературы

1. Белинская Ю.С., Четвериков В.Н. Управление четырехвинтовым вертолетом // Наука и образование: электр. науч. изд. М: МГТУ им. Н.Э. Баумана. Май, 2012. С. 157-171. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/397373.html> (дата обращения: 20.09.2013)
2. Chen Y., Chen R., Su J., Simulation design on the 6-dof parallel vibration platform Based on SimMechanics and Virtual Reality, *World Automation Congress Proceedings*. 2012; (6321647).
3. Lara D., Romero G., Sanchez A., Lozano R., Guerrero A., Robustness margin for attitude control of a four rotor mini-robotcraft: Case of study. *Mechanics*, Elsevier. 2010;20(1): 143-152.
4. Lim H., Park J., Lee D., Build Your Own Qudrotor - Open Sours Projects on Unmanned Aerial Vehicles, *IEEE Robotics and Automation Magazine*. 2012;19(3), art. no. 6289431: 33-45.
5. Mahony R., Kumar V., Corke P., Multicopter aerial vehicles: Modeling, estimation, and control of quadrotor, *IEEE Robotics and Automation Magazine*. 2012;19(3), art. no. 6289431: 20-32.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ВЯЗКОГО УДАРНОГО СЛОЯ В ЗАДАЧАХ СВЕРЗВУКОВОЙ АЭРОДИНАМИКИ

Котов И.А., Гольдин В.Д.

НИИ Прикладной математики и механики Томского государственного университета

kia1992@bk.ru

В связи с развитием авиационной и ракетно-космической техники требуется решать задачи, связанные со сверх- и гиперзвуковым движением тел в атмосферах планет. Такое движение возникает, например, при спуске летательных аппаратов с околоземной орбиты, или в баллистике снарядов, или в астрономии, при изучении входа в атмосферу Земли тел неземного происхождения (кометы, метеориты, астероиды и т.д.). На данный момент очень интенсивно разрабатываются принципиально новые перспективные летательные аппараты, такие как трансатмосферные, межорбитальные, высокоманевренные летательные аппараты, совершающие аэродинамические маневры или рикошеты при гиперзвуковых скоростях в верхних слоях атмосферы Земли при перелете с верхних орбит на нижние без использования двигателей, но с помощью торможения в атмосфере с использованием подъемной силы [1].

В настоящее время при решении подобных задач наиболее широко используются методы, основанные на схеме Прандтля, когда расчетная область разбивается на внешнее невязкое течение и пограничный слой, примыкающий к телу. Граничные условия на внешней границе пограничного слоя определяются из приближенных аналитических или численных решений уравнений Эйлера. При необходимости при больших числах Маха и для малых и умеренных числах Рейнольдса эти решения уточняются с учетом эффектов второго порядка теории пограничного слоя, в частности эффекта вязко-невязкого взаимодействия.

Тем не менее, схема Прандтля не давала высокой точности и не обладала должной универсальностью. Более точной моделью является модель вязкого ударного слоя. Преимущества этой модели в том, что она содержит в себе все члены уравнений Эйлера и члены второго приближения теории пограничного слоя; в ней также можно учесть разнообразные физико-химические процессы, протекающие в ударном слое. С другой стороны, для ее реализации требуется меньше вычислительных затрат, чем при решении полной системы уравнений Навье-Стокса. Кроме того, она дает возможность рассчитать параметры движения в широком диапазоне чисел Рейнольдса, с использованием экономичных численных методов высокой точности.

Остановимся теперь подробнее на модели вязкого ударного слоя [1,2]. Рассмотрим стационарное сверхзвуковое обтекание плоского или осесимметрического затупленного тела потоком вязкого и теплопроводного газа. Контур тела

предполагается достаточно гладким. При таком течении перед телом образуется область сжатого газа [1,2], называемая ударным слоем, ограниченная поверхностью тела и головной ударной волной. При достаточно больших числах Рейнольдса (**Re**) толщиной и структурой ударной волны можно пренебречь, т.е. заменить эту область поверхностью разрыва, при прохождении которой газ меняет свои параметры разрывным образом - скачком. В таком случае задача сверхзвукового обтекания сводится к расчету вязкого смешанного (до- и сверхзвукового) течения в ударном слое.

В поставленной задаче будем использовать систему координат, связанную с телом. Началом координат будет точка пересечения оси симметрии с контуром тела на наветренной стороне. Координата x - длина дуги на поверхности тела, соединяющей начало координат и проекцию точки на тело. Координата y - это расстояние по нормали до поверхности тела.

Математической моделью поставленной задачи является система уравнений вязкого ударного слоя в указанной системе координат [1-3], выражающая законы сохранения массы, импульса и энергии:

$$\frac{\partial}{\partial x}(r^\tau \rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(r^\tau H_1 \rho v) = 0, \quad (1)$$

$$\rho \left(\frac{u}{H_1} \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{kuv}{H_1} \right) + \frac{1}{H_1} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{1}{H_1 r^\tau} \frac{\partial}{\partial y} \left[H_1 r^\tau \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{uv}{H_1} \right) \right], \quad (2)$$

$$\rho \left(\frac{u}{H_1} \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{u^2 v}{H_1} \right) + \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \quad (3)$$

$$\rho \left(\frac{u}{H_1} \frac{\partial h_\Sigma}{\partial x} + v \frac{\partial h_\Sigma}{\partial y} \right) = \frac{1}{H_1 r^\tau} \frac{\partial}{\partial y} \left\{ H_1 r^\tau \left[\lambda \frac{\partial T}{\partial x} + \mu u \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{ku}{H_1} \right) \right] \right\}, \quad (4)$$

$$p = \frac{\gamma}{\gamma-1} \rho h. \quad (5)$$

Здесь использованы следующие обозначения: u, v - касательная и нормальная к поверхности тела составляющие вектора скорости; ρ, p, h_Σ, T - плотность, давление, полная энтальпия, температура; μ, λ - коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности; $r = r_w + y \cos \alpha$ - расстояние от точки до оси симметрии тела; α - угол наклона касательной к точке контура тела; $H_1 = 1 + ky$ - коэффициент Ламе; k - кривизна; τ - параметр который равен 0, если тело плоское и равно 1, если тело осесимметрическое. Система определяющих уравнений (1)-(4) замыкается уравнением

состояния (5) и температурными законами для коэффициентов μ и λ .

Граничные условия для системы уравнений (1)-(4) те же законы сохранения массы, импульса и энергии, но уже на поверхности обтекаемого тела [1,2].

$$v_s = u_s \operatorname{tg} \beta_s - \frac{\rho_\infty V_\infty \sin \beta}{\rho \cos \beta_s}, \quad (6)$$

$$u_s = V_\infty \left(\cos \beta \cos \beta_s + \frac{\rho_\infty}{\rho_s} \sin \beta \right) - \frac{\mu_s}{\sin \beta} \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{ku}{H_1} \right), \quad (7)$$

$$c_p T_s + \frac{1}{2} (u_s^2 + v_s^2) = c_p T_\infty + \frac{V_\infty^2}{2} - \frac{\mu_s}{\sin \beta} \left[\frac{1}{\operatorname{Pr}} \frac{\partial T}{\partial y} + u \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{ku}{H_1} \right) \right], \quad (8)$$

$$p_s = \rho_\infty V_\infty^2 \left(1 - \frac{\rho_\infty}{\rho} \right) \sin^2 \beta + p_\infty. \quad (9)$$

Здесь индекс “s” соответствует значениям на ударной волне, а индекс “∞” означает, что значение взято из набегающего потока. В этих равенствах встречаются обозначения: $\operatorname{Pr} = \frac{\mu c_p}{\lambda}$ – число

Прандтля, β – угол наклона касательной к поверхности ударной волны, и $\operatorname{tg} \beta_s = \frac{1}{H_{1s}} \frac{dy_s}{dx}$.

На поверхности тела $y = 0$ выставляются следующие граничные условия u и $v = 0, h = h_w$. С учетом симметрии течения систему уравнений (1-5) можно свести к обыкновенным дифференциальным уравнениям, решение которых является граничным условием для исходной системы при $x = 0$.

Необходимо отметить, что граница расчетной области $y_s(x)$ заранее не известна и должна определяться в процессе решения.

Для решения задачи в исходной системе производятся преобразования: расчетная область нормируется в поперечном направлении, функции p, u нормируются на p_s и $\cos \alpha$; затем уравнения приводятся к безразмерному виду.

Сформулированная задача является нелинейной и решается методом последовательных приближений. Задаются первоначальные значения всех неизвестных, и уравнения линеаризуются в окрестности этого приближения. Решение линеаризованной системы сравнивается с заданным приближением. Если необходимая точность еще не достигнута, то полученное решение считается новым приближением и процесс итераций повторяется.

При решении линеаризованной системы используется метод Петухова, имеющий 4-й порядок аппроксимации по поперечной координате и 1-й – по продольной [3-6]. Расчетная область покрывается сеткой. Система представляется в виде:

$$\frac{\partial M}{\partial \eta} = K + \alpha(\xi)P, \quad (10)$$

где

$$M = m_0 + m_1 U_1 + m_2 U_2 + m_3 \delta y_s,$$

$$K = k_0 + k_1 U_1 + k_2 U_2 + k_3 \delta y_s,$$

$$P = p_1 \frac{\partial U_1}{\partial \xi} + p_2 \frac{\partial U_2}{\partial \xi},$$

$$U_1 = \frac{\partial U_2}{\partial \eta}.$$

Здесь $\alpha(\xi)$ – скалярная функция, $m_1, m_2, k_1, k_2, p_1, p_2$, матричные функции размерности 4×4 , а m_0, m_3, k_0, k_3 – вектор-столбцы функции размерности 4. В свою очередь δy_s – неизвестное приращение отхода ударной волны, а U_1, U_2 – вектор-столбцы неизвестных функций.

Граничные условия приводятся к виду:

$$\lambda_{i0} + \lambda_{i1} U_1 + \lambda_{i2} U_2 + \lambda_{i3} \delta y_s, \eta = 0 \text{ при } i = 1 \text{ и } \eta = 1 \text{ при } i = 2.$$

Далее при помощи интегрирования уравнений вида (10) и M с использованием формул Симпсона, Ньютона-Лейбница и Эйлера-Маклорена получаем два разностных уравнения в каждой разностной ячейке [3-6]:

$$a_{i0}^n + a_{i1}^n U_1^n + a_{i2}^n U_2^n + a_{i3}^n \delta y_s^n = a_{i0}^{n+1} + a_{i1}^{n+1} U_1^{n+1} + a_{i2}^{n+1} U_2^{n+1} + a_{i3}^{n+1} \delta y_s^{n+1}, i = \overline{1,2}.$$

Для решения полученной системы разностных уравнений применяется метод матричной прогонки [5].

Рассмотренный алгоритм реализован в виде программы на языке Object Pascal.

Литература

1. Гиперзвуковая аэродинамика и теплообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов / под ред. Г. А. Тирского. – М.: Физматлит. 2011. – 546 с.ф.
2. Cheng W/K/ The Blunt-Body Problem in Hypersonic Flow at Low Reynolds Number //Jas Paper. 1963. № 63-92.
3. Рогов Б.В. Сквозной маршевый метод расчета трансзвуковых вязких течений // Мат. Моделирование. 2004. Т. 16. № 5. С.3-22.
4. Петухов И.В. Численный расчет двумерных течений в пограничном слое. //Сб. «Численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений и квадратурные формулы». – М.: Изд-во АН СССР, 1964, с.304-325.
5. Калиткин Н.Н., Рогов Б. В., Соколова И.А. Двустадийный маршевый расчет вязких течений через сопло Лавала. / Математическое моделирование. 1999, №7 с. 95-117.
6. Гольдин В.Д., Еркина Е.В. Применение метода И.В.Петухова к решению задачи Коши и краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений // Исследования по баллистике и смежным вопросам механики. Вып. 4. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2001. С. 56-58.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДБОРА АЛГОРИТМА СЕГМЕНТАЦИИ ПО ИСХОДНОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ

А.В. Власов, И.П. Скирневский

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

andark.postbox@mail.ru

Введение

В настоящее время существует множество алгоритмов для сегментации изображений. Каждый алгоритм применяется в различных ситуациях, и все они имеют различные скорости обработки, а также требования к входным изображениям и полученные при обработке результирующие данные. Наличие различных характеристик позволяют применять конкретные алгоритмы в определенных ситуациях с целью получения самого оптимального результата из возможных.

Примерами применения алгоритмов сегментации в системах, согласно [1], являются:

- Системы управления процессами (промышленные роботы, автономные транспортные средства)
- Системы видеонаблюдения
- Системы организации информации (индексация баз данных изображений)
- Системы взаимодействия (в системах человеко-машинного взаимодействия в качестве считывания и преобразования графической информации)
- Системы восстановления или моделирования объектов или окружающей среды по изображениям (анализ медицинских изображений, моделирование по томографическим снимкам)

В данном исследовании рассматривается подбор метода для обработки снимков, получаемых при томографических исследованиях структуры объектов в институте синхротронного излучения (ISR) технологического института Карлсруэ (KIT), партнером которого является кафедра АиКС Томского Политехнического Университета (ТПУ). Основными задачами, возникающими при работе с данными полученными при сканировании, являются обработка изображений с целью выделения исследуемого объекта, определение его местоположения и составления модели объекта и его перемещения в случае подвижных объектов.

Постановка задачи

Необходимость создания автоматического определителя типового алгоритма для изображений требует первым делом определить типы обрабатываемых изображений. Так как все изображения предоставляются в оттенках серого или принудительно в них переведены (например, в случаи тестирования), можно разделить их по следующим признакам:

- 1) Сильно зашумлённые изображения.
- 2) Изображения с одним объектом (обычно два пика интенсивности - фон и объект).

- 3) Изображения с множеством объектов.
- 4) Изображения с мелкими объектами.
- 5) Изображения с крупными объектами с достаточно монотонной внутренней поверхностью.

В ходе тестирования подобранных изображений перечисленных типов, таких как на рисунке 1, будут выделены дополнительные параметры и критерии, которые позволят выделить новые типы изображений и скорректировать приведенный список, появятся и уточнятся новые критерии. В силу тематики исследований все изображения являются рентгенографическими, но для тестирования и универсализации подхода будет произведена обработка любых изображений подобным образом.

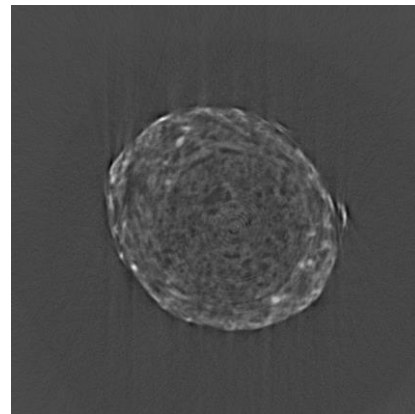


Рис. 1. Зашумленный рентгенографический снимок

После того как определен набор типов изображений, необходимо сопоставить им существующие типовые алгоритмы по наилучшему качеству обработки. Существует классификация подходов в сегментации с ветвлениями, каждое из которых приводит к определенному алгоритму. Из них в ходе исследований будет составлен набор для сопоставления типам изображений. Чтобы распределить соответствия, применяются два подхода: найти в описании и теории к каждому алгоритму его сильные стороны или описание наиболее оптимальных входных данные для обработки и найти реализованные версии алгоритма и испытать их на тестовом наборе изображений. Наиболее распространенные алгоритмы реализованы и распространяются с открытым исходным кодом, доступны в сетевом ресурсе [2].



Рис. 2. Схема автоматического подбора алгоритма сегментации изображения

Обзор методов сегментации

Существующие методы детектирования объектов представимы в виде следующих групп:

Методы, основанные на использовании характерных признаков объекта, заданных в виде набора векторов в определенных точках, в частности в [3] представлена экспериментальная оценка и сравнение дескрипторов регионов при геометрических и фотометрических трансформациях снимка, среди прочих в статье рассматриваются дескрипторы, основанные на гистограммах, градиентных моментах и Гауссовых производных.

Методы поиска объектов на основе некоторого шаблона, например, в виде матрицы интенсивности наиболее характерных для объекта цветов, или набора дескрипторов, содержащих информацию о геометрическом представлении объекта [4];

Методы выделения контуров объектов [5, 6].

Выбор вариантов решения задачи

После определения списка алгоритмов сегментации с привязкой к соответствующим типам изображений, потребуется определить возможность автоматического распознавания типа этих изображений. В данном случае рассматривается подход, использующий гистограмму входного изображения и получение из нее необходимые параметры для отнесения изображения к одному из типов [1,7]. Получить все необходимые параметры из гистограммы – это нетривиальная задача, которая возможно предварительно потребует дополнительной оценки. В данном случае требуется построить гистограммы всех тестовых изображений и проследить их характерное поведение и провести соответствия с изображениями, чтобы в

дальнейшем опираться на эти особенности для определения типа изображения. Помимо этого в статье [6] используются трехмерные гистограммы, построение которых наряду с обычными двухмерными гистограммами позволит выделить дополнительные параметры и информацию для сравнении. С точки зрения программирования и производительности алгоритма также возможно будет делать автоматическую оценку изображений на основе трехмерной развертки интенсивности, но этот процесс будет достаточно трудоемким, чтобы значительно увеличить время обработки, поэтому трехмерная гистограмма предполагается к использованию только для того, чтобы определить, как гистограмма связана с типом изображения во время исследований.

Выводы

Результатом исследований описанного в статье подхода является алгоритм, позволяющий автоматизировать процесс выбора метода обработки предоставляемых изображений. Данный алгоритм позволит значительно сократить время, затрачиваемое при подготовке к обработке большого количества изображений, а также автоматизировать этот процесс.

Список литературы

1. Компьютерное зрение и программирование. Выравнивание гистограммы яркости, [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://cv-dev.ru/выравнивание-гистограммы-яркости/>, свободный.
2. National Library of Medicine Insight Segmentation and Registration Toolkit (ITK), [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.itk.org>, свободный.
3. Mikolajczyk K. A performance evaluation of local descriptors / K.Mikolajczyk, C.Schmid // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, Том.27, №.10. – стр. 1615-1630.
4. Forsyth D. A. Computer Vision: A Modern Approach (2nd Edition) / D. A.Forsyth, J. Ponce. Prentice Hall, 2011. – стр. 465.
5. Билл Грин, Алгоритм выделения контуров CANNY, [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2010/fknt/chudovskaja/library/article4.htm>, свободный.
6. Kass M, Witkin A. Snakes: Active Contour Models / International Journal of Computer Vision, 321-331 (1998).
7. Власов, А.В. Модификация алгоритма Канны применительно к обработке рентгенографических изображений / И.В.Цапко, А.В. Власов // Вестник науки Сибири, 2013, № 4 (10), – с. 120-127.

ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ АНОМАЛЬНОГО ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ

В.В. Лоскутов

Научный руководитель: О.В. Шефер
Томский политехнический университет
deonold@gmail.com

Введение

При отражении света от морской поверхности, ледников, кристаллического облака, в состав которого входят преимущественно ориентированные плоские частицы формируются яркие вспышки [1, 2]. В атмосфере возникают световые столбы. Источником света при этом могут являться Солнце, Луна, уличные фонари, и др. На водной поверхности, в результате зеркального отражения, можно наблюдать четкое изображение источника. Раздел оптики, рассматривающий зеркальное отражение от плоских поверхностей является унифицированным как для моделирования зеркального отражения.

В настоящее время, согласно устоявшейся терминологии, появление высоко интенсивного обратного сигнала принято называть эффектом аномального обратного рассеяния. Коэффициенты обратного рассеяния для тех аномальных обратных сигналов, которые удалось зарегистрировать, составляли единицы и даже десятки обратных километров [2]. Во всех экспериментах, в которых наблюдалось аномальное обратное рассеяние, установлено, что оно является следствием зеркального отражения сигнала от плоской поверхности атмосферных кристаллов или водной поверхности.

Формализм расчета

В рамках метода физической оптики (метод применим, когда величина длины волны падающего излучения много меньше размера рассеивателя) была разработана оптическая модель круглой пластинки для исследования рассеяния оптического излучения в задней полусфере [3]. Задней полусферой называется часть сферы, содержащая плоскость основания пластинки и отраженные лучи от ее основания. Круглая пластинка является обобщенной моделью отдельной частицы дисперсной среды, представленной пластинчатыми кристаллами.

Общее выражение, определяющее коэффициент обратного рассеяния представляется в интегральной форме

$$\beta_{\pi} = \int \sigma_{\pi} \cdot N(a) da, \quad (1)$$

где σ_{π} – сечение обратного рассеяния, $N(a)$ – функция распределения частиц по размерам. Круглая пластинка имеет радиус a и толщину d . Из многочисленных натуральных исследований кристаллических облаков при различных температурных режимах установлено, что распределение частиц по

размерам имеет ярко выраженный максимум [4]. При этом модифицированное гамма-распределение

$$N(a) = C \frac{\mu^{\mu+1}}{G(\mu+1)} \cdot \frac{1}{a_m} \cdot \left(\frac{a}{a_m}\right)^{\mu} \cdot \exp\left(\frac{-\mu \cdot a}{a_m}\right). \quad (2)$$

адекватно описывает спектр размеров атмосферного кристаллического образования. Формула (2) включает в себя следующие параметры: C – концентрация пластинок, a_m – определяющий размер кристалла, соответствующий максимуму функции $N(a)$, μ – безразмерный параметр, характеризующий крутизну склонов данного максимума, $G(\mu+1)$ – гамма функция. Следует отметить, что для пластинчатых кристаллов установлена взаимосвязь между толщиной d и диаметром $2a$ (например, $d=2.020(2a)^{0.449}$) [4], что позволяет использовать формулу (1). Для анализа данных как численных, так и экспериментальных, как правило, используют средний радиус (\bar{a}). В случае модифицированного гамма – распределения (2) средний радиус частиц \bar{a} связан с параметрами μ и a_m согласно формуле $\bar{a} = a_m(1+1/\mu)$.

В случае нормального расположения пластинок относительно направления падения излучения на их основание удастся получить аналитическое выражение, определяющее коэффициент обратного рассеяния. С учетом формулы (2) соотношение (1) преобразуется к виду

$$\beta_a = \left| \frac{\tilde{n}-1}{\tilde{n}+1} \right|^2 C \frac{k^2}{\pi} \left(\pi \bar{a}^2 \right)^2 \prod_{j=1}^3 \left(1 + \frac{j}{\mu+1} \right). \quad (3)$$

Здесь k – волновое число ($k=2\pi/\lambda$, λ – длина волны падающего излучения). Оптические свойства вещества задаются комплексным показателем преломления $\tilde{n}(\lambda) = n(\lambda) + i \cdot \chi(\lambda)$. Вещественная часть n , называемая коэффициентом преломления, определяет запаздывание (или опережение) фазы волны, прошедшей через вещество. Мнимая часть χ , называемая показателем поглощения, определяет уменьшение интенсивности. Формула (3) позволяет при известном среднем радиусе и концентрации пластинок в рассеивающем объеме оценить амплитуду зеркально отраженного сигнала.

Обсуждение результатов расчета

Нами выполнено численное исследование обратного рассеяния оптического излучения для системы горизонтально ориентированных пластинчатых кристаллов. Для их расчета входными

параметрами являлись: значения комплексного показателя преломления (n, χ), параметры распределения частиц по размерам (C, μ, \bar{a}), длина волны (λ) падающего излучения. Для определенности рассматривалась круговая поляризация падающего излучения.

На рис. 1 и 2 показаны аномально высокие значения коэффициента обратного рассеяния при различных параметрах распределения частиц по размерам. Для $C=0.8 \text{ л}^{-1}$ и $\bar{a}=37 \text{ мкм}$ коэффициенты обратного рассеяния измеренные в эксперименте достигали 17 км^{-1} [2]. Сравнивая данные численного и натурного экспериментов, нетрудно убедиться не только в их качественном, но и количественном совпадении.

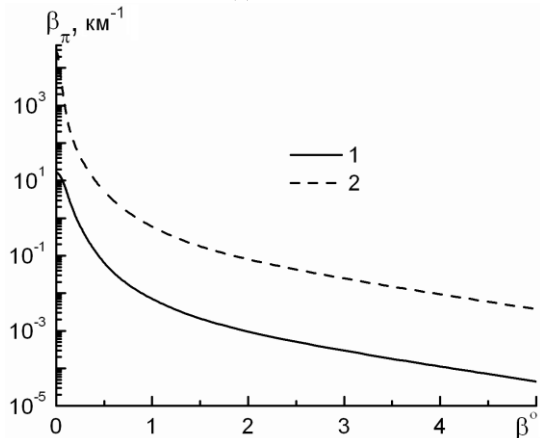


Рис. 1. Расчетные значения коэффициента обратного рассеяния $\beta_{\pi}(\beta)$ для системы ориентированных пластинок при $n=1.31, \chi=10^{-3}, \lambda=0.694 \text{ мкм}, \mu=5$; 1– $\bar{a}=37 \text{ мкм}, C=0.8 \text{ л}^{-1}$; 2– $\bar{a}=100 \text{ мкм}, C=25 \text{ л}^{-1}$.

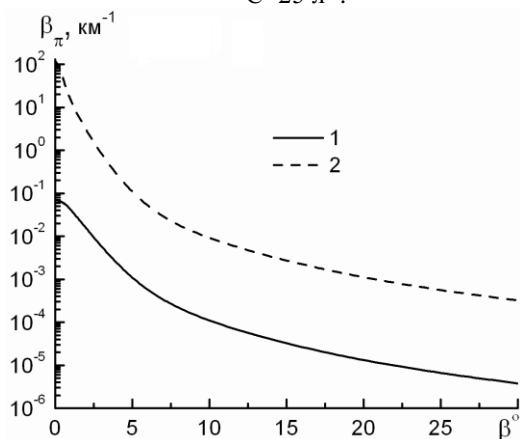


Рис. 2. Расчетные значения коэффициента обратного рассеяния для системы ориентированных пластинок при $n=1.31, \chi=10^{-3}, \lambda=10.6 \text{ мкм}, \mu=5$; 1– $\bar{a}=37 \text{ мкм}, C=0.8 \text{ л}^{-1}$; 2– $\bar{a}=100 \text{ мкм}, C=25 \text{ л}^{-1}$.

Для аномального обратного рассеяния характерным признаком является уменьшение на несколько порядков амплитуды отраженного сигнала при смещении оси лидара от зенитного направ-

ления (угол β). Так, при зондировании ледяных пластинок в видимой части диапазона (см. рис.1) отклонение оси лидара от вертикали всего на 1° приводит к уменьшению амплитуды отраженного сигнала на 4– 6 порядков. В ИК диапазоне (см. рис. 2) при сканировании лидара интенсивность сигнала меняется медленнее. Тоже самое изменение амплитуды обратного сигнала на 4– 6 порядков соответствует углам сканирования $10\text{--}20^\circ$. Следует заметить, что крутизна характеристик $\beta_{\pi}(\beta)$ в области малых углов однозначно связана со средним радиусом \bar{a} пластинчатых кристаллов. Это дает возможность при сканировании лидара вблизи вертикали по относительному изменению амплитуды отраженного сигнала оценить средние размеры кристаллов исследуемых облаков. Концентрация частиц C входит линейно в формулу (3) или в (1) с учетом (2). Это позволяет, не проводя дополнительных расчетов, а, только пользуясь результатами, представленными на рис.1 и 2, оценить коэффициенты $\beta_{\pi}(\beta)$ для кристаллических образований с произвольными концентрациями. Заключение.

Для численного моделирования среды, формирующей высоко интенсивную зеркально отраженную лучистую энергию, рассмотрены кристаллы пластинчатой формы. На основании анализа результатов расчета энергетической характеристики (коэффициента обратного рассеяния) для зеркально отраженного излучения системой ориентированных пластинок, полученной в рамках метода физической оптики, установлены ярко выраженные регулярные зависимости от параметров распределения частиц по размерам. В данной работе показано, что система ориентированных кристаллов обладает особым механизмом светорассеяния. Это дает возможность, проводить дистанционное исследование микроструктуры кристаллического облака или тестирование водной поверхности на одной частоте.

Работа выполнена в рамках ГосЗадания «Наука».

Литература

1. A. Borovoi, A. Konoshonkin, L. Kolokolova, Glints from particulate media and wavy surfaces. // J. of Quant. Spectr. Rad. Trans., 2012, V.113, P.2542–2551.
2. S.M.R. Platt Lidar backscatter from horizontal ice crystal plates. // J. Appl. Meteor. 1978, V.17, P.1220–1224.
3. О.В. Шефер, Оптическая модель пластинчатого кристалла применительно к бистатистическому поляризационному лазерному зондированию кристаллических облаков. // Оптика атмосферы и океана. 1999, Т.12, №7, С.573–577.
4. Волковицкий О.А., Павлова Л.Н., Петрушин А.Г. Оптические свойства кристаллических облаков. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 200 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В ПЛАСТИНЕ И В ОБЪЕМНОМ ТЕЛЕ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Т. В. Сыч, С. И. Герасимов
Сибирский государственный университет путей сообщения
tatyana979@mail.ru

Введение

В современном мире все более важным становится сокращение затрат времени и ресурсов на предварительные механические испытания различных объектов. Испытания объектов транспортной отрасли требуют значительных ресурсов времени, в зависимости от плана эксперимента, так как некоторые объекты могут представлять из себя сложную литую или составную конструкцию. При этом аналитическое решение задач, связанных с ними, затруднено. В этой связи актуальным и перспективным является развитие такого направления, как математическое моделирование, решающее прикладные задачи во всех областях науки и техники. Данная работа посвящена численному моделированию процесса распространения акустической волны в твердом теле. Акустические волны используются при неразрушающем контроле металлических объектов, в частности объектов железнодорожного транспорта. Акустические методы контроля остаются одними из наиболее используемых методов при неразрушающем контроле объектов железнодорожного транспорта – рельсов, деталей тележек вагонов, колесных пар.

Основные объекты моделирования

С помощью программного пакета COSMOS/M авторами был разработан алгоритм моделирования процесса распространения акустической волны в линейных, плоских и объемных телах, а также в телах с неоднородными физико-механическими характеристиками и наличием концентраторов напряжения [1,2].

Безусловно, методы математического моделирования имеют значимость только при условии удовлетворительного согласования, прежде всего, с экспериментальными, а также с аналитическими решениями. Для исследования связи результатов был поставлен следующий эксперимент.

Оборудование для эксперимента было расположено на виброизолированном столе ВИС-1 (рис. 1) массой около 1000 кг. Объектом контроля служила пластина 1 из стали 20 (рис. 1). Размеры пластины составили 1 м Ч 1 м. Хрупкий излом грифеля в установке для излома 2 (рис. 1) генерировал акустико-эмиссионный (АЭ) сигнал. Грифель имел диаметр 0,5 мм, твердость 2Т [3]. Грифель был выдвинут из цангового карандаша на 3 мм ($\pm 0,5$ мм). Датчики Д0, Д1, Д2, Д3 на рис. 1, регистрируют смещение точек поверхности пластины. Существует устоявшееся мнение, что датчики ре-

гистрируют только смещения U_z (по нормали), так как пьезоэлектрическая пластина в преобразователе имеет определенную поляризацию (по толщине), и между датчиком и пластиной присутствует слой контактной жидкости, в которой, в свою очередь, может распространяться только продольная волна.

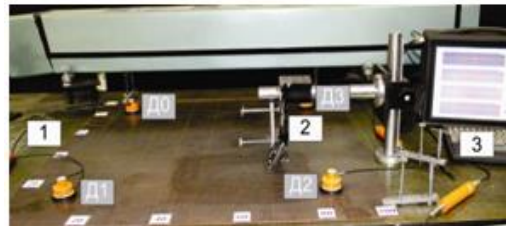


Рис. 1. Установка для проведения эксперимента

Обрабатывались акустико-эмиссионные сигналы с помощью АЭ системы 3 на рис.1 СЦАД 16.03, основные паспортные данные которой были следующими [4]:

- рабочая полоса частот системы СЦАД 16.02 10-700 кГц;
- нижняя частота среза: $(10 \pm 0,5)$ кГц;
- верхняя частота среза: не менее 700 кГц;
- коэффициент усиления предварительного усилителя: $K_u=100\pm 5$;
- полоса пропускания предварительного усилителя такая же, как для всей системы;
- основная погрешность определения координат источника сигналов акустической эмиссии (АЭ): не более 5%;
- среднее квадратическое отклонение координат источника сигналов АЭ, не более 3%.

Для сопоставления результатов численного и физического эксперимента была создана модель пластины с аналогичными реальной пластине размерами 1 м Ч 1 м и толщиной 6 мм. Граничные условия были следующими: запрет перемещений по нижней грани (U_z).

Были соблюдены требования для пространственной и временной дискретизации, изложенные в [1,2]. При этом шаг дискретизации по времени был следующим: $\Delta t \leq 5 \cdot 10^{-7}$ с, $l_e = \lambda_{\min}/20 \dots \lambda_{\min}/10$, где λ_{\min} – наименьшая длина волны. Характерный размер элемента l_e по толщине составлял 1 мм (6 элементов по толщине пластины). Данные ограничения пространственной дискретизации, а также требования к временной дискретизации приводят к увеличению необходимых вычислительных ресурсов для расчета задачи. Исходя из этих ограничений с одной стороны и учиты-

вая частотный диапазон, в котором работает сама АЭ система, амплитудно-частотную характеристику датчиков АЭ, которые непосредственно преобразуют сигнал АЭ, для сигнала в численной модели была выбрана частота в 100 кГц, амплитуда - 1 кН. Количество элементов достигло более 54 тысяч.

На рисунке 2 показан вид численной модели пластины в момент времени, равный 125 мкс.

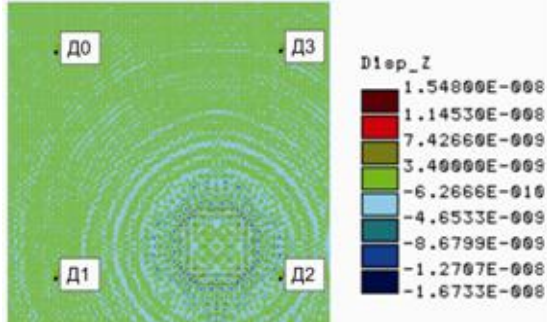


Рис.2. Конечно-элементная модель пластины в момент времени 125 мкс после генерации сигнала

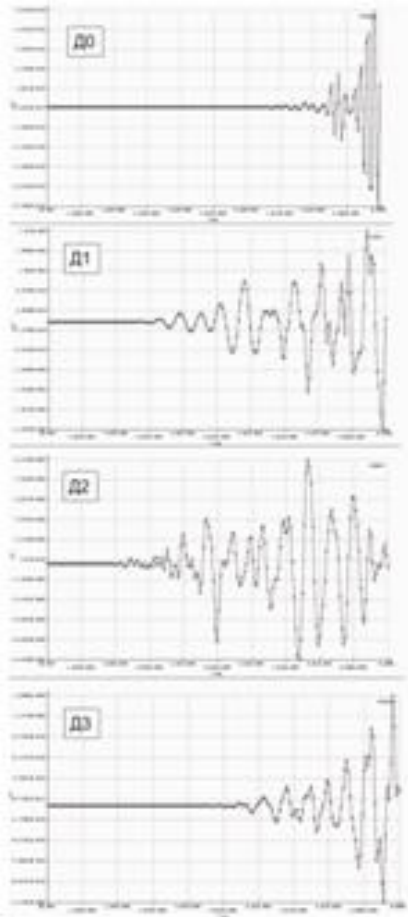


Рис.3. Перемещения U_z узлов модели.

На рисунке выделены номера узлов, которые совпадают с координатами центров датчиков Д0, Д1, Д2, Д3. Расчетное время прихода волны на датчик Д0 – 130 мкс, датчик Д1 - 85 мкс, датчик Д2 – 37 мкс, датчик Д3 – 107 мкс.

На рисунке 3 представлены осциллограммы перемещений U_z соответствующих узлов численной модели.

Очевидно, что первым начинает колебания ближайший к источнику АЭ сигнала узел численной модели. Кроме того, видно, что в численной модели, так же, как и в регистрируемом сигнале реальной АЭ, присутствует эффект дисперсии - «размывания» переднего фронта у далее отстоящих от источника датчиков.

В работе также описаны численные результаты моделирования распространения акустической волны в объемной модели сложной геометрии.

Объектом исследования выбрана боковая рама тележки грузового вагона.

Заключение

В работе представлены результаты моделирования трехмерных объектов контроля: пластины и литой детали тележки, причем модель пластины состояла из объемных элементов, а не элементов оболочки. Отработан алгоритм моделирования процесса распространения акустической волны от акустико-эмиссионного источника сигнала. Сравниваются реальные сигналы и колебания узлов численной модели. Скорость распространения акустических волн в численной модели близка к теоретической скорости распространения акустических волн.

Литература

1. Сыч Т.В., Герасимов С.И., Кулешов В.К. Моделирование распространения акустических волн методом конечных элементов // Дефектоскопия. – 2012. - №3, – С.3-9.
2. Сыч Т. В., Герасимов С. И., Кулешов В. К. Моделирование распространения ультразвуковой волны через сварной шов / Контроль. Диагностика. – 2013. - №13 с. 203-206.
3. ГОСТ Р 52727—2007: Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования.
4. Акустико-эмиссионный контроль железнодорожных конструкций / А.Н. Серьезнов, Л.Н. Степанова, В.В. Ивлиев и др. – Новосибирск: Наука, 2011. – 272 с.

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

А.М. Шакирзянова, Е.Б. Грибанова

Томский университет систем управления и радиоэлектроники

shakirzyanova.a@gmail.com

Введение

Происходящие в Российской Федерации процессы перехода к рыночной модели экономики возродили права частной собственности и свободу предпринимательства, позволяющие субъектам рынка владеть, распоряжаться и пользоваться объектами недвижимости: зданиями, сооружениями, а также земельными участками определенного целевого назначения.

Необходимым элементом рыночной экономики выступает институт независимой оценки собственности, без которого невозможно становление права собственности и демократизация экономической жизни. В первую очередь это касается рынка недвижимости, развитие которого может определить в перспективе характер изменений всей экономики.

Объективная оценка различных видов стоимости (рыночной, инвестиционной, залоговой, страховой, налогооблагаемой и других) недвижимого имущества необходима в случаях:

1. операций купли-продажи или сдачи в аренду;
2. страхования объектов недвижимости;
3. кредитования под залог объектов недвижимости;
4. внесения объектов недвижимости в качестве вклада в уставный капитал предприятий и организаций;
5. других операций, связанных с реализацией имущественных прав на объекты недвижимости.

Для построения модели оценки недвижимости наиболее подходящий является сравнительный подход.

Сравнительный подход — совокупность методов оценки стоимости объекта оценки, основанных на сравнении объекта оценки с объектами — аналогами объекта оценки, в отношении которых имеется информация о ценах.

Регрессионная модель

Построение модели начинается со спецификации. На этом этапе принимается решение относительно того, какие из факторов, влияющих на стоимость, следует включать в модель, а также анализируется влияние этих факторов на результирующий показатель (увеличивают или уменьшают они стоимость; является ли эта зависимость линейной или носит более сложный характер).

Непосредственный отбор факторов для включения их в модель, должен осуществляться на основе качественного анализа, исходя из целей и задач исследования.

Введение в модель большого числа факторов вовсе не так целесообразно, как иногда кажется.

Правильнее отобрать только сравнительно небольшое число основных факторов, находящихся в корреляционной связи с выбранным функциональным (результатирующим) показателем.

Факторы, включаемые в модель, должны быть, как правило, количественно измеримы. Правда, современный математический аппарат позволяет учитывать и качественные показатели, например, такие как зона, в которой расположен объект недвижимости.

Чтобы включить качественные переменные в модель, их нужно преобразовать в бинарные. Для этого, каждому значению качественной переменной ставится в соответствие 0 или 1. Затем эти бинарные переменные вводятся в модель, наряду с другими факторами.

Для проведения исследований были проанализированы данные по оценке приватизируемых объектов недвижимости за 2014 год в городе Томске. Данные были взяты из интернет-ресурсов, в которых размещены объявления о продаже квартир. На этом этапе в выборку вошло 220 объектов.

Для определения стоимости квартиры были отобраны следующие параметры [1]:

1. **количество комнат**, чем больше комнат, тем больше стоимость объекта недвижимости;
2. **общая площадь жилья** в Томске — один из основных параметров при оценке стоимости квартиры, ведь цена складывается из количества квадратных метров в квартире;
3. особое влияние на стоимость квартиры играет **площадь жилых комнат жилья**;
4. планировка квартиры не имеет глобального значения, однако, квартиры имеющие одинаковую площадь и количество комнат, могут иметь разную цену, если в одной из них меньше **кухня**;
5. **этаж** в Томске — является очень важным фактором. Квартиры в Томске располагающиеся на первом и последнем этажах будут стоить меньше, чем такие же квартиры на средних этажах;
6. **тип постройки** — на сегодняшний день существует несколько типов квартир в Томске: «хрущевки», «сталинки», 67 серия, 75 серия, 86 серия, квартиры индивидуальной планировки (новый тип) и т.п. — цена на квартиры в Томске в каждом из типов домов будут значительно отличаться;
7. **наличие лоджии или балкона** может напрямую влиять на стоимость жилья. Специалисты отмечают, что недвижимость с балконом или лоджией может стоить на 5 – 7 процентов больше, чем подобное жилье без них;

8. в квартире со совмещенным *санузлом* цена будет гораздо ниже, чем в аналогичной квартире с раздельным санузлом;

9. *отделка квартиры* в Томске – очень важный фактор, известно, сколько сейчас стоит вложить труда и денег на ремонт квартиры в Томске. Поэтому квартира в Томске с ремонтом будет стоить значительно выше, чем аналогичная, без ремонта;

10. *рейтинг дома* [2] определяет близость дома к объектам инфраструктуры, как района, так и города в целом, если квартира находится вдали от школы, детских садов, медицинских учреждений, ее стоимость будет ниже, по сравнению с квартирами в домах аналогичного типа, находящихся рядом с объектами инфраструктуры;

11. на цену квартир вторичного рынка существенно влияет *район* [3].

12. *год постройки*. Возраст дома существенно влияет на стоимость квартиры. (Данные взяты с сайта регионального фонда капитального ремонта многоквартирных домов Томской области)[4].

Для отбора факторов, которые будут входить в модель, был использован Метод главных компонент - один из основных способов уменьшить размерность данных, потеряв наименьшее количество информации. Данный способ показал, что первые восемь факторов объясняют около 90% доли дисперсии. Но также выявил наличие мультиколлинеарности между переменными. Для ее устранения из выборки была исключен параметр: *площадь жилых комн.*

В результате анализа, для построения модели были отобраны переменные, влияние которых на значение результирующей переменной было наиболее существенным. Из первоначальных переменных таковыми оказались:

1. количество комнат;
2. общая площадь жилья;
3. площадь кухни;
4. этаж;
5. тип постройки;
6. наличие лоджии или балкона;
7. санузел.

При построении модели и поиска неизвестных параметров использовалась функция Excel ЛИНЕЙН. Данная функция применялась к нормированным переменным, которые были получены в процессе устранения гетероскедастичности. В итоге модель выглядит следующим образом:

$$Y = 50,92X_1 + 35,77X_2 + 94,88X_3 + (-33,21)X_4 + 34,35X_5 + 48,3X_6 + (-169,3)X_7$$

После построения модели необходимо оценить ее качество. Для этого используется коэффициент детерминации, который равен 0.846, что говорит о хороших показателях качества модели.

Так же можно оценить качество уравнения регрессии с помощью ошибки абсолютной аппроксимации. Средняя ошибка аппроксимации – среднее отклонение расчетных значений от фак-

тических. Значение средней ошибки аппроксимации до 15% свидетельствует о хорошо подобранной модели уравнения. В результате вычисления ошибка аппроксимации составила 14,303. Поскольку ошибка меньше 15%, то данное уравнение можно использовать в качестве регрессии.

В качестве примера использования полученной модели была проведена оценка квартиры, находящейся по адресу ул. Пролетарская, дом 18, со следующими характеристиками:

1. стоимость объекта недвижимости – 3250 тыс. руб.;
2. количество комнат – 3;
3. общая площадь жилья – 66 кв. м.;
4. площадь кухни – 9 кв. м.;
5. этаж – 2/10;
6. тип постройки – панельный;
7. наличие лоджии или балкона – лоджия;
8. санузел – раздельный.

По указанным характеристикам рассчитываются значения регрессионных переменных $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$ и подставляются в уравнение и получаем значение 3176,05 тыс. руб., что немного ниже, указанной в объявлении стоимости.

Заключение

В ходе выполнения работы были собраны и обработаны данные объявлений о продаже квартир с разных интернет-ресурсов. Первоначально в выборку входило 12 переменных, но после использования метода главных компонент и проверки на мультиколлинеарность, осталось семь переменных. Выборка была проверена на гетероскедастичность, с последующим устранением выше сказанного явления.

Была построена модель и проверена на адекватность найденных параметров. А так же использование полученной модели на реальном объекте.

Литература

1. АТК. Недвижимость. Как определить стоимость квартиры в Томске? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://atk.tomsk.ru/news/n/171> (дата обращения: 25.06.2014).
2. Инфраструктура и рейтинг дома. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pinrate.ru/> свободный.
3. Единое информационное пространство недвижимости. Обзор томского рынка квартир. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eip.ru/main/view4965> свободный.
4. Региональный фонд капитального ремонта многоквартирных домов Томской области. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kaprem.tomsk.ru/reg_programm/?ELEMENT_ID=211 свободный.
5. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики: Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ, 1998. – 1005с

ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОЙ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ В ЗАШУМЛЕННОМ СИГНАЛЕ

Ле Ван Туан

Томский политехнический университет, г. Томск
Научный руководитель: Казьмин В.П., к.т.н., доцент
visaosang89@gmail.com

Обработка сигналов имеет долгую и богатую историю. Её применяют во многих областях, в том числе и в развлечении, коммуникации, космических исследованиях, медицине и археологии. Быстрое развитие цифровых компьютеров и микропроцессоров вместе с важными теоретическими достижениями типа быстрого преобразования Фурье привело к существенному изменению в цифровых технологиях – возникновению направления ЦОС (цифровая обработка сигналов). Основным при обработке сигналов является анализ, представление и преобразование сигналов и информации, которую они несут [1].

В настоящее время для повышения надежности и безопасности машин и механизмов, а также снижения затрат на их эксплуатацию, широкое распространение получают системы мониторинга состояния и диагностики. Диагностика предназначена для проведения технического обслуживания или ремонта по фактическому техническому состоянию на основе углубленного контроля с использованием данных мониторинга [2]. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что одним из важнейших средств повышения качества, надежности и экономической эффективности использования механического оборудования является применение систем виброакустического диагностирования, устранение и разборка оборудования [3]. Ориентация на методы виброакустической диагностики, базирующейся на принципах без разборности, оперативности и универсальности, позволяет успешно решать поставленные задачи благодаря огромной информационной емкости виброакустических процессов, сопровождающих функционирование машин и механизмов, использованию новых методов обработки измерительной информации, применению микроэлектронной вычислительной техники.

Всегда бывает необходимо определить степень независимости одного процесса от другого или установить сходство одного набора данных с другим. Этот искомый процесс называется корреляцией процессов, которая занимает значительное место в обработке сигналов [4]. Существует две формы корреляции: автокорреляция и взаимная корреляция. В этой статье рассматривается автокорреляционная функция (АКФ) и её применение.

АКФ имеет форму [5]:

$$B_s(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t)s(t-\tau)dt$$

где, $s(t)$ - исходный сигнал, $s(t-\tau)$ - его смещенной во времени копии.

Предполагаем пример вычисления АКФ гармонического сигнала с частотой ω :
 $s(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$

Вычисляем корреляционный интеграл, учитывая, что период такого сигнала равен $2\pi / \omega_0$:

$$B_s(\tau) = \frac{\omega_0}{2\pi} \int_{-\pi/\omega_0}^{\pi/\omega_0} A \cos(\omega_0 t + \varphi_0) A \cos(\omega_0 (t-\tau) + \varphi_0) dt = \frac{A^2}{2} \cos(\omega_0 \tau)$$

Видно, что полученный АКФ имеет одинаковый период с сигналом и не зависит от начальной фазы гармонического сигнала (параметр φ_0 не вошел в полученное выражение). Это важное свойство АКФ при применении АКФ для выявления периодических составляющих в зашумленном сигнале.

Рассмотрим эксперимент, использующий классическую АКФ для определения частота вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания.

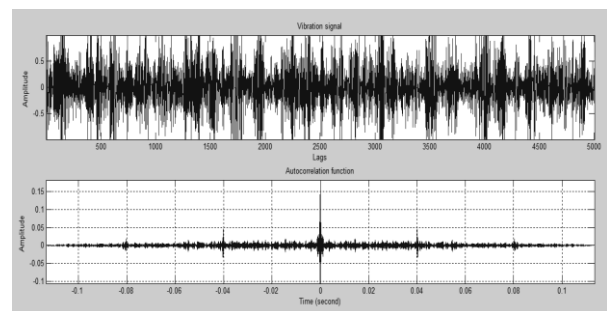


Рис. 1. Автокорреляционная функция

Сигналы вибрации исследуемого двигателя были получены с использованием вибропреобразователя ДН-3, с частотой дискретизации 44100 Гц. С помощью штатного тахометра автомобиля была выставлена частота вращения коленчатого вала 3000 (об/мин). На рисунке 1 можно вычислить значение периода вращения коленчатого вала равно $60 \cdot 2 / 0.04 = 3000$ (об/мин). Полученный результат совпадает с показанием тахометра.

Возникает проблема, что не известно о значении частоты периодических составляющих в шуме. Следовательно, необходимо придумать новый метод, который имеет возможность определить

частоту каждого периодического составляющего и его соотношение амплитуды. Эта задача рассматривается в [6].

На практике часто используется следующее выражение АКФ с использованием преобразования Фурье:

$$B(\tau) = F^{-1} [F(x_i)F^*(x_i)],$$

где F – прямое дискретное преобразование Фурье сигнала x_i , F^* – комплексно-сопряженное значение результатов прямого дискретного преобразования, F^{-1} – обратное дискретное преобразование Фурье.

Согласно [6] перед вычислением произведения $F(x_i)F^*(x_i)$ предварительно формируют m его копий M^k , $k = 0, \dots, m-1$, обнуляя весь спектр, кроме k -этой части. Результатом обратного преобразования Фурье каждой из этих копий является автокорреляционная функция на соответствующих участках. Таким образом определяется так называемая частотно-временная автокорреляционная функция. Формульная запись имеет следующий вид:

$$B(f_k, t_i) = Z_i^k,$$

$$Z^k = F^{-1} [M^k],$$

$$M_j^k = \begin{cases} P_j, & \frac{k}{m} \leq \frac{j}{2^{n-1}+1} < \frac{k+1}{m}, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

$$P_j = F(x_i)F^*(x_i),$$

где x_i – дискретные отсчёты анализируемого сигнала, $i = 0, 1, \dots, 2^n - 1$, $j = 0, 1, \dots, 2^{n-1} + 1$, $k = 0, 1, \dots, m-1$, $m = 1, 2, \dots, 2^{n-1}$, $n = 2, 3, \dots$

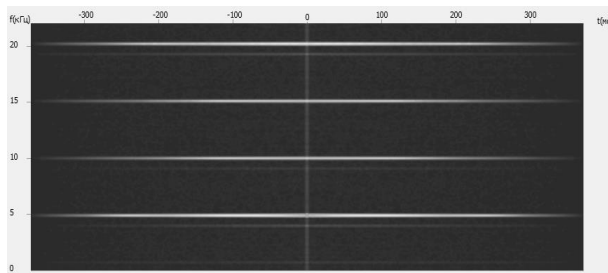


Рис. 2. Частотно-временная автокорреляционная функция

Далее рассмотрен пример определения гармонических составляющих в зашумленном сигнале. Гармоники, присутствующие в полезном сигнале – 5, 10, 15, 20 кГц имеют 100-ую амплитуду. Вид частотно-временной автокорреляционной функции представлен на рисунке 2.

Присутствующие гармоники с ярким цветом в шуме видно наблюдать на картине 2.

Теперь рассмотрено применение частотно-временной АКФ для анализа высшего сигнала вибрации двигателя внутреннего сгорания. Результат показан на рис 3.

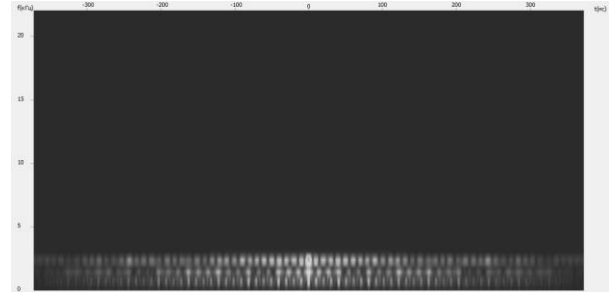


Рис. 3. Частотно-временная автокорреляционная функция сигнала вибрации

На рис. 3 легко определить гармонические составляющие в шуме и их период.

Вывод

В статье показано применение традиционной АКФ для определения периода гармоники и представление частотно-временной АКФ для выявления периодических составляющих в зашумленном сигнале. Полученный результат имеет большое значение при решении задачи обработки сигналов, именно при диагностике машин и механизмов.

Литература

1. А. Оппенгейм, Р. Шафер Цифровая обработка сигналов. – Москва: Техносфера, 2006. – 856 с.
2. Розенберг Г.Ш., Мадорский Е.З., Голуб Е.С., Викицкий М.Л., Неелов А.Н., Поросенков Ю.В., Таджибаев А.И. Вибродиагностика. – СПб.: ПЭИПК, 2003. – 284 с.
3. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М: Машиностроение, 1987.–288 с.
4. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 992 с.
5. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.
6. Аврамчук В.С. Определение наличия гармонических составляющих и их частот в дискретных сигналах на основе автокорреляционной функции // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 5. – С. 113–116.

ДИСПЕРСИОННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ВО ВТУЗЕ

Новосельцева Д.А.

Научный руководитель: к.ф.м.н., доцент Михальчук А.А.

Томский политехнический университет

e-mail: dary_2503@mail.ru

Введение

В рамках федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) высшего профессионального образования (ВПО) третьего поколения актуальными являются вопросы контроля знаний, совершенствования методов оценки результатов обучения студентов [1]. Согласно ФГОС ВПО приоритетной задачей управления качеством образования выступает оценка качества освоения основных образовательных программ, включающая в частности предварительную форму контроля результатов образовательной деятельности студентов. Одним из видов такого контроля является входное тестирование (ВТ), проводящееся с целью выявления степени реальной готовности студентов к освоению дисциплины.

В данной работе в рамках однофакторной дисперсионной модели проведен статистический анализ результатов ВТ по математике в 1-ом семестре 217-ти студентов 10-ти групп очной формы обучения Энергетического института (ЭНИН). Целью данного анализа является исследование уровней значимости различий между групповыми средними. Для удобства интерпретации результатов все числовые данные приведены к единой 5-балльной шкале. Созданная таким образом в MS Excel база данных использовалась далее в пакете Statistica [2] для компьютерного статистического анализа.

Результаты дисперсионного анализа

Для корректного применения F -критерия параметрического дисперсионного анализа необходимо предварительно оценить сходства наблюдаемого распределения (гистограммы) ВТ с теоретическим распределением по нормальному закону (соответствующая кривая на рис. 1).

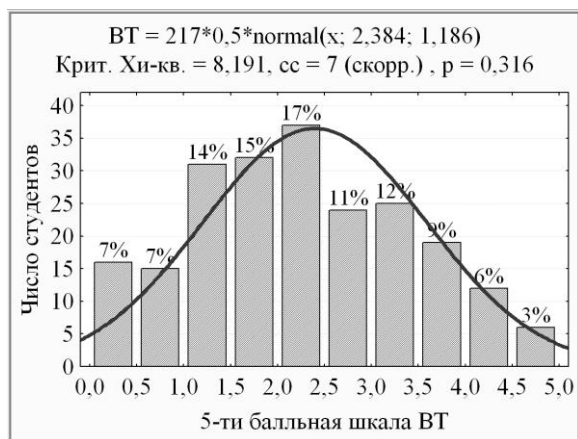


Рис 1. Гистограмма ВТ.

При проверке нормальности распределения выборки с помощью χ^2 -критерия Пирсона было выявлено незначимое (на уровне значимости $p = 0,316 > 0,100$) отличие распределения ВТ от нормального закона (рис.1).

Из рис.1 видно также, что средний балл ВТ ЭНИН равен $\approx 2,384$, при этом доля студентов, получивших оценку «отлично» составляет 3%, «хорошо» - 15%, «удовлетворительно» - 23%, а не справившихся с заданиями - 59%.

В связи с незначимым нарушением условия нормальности распределения выборки ВТ был проведен параметрический дисперсионный анализ, но, с учетом порядкового характера результатов оценивания, также был применен непараметрический дисперсионный анализ.

В ходе проведения однофакторного параметрического анализа на основании F -критерия были выявлены высоко значимые (на уровне значимости $p < 0,0005$) различия по совокупности групповых средних, т.е. существует высоко значимое влияние фактора принадлежности студента к одной из групп на переменную ВТ (рис. 2).

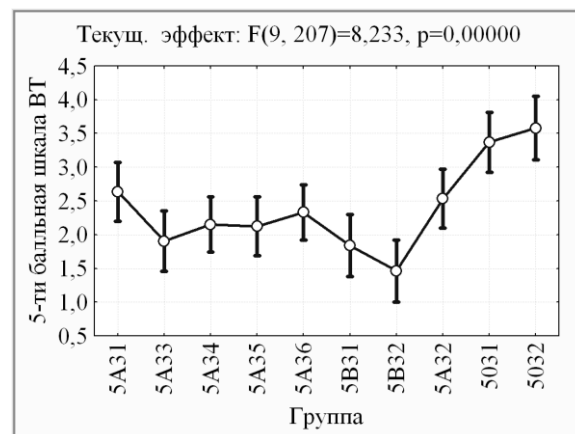


Рис. 2. Групповые средние значения с 95% доверительными интервалами для переменной ВТ.

Проведение измерений «оценивания знаний» в порядковой шкале вынуждает нас обратиться к непараметрическим альтернативам однофакторного дисперсионного анализа: критерию Краскела-Уоллиса и медианному тесту, которые оценивают уровень неоднородности ВТ по совокупности групп как высоко значимый ($p < 0,0005$), что соответствует результатам параметрического дисперсионного анализа. Сравнение непараметрических характеристик групп представлено на диаграмме размаха (рис.3).

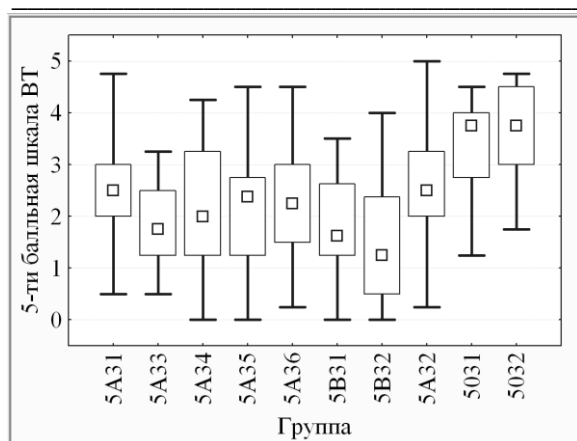


Рис. 3. Диаграмма размаха по группам. Обозначения: квадратик - медианы; ящик - квартильный размах (25%-75%); отрезки - размах min – max

Уровень значимости различий между групповыми средними можно оценить с помощью апостериорного критерия наименьших значений разности (табл. 1), согласно которому можно оформить однородные (различающиеся незначимо или слабо значимо, то есть на уровне значимости $p \geq 0,050$) кластеры групповых средних в порядке их убывания.

Таблица 1. Групповые кластеры (на уровне значимости $p=0,050$)

НЗР крит.; перем. ВТ (DA.sta)					
Однородные группы, $p = 0,050$					
Ошибка: Межгр. MS = 1,081, сс = 207,0					
группа	ВТ	K1	K2	K3	K4
	Среднее				
5B32	1,463			****	
5B31	1,838	****		****	
5A33	1,905	****		****	
5A35	2,125	****	****		
5A34	2,150	****	****		
5A36	2,330	****	****		
5A32	2,534		****		
5A31	2,636		****		
5031	3,369				****
5032	3,579				****

Согласно табл.1 выделяются три непересекающиеся кластера $K4=\{5032, 5031\}$, $K2=\{5A31, 5A32, 5A36, 5A34, 5A35\}$, $K3=\{5A33, 5B31, 5B32\}$ так, что 5032 отличается от 5A31 сильно значимо (на уровне значимости $0,0005 < p \approx 0,0042 < 0,0050$), а 5B32 отличается от 5A35 статистически значимо (на уровне значимости $0,0050 < p \approx 0,0404 < 0,0500$), и один кластер $K1=\{5A36, 5A34, 5A35, 5A33, 5B31\}$, пересекающийся с K2 и K3 так, что 5A32 отличается от 5B31 статистически значимо (на уровне значимости $0,0050 < p \approx 0,0313 < 0,0500$), а 5B32 отличается от 5A36 ста-

тистически значимо (на уровне значимости $0,0050 < p \approx 0,0059 < 0,0500$).

Заключение

1. В рамках проверки корректного применения *F*-критерия параметрического дисперсионного анализа выявлено, что распределение переменной ВТ имеет незначимое отличие ($p = 0,316$) от нормального распределения.

2. На основании *F*-критерия была выявлена высоко значимая ($p < 0,0005$) неоднородность результатов ВТ по совокупности групп.

3. В рамках параметрического дисперсионного анализа независимых выборок с помощью метода множественных сравнений определены уровни значимости различий групповых средних для переменной ВТ и оформлены однородные (различающиеся на уровне значимости $p \geq 0,050$) кластеры групповых средних.

4. В ходе проведенного непараметрического дисперсионного анализа ВТ с помощью медианного теста и критерия Краскела-Уоллиса выявлены высоко значимые отличия по совокупности групп, что полностью соответствует результатам параметрического анализа.

5. Результаты подобного дисперсионного параметрического и непараметрического анализа независимых выборок оценивания знаний студентов очного обучения, аналогично [3-4] для заочного обучения, могут быть использованы в дальнейшем анализе результатов оценивания знаний студентов по другим видам контроля знаний, а также учтены при внедрении современных информационных образовательных технологий в организацию очного обучения для обеспечения качества образования и контроля знаний.

Литература

1. Сидорова С.Н. Проблема оценивания компетенций у студентов в контексте введения ФГОС ВПО третьего поколения // Инновации в образовании. – 2013. – № 09. – С. 67-72.
2. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. Учебник – М: ООО «Бином-Пресс», 2008 г. – 512 с.
3. Арефьев В. П. , Михальчук А. А. , Филипенко Н. М. Дисперсионный анализ качества современного заочного технического образования // Современные проблемы науки и образования. - 2013 - №. 2. URL: www.science-education.ru/108-8626.
4. Михальчук А.А., Арефьев В.П., Филипенко Н.М. Сравнительный статистический анализ параметрических и непараметрических методов оценивания знаний в системе заочного обучения // Современные проблемы науки и образования. – 2013. –№ 3; URL: <http://www.science-education.ru/109-9553>.

ДИНАМИЧЕСКАЯ ДИСПЕРСИОННАЯ МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТУДЕНТОВ ВО ВТУЗЕ

Новосельцева Д.А.

Научный руководитель: к.ф.м.н., доцент Михальчук А.А.

Томский политехнический университет

e-mail: dary_2503@mail.ru

Введение

В связи с введением федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) высшего профессионального образования (ВПО) третьего поколения весьма актуальным является вопрос о компьютерном анализе результатов обучения студентов на различных этапах обучения, об управлении качеством образования в вузе. Анализ содержания ФГОС ВПО позволяет сделать вывод, что приоритетной задачей управления качеством образования на современном этапе выступает оценка качества освоения основных образовательных программ, включающая входной контроль, текущий контроль успеваемости в форме промежуточных аттестаций обучающихся и итоговый семестровый контроль в форме рейтинговой системы оценок с дальнейшим переводом их в экзаменационную (зачетную) оценку [1]. Контроль качества образования приобретает характер мониторинга или непрерывного контроля, постоянного отслеживания результатов образования, хода образовательного процесса, необходимого для систематической корректировки мероприятий по их реализации [2].

В данной работе проведен статистический анализ результатов оценивания знаний по высшей математике в 1-ом семестре 423-х студентов 19-ти групп очной формы Энергетического института Томского политехнического университета (ЭНИИ). Рассмотрение было проведено в системе 3-х показателей: ВТ – результаты входного тестирования по математике в начале текущего семестра (макс. 20 баллов); АТТ – результаты аттестации по математике текущего семестра (макс. 60 баллов); ЭКЗ – сумма баллов, которая включает в себя результат семестрового экзамена и аттестации студента за семестр (макс. 100 баллов).

Целью данного анализа является определение уровня значимости различий между ВТ, АТТ и ЭКЗ. Для удобства сравнения вычислений все числовые данные приведены к единой 5-балльной шкале. Созданная таким образом в MS Excel база данных использовалась далее в пакете Statistica [3] для компьютерного статистического анализа.

Результаты дисперсионного анализа

Для корректного применения параметрического дисперсионного анализа повторных измерений ВТ, АТТ, ЭКЗ необходимо предварительно оценить сходство наблюдаемых распределений разностей ЭКЗ–ВТ, АТТ–ВТ, ЭКЗ–АТТ с теоретическим распределением по нормальному закону.

При проверке нормальности распределений выборок с помощью χ^2 -критерия Пирсона было выявлено слабо значимое ($0,050 < p \approx 0,094 < 0,10$) для ЭКЗ–ВТ (рис.1), незначимое (уровень значимости $p \approx 0,44 > 0,10$) для АТТ–ВТ и высоко значимое ($p < 0,0005$) для ЭКЗ–АТТ отличия от нормального закона.

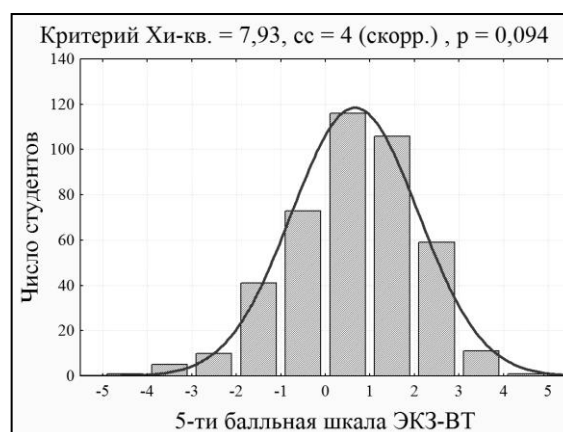


Рис. 1. Гистограмма ЭКЗ–ВТ с кривой нормального распределения.

В ходе проведения однофакторного параметрического дисперсионного анализа повторных измерений были выявлены высокие значимые ($p < 0,0005$) различия между средними ВТ, АТТ и ЭКЗ по совокупности форм контроля (рис.2).

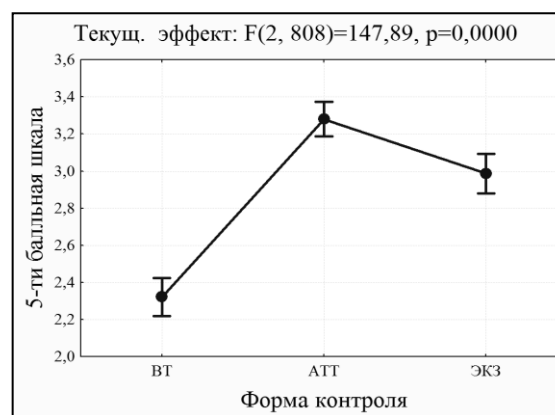


Рис. 2. Средние значения с 95% доверительными интервалами для форм контроля.

Согласно рис.2 наибольший вклад в различия по совокупности форм контроля вносит ВТ. Однако согласно апостериорному критерию наименьших значений разности различие даже между АТТ и ЭКЗ оценивается как высоко значимое ($p <$

0,0005). При более детальном рассмотрении (рис.3) можно отметить, что процент студентов, получивших оценку «неуд», уменьшился с 61% в ВТ до 18% в АТТ и 26% в ЭКЗ; процент студентов, получивших «отл» увеличился с 1% в ВТ до 10% в АТТ и 5% в ЭКЗ, а получивших «хор», увеличился с 13% в ВТ до 35% в АТТ и 31% в ЭКЗ.

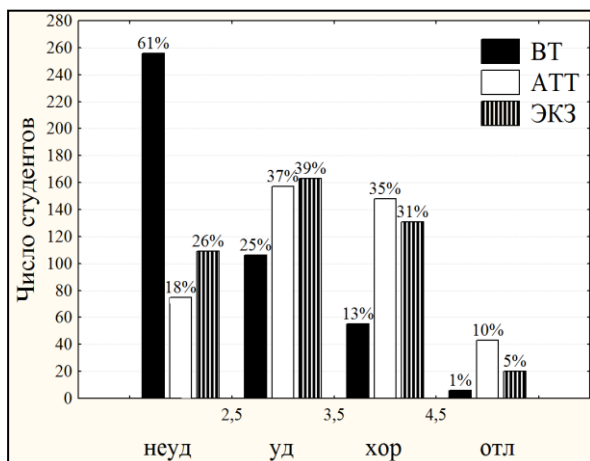


Рис. 3. Составная гистограмма форм контроля.

В связи с нарушениями условия нормальности распределения выборок разностей ЭКЗ–ВТ, АТТ–ВТ, ЭКЗ–АТТ наряду с параметрическим дисперсионным анализом был применен непараметрический дисперсионный анализ зависимых выборок. Согласно ранговому дисперсионному анализу различия между формами контроля являются высоко значимыми, что полностью соответствует результатам параметрического анализа зависимых выборок. Графики непараметрических характеристик ВТ, АТТ, ЭКЗ приведены на рис.4.

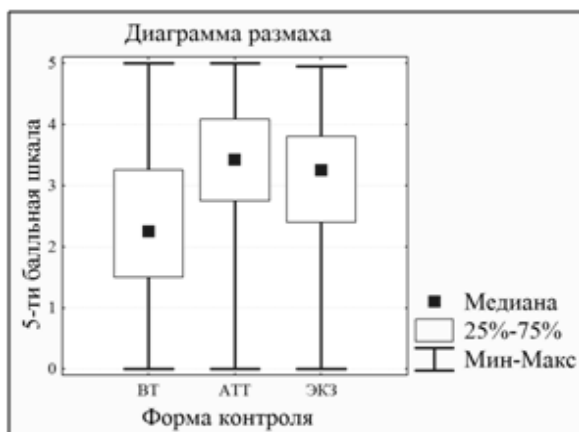


Рис. 4. Диаграмма размаха форм контроля.

Заметим, что, согласно непараметрическому критерию Вилкоксона для зависимых выборок, различие даже между АТТ и ЭКЗ оценивается также высоко значимо ($p < 0,0005$).

Заключение

1. В рамках проверки корректного применения параметрического дисперсионного анализа повторных измерений выявлено, что распределение разности переменных ЭКЗ–АТТ имеет высоко значимое, ЭКЗ–ВК – слабо значимое, а АТТ–ВК – незначимое отклонения от нормального закона.

2. На основании параметрического дисперсионного анализа повторных измерений были выявлены высоко значимые ($p < 0,0005$) различия между средними переменных ВТ, АТТ и ЭКЗ как по совокупности форм контроля, так и попарно.

3. В ходе проведенного непараметрического дисперсионного анализа зависимых выборок выявлены высоко значимые различия между формами контроля как по совокупности форм контроля, так и попарно, что полностью соответствует результатам параметрического анализа.

4. Рассмотренная динамическая дисперсионная модель оценивания знаний студентов очной формы обучения, аналогично [4-5] для формы заочного обучения, может быть применена и для других дисциплин, а также учтена при внедрении современных информационных образовательных технологий в организацию очного обучения для обеспечения контроля качества образования.

Литература

1. Сидорова С.Н. Проблема оценивания компетенций у студентов в контексте введения ФГОС ВПО третьего поколения // Инновации в образовании. – 2013. – № 09. – С. 67-72.
2. Куликова О.В., Поповский Э.Е., Филиппова Е.Г. Выявление динамики математической подготовки студентов вуза по статистическим данным педагогических измерений // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1; URL: www.science-education.ru/107-8568.
3. Боровиков В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
4. Арефьев В. П., Михальчук А. А., Филиппенко Н. М. Сравнительный статистический анализ входного и текущего контроля математических знаний в рамках классической формы заочного высшего образования // Современные проблемы науки и образования. - 2013 - №. 5; URL: www.science-education.ru/111-10676.
5. Михальчук А.А., Арефьев В.П., Филиппенко Н.М. Сравнительный статистический анализ параметрических и непараметрических методов оценивания знаний в системе заочного обучения // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3; URL: <http://www.science-education.ru/109-9553>.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО КАТОДА В СФЕРИЧЕСКОМ ТРИОДЕ

Колмакова И.А., Григорьев В.П.
Томский политехнический университет
iakolmakova@mail.ru

Введение

Одним из актуальных вопросов при исследовании генерации СВЧ излучения в различных типах виркатодов является повышение эффективности преобразования энергии пучка в энергию СВЧ излучения [1]. Как показывают эксперименты, в виркатодах типа триод с виртуальным катодом (ВК) существует возможность генерации гига-ваттного уровня мощности с эффективностью до 12 % [2]. Повышению эффективности в таких системах препятствуют потери энергии электронов из-за пространственного заряда. С точки зрения повышения эффективности излучения более перспективным могут оказаться триоды на основе сферических систем.

Благодаря форме сферического триода (однородность системы) имеется возможность существенно уменьшить потери тока пучка и тем самым увеличить эффективность излучения.

Первым шагом на пути использования сферического диода в триодных системах является исследование предельных токов и условий формирования ВК в таких системах [3].

Ниже мы рассмотрим эту задачу для слабoreлятивистских напряжениях (≤ 500 кВ) и определим зависимость предельного тока и радиуса формирования ВК от геометрии диода и ускоряющего напряжения.

Основные уравнения

Схема триода в сферической системе координат (r, θ, φ) , представлена на рисунке 1 слева, а справа показан разрез такого триода.

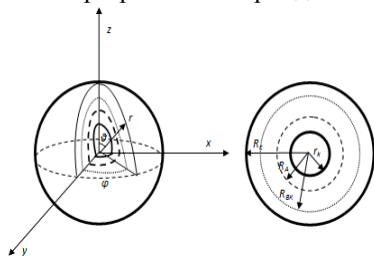


Рис. 1. Схема сферического триода: r_k, R_r, R_A, R_{vk} – радиусы соответственно катода, резонансной камеры, анодной сетки, виртуального катода

Вследствие симметрии задачи потенциал электрического поля не зависит ни от θ ни от φ и является функцией только радиуса r . Запишем уравнение Пуассона в Гауссовой системе для вакуума в сферических координатах [4]

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \Phi(r)}{\partial r} \right) = 4\pi(en_b) \quad (1)$$

где Φ — электростатический потенциал, *статвольт*; n_b — концентрация электронов, $см^{-3}$.

Граничные условия, отражающие нулевую скорость электронов на катоде и бесконечную эмиссионную способность катода [2], запишутся в виде

$$\Phi(r)|_{r=r_k} = 0, \quad \frac{\partial \Phi(r)}{\partial r} \Big|_{r=r_k} = 0, \quad (2)$$

$$\Phi(r)|_{r=R_A} = U_0,$$

где r_k — радиус катода, *см*; R_A — радиус анодной сетки, *см*; U_0 — напряжение на анодной сетке, *статвольт*.

Из закона сохранения энергии электрона следует, что [5]

$$m_0 c^2 \gamma(r) - e\Phi(r) = const, \quad (3)$$

где $\gamma(r)$ — относительная энергия электронов, которая при $\Phi(r_k) = 0$

$$\gamma(r_k) = 1, \quad (4)$$

при $\Phi(R_A) = U_0$

$$\gamma(R_A) - \frac{eU_0}{m_0 c^2} = 1. \quad (5)$$

В уравнении (1) перейдем от $\Phi(r)$ к $\gamma(r)$ и получим уравнение Пуассона в следующем виде

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \gamma(r)}{\partial r} \right) = 4\pi en_b \frac{e}{m_0 c^2}. \quad (6)$$

Граничные условия (2) с учетом (4), (5) запишутся в виде

$$\gamma(r)|_{r=r_k} = 1, \quad \frac{\partial \gamma(r)}{\partial r} \Big|_{r=r_k} = 0, \quad (7)$$

$$\gamma(r)|_{r=R_A} = \tilde{\gamma}_0.$$

Сделаем следующую замену в (6)

$$n_b = -\frac{j_r}{ev_b} = -\frac{j_r \gamma}{ec\sqrt{\gamma^2 - 1}}, \quad \text{где } j_r \text{ - радиальная составляющая плотности тока электронов в диоде, } \text{статампер} \cdot \text{см}^{-2};$$

v_b — скорость электронов пучка, $см \cdot \text{сек}^{-1}$

и его к безразмерным величинам, используя следующую замену переменных

$$\tilde{j} = \frac{j}{J_A} = \frac{4\pi r^2 j}{J_A}, \quad (8)$$

где \tilde{j} — относительный ток; $J = 4\pi r^2 j_r$ — полный ток,

проходящий в системе, *статампер*; $J_A = \frac{m_0 c^3}{e}$ — ток

Альфвена, который в системе СИ $J_A = 17кА$ [6]

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \gamma(r)}{\partial r} \right) = -\tilde{j} \frac{\gamma(r)}{r^2 \sqrt{\gamma(r)^2 - 1}}. \quad (9)$$

Таким образом, определив ток, проходящий в системе из уравнения (9) с граничными условиями (6), можно найти радиус, на котором происходит провисание потенциала (место формирования ВК), т.е.

$$\gamma(r) = 1. \quad (10)$$

Таким образом, расстоянием, на котором формируется ВК R_{BK} , будет являться радиус, в котором решение ДУ (9) с граничными условиями

$$\begin{aligned} \gamma(r)|_{r=R_A} &= \tilde{\gamma}_0, \\ \gamma(r)|_{r=R_c} &= \tilde{\gamma}_0 \end{aligned} \quad (11)$$

удовлетворяет (10).

Результаты

На рисунки 2 представлен график зависимости величины предельного тока от относительной энергии электронов и геометрии диода. А на рисунки 3 представлен графика зависимости предельного тока J в сферическом триоде с ВК от кривизны электродов.

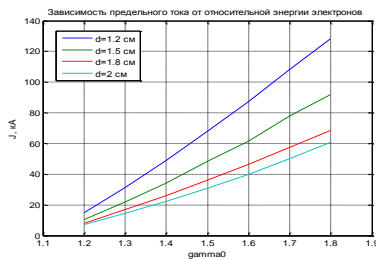


Рис. 2. Графики зависимости величины предельного тока от относительной энергии электронов при $r_k = 3$ см

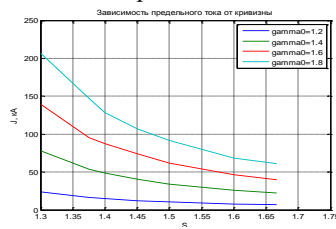


Рис. 3. График зависимости величины предельного тока от кривизны электродов для различных γ_0

Итак, из полученных результатов можно сделать вывод, что значение предельного тока в сферическом триоде с ВК зависит от относительной энергии электронов и кривизны электродов и диодного зазора.

Для определения радиуса формирования виртуального катода, проведем исследования его зависимости от геометрии триода (рисунки 4) и относительной энергии электронов (рисунок 5).

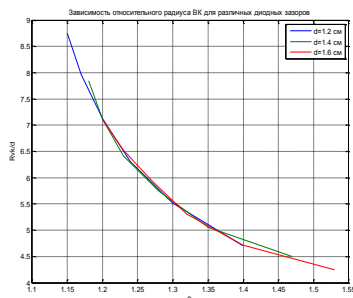


Рис. 4. График зависимости относительного радиуса ВК, анодной сетки и катода от кривизны электродов для различных d

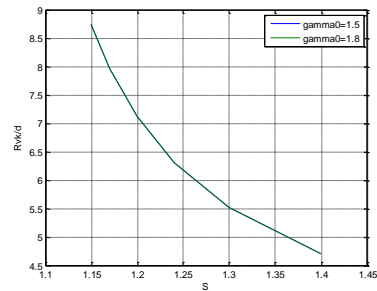


Рис. 5. График зависимости относительного радиуса ВК от кривизны электродов для различных γ_0

Из графиков видно, что радиус формирования ВК зависит от кривизны и не зависит от γ_0 и диодного зазора d .

Вывод

Таким образом, в ходе данного исследования получены радиусы камеры дрейфа, при которых начинает формироваться ВК, для некоторых значений радиусов катода, анодной сетки и относительной энергии электронов. Также, из полученных результатов можно сделать вывод, что радиус формирования ВК зависит от кривизны электродов и не зависит от относительной энергии электронов и диодного зазора.

Список используемых источников

1. Диденко А.Н., Григорьев В.П., Жерлицын А.Г. Генерация электромагнитных колебаний в системах с виртуальным катодом // В сб.: Плазменная электроника / Под ред. В.И. Курилко. – Киев: Наукова думка, 1989. – С. 112–131.
2. Григорьев В.П., Коваль Т.В., Мельников Г.В., Рахматуллин Р.Р. Коаксиальный отражательный триод с радиально-расходящимся пучком // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – №4. – С.123-127.
3. Колмакова И.А., Григорьев В.П. Предельные токи в сферическом диоде // Молодежь и современные информационные технологии : Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 13-16 ноября 2013 г. – Томск: Изд-во ТПУ. – 515 с. (стр 64)
4. Дж. Джексон Классическая электродинамика // Перевод с английского Воскресенского Г.В. и Соловьева Л.С. под редакцией Бурштейна Э.Л. // Москва, Издательство "Мир", 1965. - 703 с.
5. Григорьев В.П., Коваль Т.В., Рахматуллин Р.Р. Самосогласованное стационарное состояние потока электронов в коаксиальных отражательных триодах // Известия Томского политехнического университета, 2008. т.313 - № 2. - с. 70-73 (72386984).
6. Albert Simon, William B. Thompson Advances in plasma physics // Перевод с английского под редакцией доктора физ.-мат. наук, профессора Рабиновича М.С. - М.: Мир, 1974. - 34

АППРОКСИМАЦИЯ СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЁННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ЦЕПОЧКОЙ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ

Майков С.А.

Томский политехнический университет

E-mail: sim3201@yandex.ru

Введение

Наземная отработка динамики процессов стыковки, раскрытия и сборки крупногабаритных космических конструкций, предназначенных для работы в условиях невесомости, становится всё более ответственным, трудоёмким и дорогостоящим этапом создания и освоения космической техники.

Для ее успешной реализации необходима разработка и создание стендов обезвешивания, позволяющих имитировать процессы развертывания составляющих космического аппарата, в частности солнечных батарей и больших антенн в космическом пространстве за счет компенсации всех сил, действующие на объект: силы трения, гравитационные силы, силы инерции. Это возможно лишь при активных вариантах стендов, представляющих собой замкнутые электромеханические системы, имитирующие независимость движения элементов конструкции от гравитационного воздействия Земли.

Создание активных стендов для проверки механизмов разворачивания крупных космических конструкций в вертикальной плоскости обычно предполагает использование длинных тросовых подвесов. Известно, что одной из проблем при разработке таких стендов является исключение резонансных режимов, связанных с тем, что вся конструкция подвеса и особенно тросовая система обладает существенной нежесткостью. При этом, на этапе разработки стенда необходимо так моделировать систему обезвешивания, чтобы с одной стороны, не потерять важные особенности ее частотных характеристик, с другой, не внести в модель неоправданные усложнения.

Таким образом, одной из задач, которую необходимо решать при создании систем обезвешивания, является получение адекватных и удобных для практического применения математических моделей тросовых подвесов, позволяющих анализировать динамические характеристики работы стенда, проводить структурно-параметрический синтез систем управления приводами.

Многие элементы тросовых систем обезвешивания являются объектами с распределёнными параметрами. При этом математический аппарат, строго описывающий объекты с распределёнными параметрами, существенно сложнее, чем аппарат объектов с сосредоточенными параметрами. Поэтому на практике всегда, где это возможно, прибегают к аппроксимации, т. е. заменяют объекты с распределёнными параметрами на объекты с сосредоточенными параметрами, например, разби-

вая пространство на небольшие элементы (подпространства).

Это означает, например, что одномерный упругий элемент с распределёнными параметрами заменяется на многомассовую систему с абсолютно жёсткими массами и невесомыми упругими элементами конечной жёсткости. Такая аппроксимация позволяет свести дифференциальные уравнения движения в частных производных к системе обычных дифференциальных уравнений, а в задачах статики – свести дифференциальные уравнения равновесия к алгебраическим уравнениям.

В исследованиях по аппроксимации число сосредоточенных масс колеблется в широких пределах: от одной-двух до 10-20. Слишком большое число их приводит к неоправданному усложнению расчётной модели и значительному повышению порядка дифференциального уравнения системы в целом. При этом обычно выделяются два этапа в задаче проектирования систем. На первом этапе осуществляется аппроксимация механического элемента сосредоточенной системой. На втором этапе производится понижение порядка сосредоточенной модели.

Для успешного моделирования электромеханических систем, содержащих объекты с распределёнными параметрами, необходимо иметь инструмент, позволяющий эффективно переходить к моделям с сосредоточенными параметрами при различной степени дискретизации объекта. Проведем сравнение двух методов расчета передаточных функций, описанных в литературных источниках [1] и [2].

Аппроксимация одномерного упругого объекта цепочкой сосредоточенных осцилляторов

Рассмотрим вертикальный канал системы активного обезвешивания, состоящий из каретки массой m_0 , рабочей нагрузки массой m_n и троса, обладающего массой и упругостью. Проведем дискретизацию модели троса, представив его в виде последовательного соединения абсолютно жестких масс и пружин, как это представлено на рис. 1.

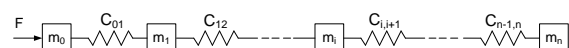


Рис. 1. Цепочка осцилляторов

На примере трёхмассовой системы (Рис. 2) рассмотрим возможности двух методов получения передаточных функций между входным воздей-

ствием F со стороны каретки и перемещением u_2 рабочей нагрузки.

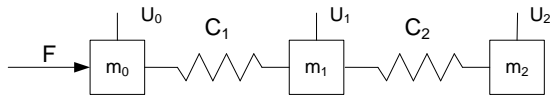


Рис. 2. Трёхмассовая цепочка сосредоточенных осцилляторов (где U_i смещение относительно массы m_i)

В [1] описан метод расчета, при котором дискретизированная модель тросовой подвески записывается как система трех дифференциальных уравнений второго порядка относительно выделенных масс m_0 , m_1 , m_2 . Применяя преобразование Лапласа можно перейти перейдя к операторной матричной матричной записи, откуда сравнительно несложно определить передаточные функции линеаризованной модели по любой выходной переменной. Метод выглядит недостаточно формализованным, особенно на этапе формирования начальных уравнений.

Более наглядным представляется использование для расчета передаточной функции аппарата графов связи [2]. Метод графов связей относится к группе топологических методов, использующих графическое представление исследуемого объекта. Он основан на моделировании энергетических процессов в системе и позволяет на единой методологической базе моделировать объекты, содержащие элементы различной физической природы.

Графовая модель трехмассовой цепочки приведена на рисунке 3.

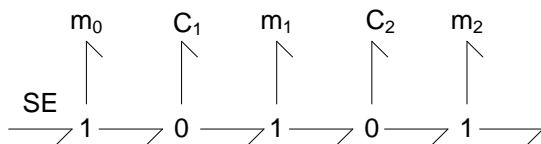


Рис. 3. Граф связей для трёхмассовой системы

Для получения передаточной функции по графу известна формализованная процедура, основанная на правиле Мейсона [2]. Она предполагает анализ структуры графа с выделением циклов и прямых путей с последующим вычислением передаточной функции по формуле

$$W = \frac{\sum_i P_i \Delta_i}{\Delta}, \quad (1)$$

где Δ – определитель графа; P_i – передаточная функция i -го пути между заданными входом и выходом; Δ_i – определитель сокращенного графа.

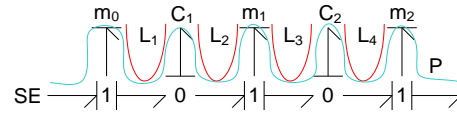


Рис. 4. Граф связей рассматриваемой системы с расставленными причинностями, независимыми циклами и прямым путём

Представленный на рисунке 4 граф содержит 4 цикла со следующими передаточными функциями:

$$L_1 = \frac{-1}{m_0 C_1 p^2}; \quad L_2 = \frac{-1}{m_1 C_1 p^2};$$

$$L_3 = \frac{-1}{m_1 C_2 p^2}; \quad L_4 = \frac{-1}{m_2 C_2 p^2}.$$

Определитель графа, исходя из его структуры может, быть вычислен по формуле

$$\Delta = 1 - L_1 - L_2 - L_3 - L_4 + L_1 L_3 + L_1 L_4 + L_2 L_4,$$

а единственный прямой путь имеет передаточную функцию

$$P = \frac{1}{m_0 m_1 m_2 C_1 C_2 p^6}.$$

Подставив полученные выражения в (1) получим

$$W(p) = \frac{1}{p^2 (m_0 m_1 m_2 C_1 C_2 p^4 + m_1 m_2 C_2 p^2 + m_0 m_2 C_2 p^2 + m_0 m_2 C_1 p^2 + m_0 m_1 C_1 p^2 + m_0 + m_1 + m_2)}.$$

Данная передаточная функция соответствует полученной в [1].

Заключение

Использование метода графов связи в сочетании с аппроксимацией упругого троса цепочкой сосредоточенных осцилляторов позволяет реализовать наглядную и достаточно формализованную процедуру получения дискретизированных математических моделей одномерных распределенных объектов при различных уровнях дискретизации.

Литература

1. Электроприводы с распределёнными параметрами механических элементов. Рассудов Л.Н. Мядзель В.Н. 1987г. 143с.
2. Применение метода графов связей в технике / Под ред. Кэрнопа Д. и Розенберга Р. – М.: Мир, 1973

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ЛОКАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ НА РЕЖИМЫ ТЕРМОГРАВИТАЦИОННОЙ КОНВЕКЦИИ В ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ

¹Гибанов Н.С., ^{1,2}Шеремет М.А.
¹Томский государственный университет
²Томский политехнический университет
fire9n@mail.ru

Введение

Развитие компонентной базы радиоэлектронной аппаратуры и электронной техники требует создания эффективных систем охлаждения как активного, так и пассивного типа [1]. Разработка пассивных систем охлаждения затрагивает не только выбор оптимального материала для ограждающей оболочки и подложки электронной системы, но и форму тепловыделяющих элементов электронной аппаратуры.

Целью данной работы является численный анализ влияния формы тепловыделяющего элемента на режимы естественной конвекции в замкнутой полости. В качестве области решения рассматривается герметичный электронный контур с тепловыделяющим элементом, расположенным на нижней стенке.

Постановка задачи

В данной работе исследуются нестационарные режимы естественной конвекции в замкнутой квадратной полости с источником энергии постоянной температуры (рис. 1).

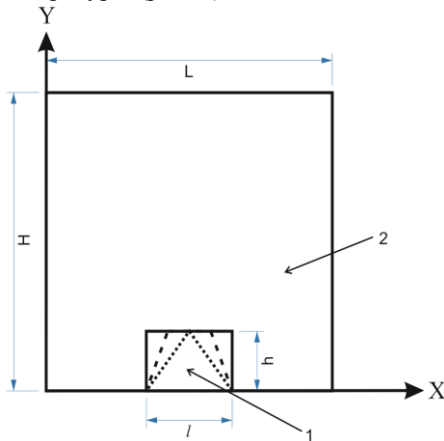


Рис. 1. Область решения: 1 – источник тепловыделения; 2 – газовая полость

Предполагается, что на вертикальных стенках поддерживается температура охлаждения, которая технически может быть реализована за счет введения тепловых трубок, а горизонтальные стенки являются адиабатическими. Теплофизические характеристики внутренней среды не зависят от температуры, а режим течения – ламинарный. Жидкость, заполняющая внутреннюю полость, считается ньютоновской, теплопроводной и удовлетворяющей приближению Буссинеска.

Процесс переноса тепла описывается системой нестационарных двумерных уравнений конвекции Обербека–Буссинеска в безразмерных переменных «функция тока – завихренность» [2].

$$\frac{\partial \Omega}{\partial \tau} + \frac{\partial \Psi}{\partial Y} \frac{\partial \Omega}{\partial X} - \frac{\partial \Psi}{\partial X} \frac{\partial \Omega}{\partial Y} = \sqrt{\text{Pr}} \left(\frac{\partial^2 \Omega}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Omega}{\partial Y^2} \right) + \frac{\partial \Theta}{\partial X},$$

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} = -\Omega,$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} + \frac{\partial \Psi}{\partial Y} \frac{\partial \Theta}{\partial X} - \frac{\partial \Psi}{\partial X} \frac{\partial \Theta}{\partial Y} = \frac{1}{\sqrt{\text{Ra}} \cdot \text{Pr}} \left(\frac{\partial^2 \Theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial Y^2} \right)$$

где $\text{Pr} = \nu/a$ – число Прандтля;

$\text{Ra} = g\beta(T_h - T_c)L^3/\nu a$ – число Рэлея; a – коэффициент температуропроводности внутренней среды; ν – коэффициент кинематической вязкости внутренней среды, β – температурный коэффициент объемного расширения, g – ускорение свободного падения, T_h – температура источника тепловыделения, T_c – температура вертикальных стенок.

Полученная система дифференциальных уравнений решалась методом конечных разностей на различных равномерных сетках для различных форм источников энергии. Аппроксимация конвективных и диффузионных слагаемых в дифференциальных уравнениях проводилась на основе разностных схем второго порядка точности. Полученная система линейных алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей решалась методом прогонки. Разработанный численный метод был протестирован на ряде модельных задач [3, 4].

Результаты решения

Расчеты проводились при числах Рэлея равных 10^5 и 10^6 в случаях, когда источник энергии имеет форму прямоугольника, равнобедренной трапеции и равнобедренного треугольника. На рис. 2–5 представлены распределения линий тока и изотерм при различных значениях числа Рэлея и различных формах источника энергии.

Увеличения числа Рэлея приводит к сгущению изотерм вблизи как вертикальных стенок полости, так и сторон локального источника энергии, что отражает уменьшение толщины теплового пограничного слоя. Следует также отметить интенсификацию течения внутри полости со смещением ядер конвективных ячеек к верхней стенке.

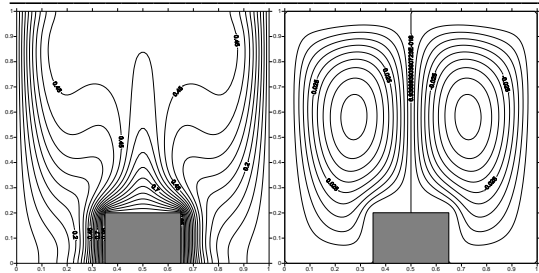


Рис. 2. Линии тока (справа) и изотермы (слева) при $Ra = 10^5$ с прямоугольной формой источника энергии

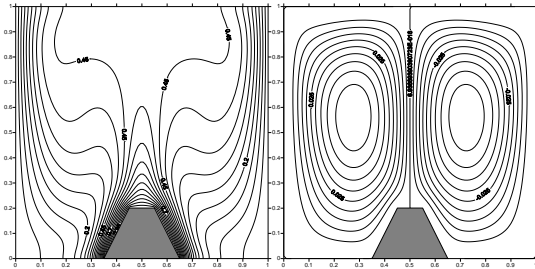


Рис. 3. Линии тока (справа) и изотермы (слева) при $Ra = 10^5$ с трапециевидной формой источника энергии

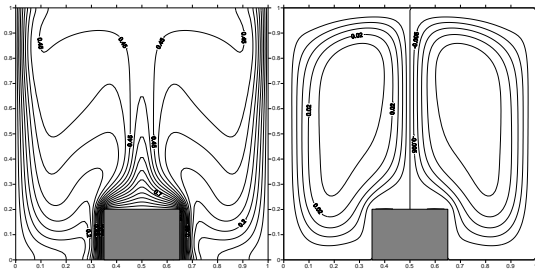


Рис. 4. Линии тока (справа) и изотермы (слева) при $Ra = 10^6$ с прямоугольной формой источника энергии

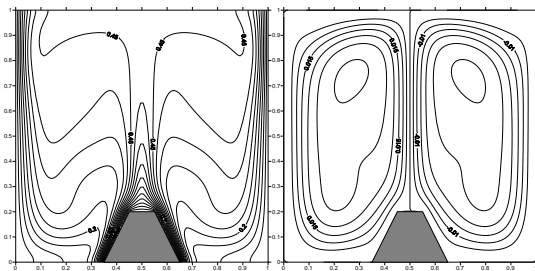


Рис. 5. Линии тока (справа) и изотермы (слева) при $Ra = 10^6$ с трапециевидной формой источника энергии

Изменение формы тепловыделяющего элемента приводит к изменению структуры течения и его интенсивности, а также отражается на геометрических параметрах теплового двумерного факела, формирующегося над источником.

На рис. 6 и 7 представлены временные зависимости среднего числа Нуссельта по периметру источника энергии от числа Рэлея и формы тепловыделяющего элемента.

При умеренных значениях числа Рэлея $Ra \leq 10^5$ наиболее интенсивный отвод энергии происходит от источника энергии трапециевидной формы (рис. 6). В случае же $Ra = 10^6$ (рис. 7) эффективность трапециевидной формы источника энергии незначительно отличается от прямоугольной формы.

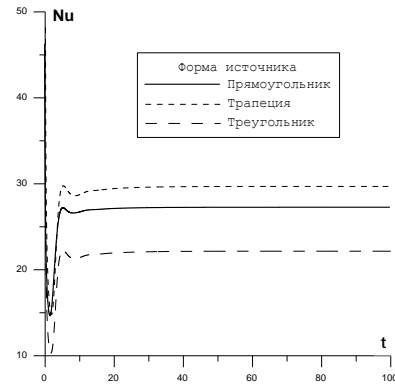


Рис. 6. Зависимость числа Нуссельта от времени при $Ra = 10^5$

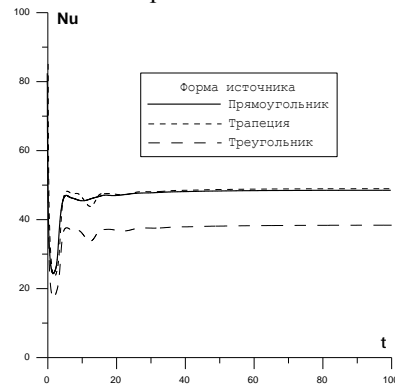


Рис. 7. Зависимость числа Нуссельта от времени при $Ra = 10^6$

■ Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (задание № 13.1919.2014/К).

Литература

1. Джалурия Й. Естественная конвекция: Тепло- и массообмен. Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 400с.
2. Шермет М.А. Сопряженные задачи естественной конвекции. Замкнутые области с локальными источниками тепловыделения. – Берлин: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 176 с.
3. Yesiloz G., Aydin O. Laminar natural convection in right-angled triangular enclosures heated and cooled on adjacent walls // Int. J. Heat Mass Transfer. – 2013. – Vol. 60. – Pp. 365–374.
4. de Vahl Davis G. Natural convection of air in a square cavity: a bench mark numerical solution // Int. J. Numerical Methods of Fluids. – 1983. – Vol. 3. – P. 249–264.

ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ И ПОВЕРХНОСТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ С ЛОКАЛЬНЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ

Мирошниченко И.В.¹, Шеремет М.А.^{1,2}, д.ф.-м.н.

¹Томский государственный университет, г. Томск

²Томский политехнический университет, г. Томск

miroshnichenko@land.ru

Процессы конвективного теплообмена, представляющие практический интерес, как правило, происходят в условиях турбулентного движения среды.

Исследование турбулентной естественной конвекции, как одного из механизмов переноса энергии, находит отражение не только в современных исследованиях по эффективности охлаждения узлов и блоков электронной аппаратуры [1], но может использоваться и при моделировании теплового режима жилого помещения, с целью повышения энергоэффективности. Большой интерес представляет исследование влияния числа Рэлея на структуру потока, а так же на распределение локальных и интегральных характеристик.

Целью работы является математическое моделирование турбулентных режимов естественной конвекции и поверхностного теплового излучения в замкнутой квадратной полости с локальным источником энергии, расположенным в зоне основания анализируемого объекта.

Рассматривается краевая задача турбулентной естественной конвекции и поверхностного излучения для области, представленной на рисунке 1.

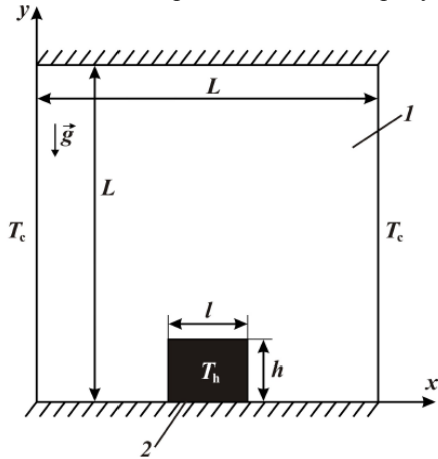


Рис. 1. Область решения: 1 – воздушная полость, 2 – источник тепловыделения

Считается, что температура источника тепловыделения постоянна во все время процесса. Горизонтальные стенки являются теплоизолированными, а на вертикальных стенках поддерживается постоянная минимальная температура, характеризующая охлаждение объекта со стороны вертикальных стенок. Внутри полости находится воздух, который считается вязкой, ньютоновской жидкостью, удовлетворяющей приближению Буссинеска. Режим течения турбулентный. Теплооб-

мен излучением от источника тепловыделения и между стенками моделируется на основе приближения поверхностного излучения. Поверхности стенок считаются диффузно серыми.

Для получения более точных значений искомых параметров вблизи стенок используется специальное преобразование координат для сгущения разностной сетки, позволяющее от неравномерной сетки в физической области перейти к равномерной сетке в вычислительной области. Данное преобразование имеет следующий вид:

$$\xi = a + \frac{b-a}{2} \left[1 + \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi x}{b-a}\left(x - \frac{a+b}{2}\right)\right)}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2}\right)} \right]; \quad \eta = a + \frac{b-a}{2} \left[1 + \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi y}{b-a}\left(y - \frac{a+b}{2}\right)\right)}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2}\right)} \right].$$

В результате транспортные уравнения в безразмерных переменных «функция тока – завихренность» с учетом отмеченного выше преобразования координат приняли вид:

$$\frac{d^2 \xi}{dX^2} \frac{\partial \Psi}{\partial \xi} + \left(\frac{d\xi}{dX} \right)^2 \frac{\partial^2 \Psi}{\partial \xi^2} + \frac{d^2 \eta}{dY^2} \frac{\partial \Psi}{\partial \eta} + \left(\frac{d\eta}{dY} \right)^2 \frac{\partial^2 \Psi}{\partial \eta^2} = -\Omega, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Omega}{\partial \tau} + \left(U - \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial v_i}{\partial \xi} \right) \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial \Omega}{\partial \xi} + \left(V - \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial v_i}{\partial \eta} \right) \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial \Omega}{\partial \eta} = \\ = \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial}{\partial \xi} \left[\left(\frac{\operatorname{Pr}}{\sqrt{\operatorname{Ra}}} + v_i \right) \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial \Omega}{\partial \xi} \right] + \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial}{\partial \eta} \left[\left(\frac{\operatorname{Pr}}{\sqrt{\operatorname{Ra}}} + v_i \right) \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial \Omega}{\partial \eta} \right] + \\ \left(\frac{d^2 \xi}{dX^2} \frac{\partial v_i}{\partial \xi} + \left(\frac{d\xi}{dX} \right)^2 \frac{\partial^2 v_i}{\partial \xi^2} - \frac{d^2 \eta}{dY^2} \frac{\partial v_i}{\partial \eta} - \left(\frac{d\eta}{dY} \right)^2 \frac{\partial^2 v_i}{\partial \eta^2} \right) \times \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \times \left(\Omega + 2 \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial U}{\partial \eta} \right) + 4 \frac{d\xi}{dX} \left(\frac{d\eta}{dY} \right)^2 \frac{\partial^2 v_i}{\partial \xi \partial \eta} \frac{\partial V}{\partial \eta} + \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial \Theta}{\partial \xi}, \\ \frac{\partial \Theta}{\partial \tau} + U \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial \Theta}{\partial \xi} + V \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial \Theta}{\partial \eta} = \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial}{\partial \xi} \left[\left(\frac{1}{\sqrt{\operatorname{Ra} \operatorname{Pr}}} + \frac{v_i}{\operatorname{Pr}_i} \right) \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial \Theta}{\partial \xi} \right] + \\ + \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial}{\partial \eta} \left[\left(\frac{1}{\sqrt{\operatorname{Ra} \operatorname{Pr}}} + \frac{v_i}{\operatorname{Pr}_i} \right) \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial \Theta}{\partial \eta} \right]. \end{aligned} \quad (3)$$

В качестве модели турбулентности рассматривалась стандартная $k-\varepsilon$ модель:

$$\begin{aligned} \frac{\partial K}{\partial \tau} + U \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial K}{\partial \xi} + V \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial K}{\partial \eta} = \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial}{\partial \xi} \left[\left(\frac{\operatorname{Pr}}{\sqrt{\operatorname{Ra}}} + \frac{v_i}{\sigma_k} \right) \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial K}{\partial \xi} \right] + \\ + \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial}{\partial \eta} \left[\left(\frac{\operatorname{Pr}}{\sqrt{\operatorname{Ra}}} + \frac{v_i}{\sigma_k} \right) \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial K}{\partial \eta} \right] + \bar{P}_k + \bar{G}_k - E, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial E}{\partial \tau} + U \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial E}{\partial \xi} + V \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial E}{\partial \eta} = \\ & = \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial}{\partial \xi} \left[\left(\sqrt{\frac{\text{Pr}}{\text{Ra}}} + \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial E}{\partial \xi} \right] + \\ & + \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial}{\partial \eta} \left[\left(\sqrt{\frac{\text{Pr}}{\text{Ra}}} + \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial E}{\partial \eta} \right] + \\ & + \left[c_{1\varepsilon} (\bar{P}_k + c_{3\varepsilon} \bar{G}_k) - c_{2\varepsilon} E \right] \frac{E}{K}, \end{aligned} \quad (5)$$

где $\bar{P}_k = v_t \left[2 \left(\frac{d\xi}{dX} \frac{\partial U}{\partial \xi} \right)^2 + 2 \left(\frac{d\eta}{dY} \frac{\partial V}{\partial \eta} \right)^2 + \left(\frac{d\eta}{dY} \frac{\partial U}{\partial \eta} + \frac{d\xi}{dX} \frac{\partial V}{\partial \xi} \right)^2 \right]$ и
 $\bar{G}_k = -\frac{v_t}{\text{Pr}} \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial \Theta}{\partial \eta}$; $v_t = c_\mu K^2 / E$.

Параметры стандартной k - ε модели турбулентности: $\tilde{n}_\mu = 0.09$, $\tilde{n}_{1\varepsilon} = 1.44$, $\tilde{n}_{2\varepsilon} = 1.92$, $\tilde{n}_{3\varepsilon} = 0.8$, $\text{Pr}_t = 1.0$, $\sigma_k = 1.0$, $\sigma_\varepsilon = 1.3$.

Начальные и граничные условия для сформулированной задачи (1)–(5) имеют вид:
Начальные условия:

$$\begin{aligned} \Psi(\xi, \eta, 0) = \Omega(\xi, \eta, 0) = \Theta(\xi, \eta, 0) = 0 \\ K(\xi, \eta, 0) = E(\xi, \eta, 0) = 0 \end{aligned}$$

Граничные условия:

- на границе $\eta = 0$:

$$\Psi = 0, \quad \frac{\partial \Psi}{\partial \eta} = 0, \quad \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial \Theta}{\partial \eta} = N_m Q_{\text{rad}};$$

- на границе $\eta = 1$:

$$\Psi = 0, \quad \frac{\partial \Psi}{\partial \eta} = 0, \quad \frac{d\eta}{dY} \frac{\partial \Theta}{\partial \eta} = -N_m Q_{\text{rad}};$$

- на границах $\xi = 0$ и $\xi = 1$:

$$\Psi = 0, \quad \frac{\partial \Psi}{\partial \xi} = 0, \quad \Theta_c = -0.5;$$

для турбулентных характеристик K и E на стенках выполняются условия вида: $K = 0$, $\frac{\partial E}{\partial \bar{n}} = 0$.

Здесь $N_m = \sigma T_h^4 L / [\lambda (T_h - T_n)]$ – радиационно-кондуктивный параметр; σ – постоянная Стефана–Больцмана; λ – коэффициент теплопроводности воздуха.

Дифференциальные уравнения (1)–(5) с соответствующими начальными и граничными условиями решены методом конечных разностей [2, 3] на равномерной сетке (ξ, η) 150×150 . Для аппроксимации конвективных слагаемых в уравнениях применялась монотонная схема А.А. Самарского второго порядка, для диффузионных слагаемых – центральные разности.

Уравнения (2)–(5) решались с использованием локально-одномерной схемы А.А. Самарского. Полученная таким образом СЛАУ решалась методом прогонки. Для дискретизации уравнения Пуассона (1) применялся пятиточечный шаблон “крест” на основе формул симметричной аппроксимации вторых и первых производных. Получен-

ная СЛАУ решалась методом последовательной верхней релаксации. Для определения безразмерной плотности радиационного потока Q_{rad} применялся метод решения с использованием плотности потока эффективного излучения [3].

Численный анализ проведен при следующих значениях безразмерных комплексов, характеризующих режимы конвективно-радиационного теплопереноса:

$$\text{Ra} = 10^8 - 10^{10}; \quad \text{Sk} = 779.11 - 3615.08; \quad \zeta = 0.9665; \quad \text{Pr} = 0.7, \quad \varepsilon_k = 0.3.$$

Где ε_k – степень черноты k -ой поверхности, Sk – число Старка, ζ – температурный параметр.

В результате проведенных исследований установлены распределения изолиний функции тока, температуры, кинетической энергии турбулентности и скорости ее диссипации.

На рис. 2 представлены зависимости среднего конвективного и радиационного чисел Нуссельта на левой вертикальной стенке от числа Рэлея, которые отражают интенсификацию процесса теплопереноса с ростом величины выталкивающей силы.

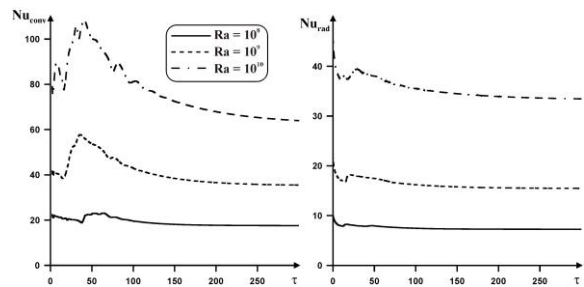


Рис. 2. Зависимости конвективного и радиационного чисел Нуссельта на левой вертикальной стенке от времени и числа Рэлея

■ Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (задание № 13.1919.2014/К).

Литература

1. Дульнев Г. Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.
2. Шеремет М.А. Математическое моделирование турбулентных режимов сопряженной термогравитационной конвекции в замкнутой области с локальным источником тепла // Теплофизика и аэромеханика. – 2011. – Т. 18, №1. – С. 117–131.
3. Мартюшев С.Г., Мирошниченко И.В., Шеремет М.А. Численный анализ пространственных нестационарных режимов сопряженного конвективно-радиационного теплопереноса в замкнутом объеме с источником энергии // Инженерно-физический журнал. – 2014. – Т. 87, № 1. – С. 119–128.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЫСОКОТОЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В ТРУБЕ ДРЕЙФА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ ПЛАЗМЫ И НАПРЯЖЕННОСТИ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Е.С. Вагин, В.П. Григорьев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

VaginEvS@yandex.ru

Уникальные возможности сильноточных электронных пучков (СЭП) по транспортировке энергий высокой плотности на достаточно большие расстояния без существенных потерь вызывает повышенный интерес к их прикладному использованию в технологических процессах связанных с изменением состояния и свойств поверхности материалов.

Эффективная транспортировка пучков с высокими плотностями тока (десятки кА) и низкими энергиями (десятки кэВ) электронов возможна только при обеспечении практически полной зарядовой нейтрализации [1] и достаточно высокой токовой нейтрализации. Чтобы обеспечить указанные условия транспортировку низкоэнергетических СЭП осуществляют, инжектируя их в плазму или нейтральный газ низкого давления ($10^{-1} \dots 10^{-2}$ Па), кроме того для подавления эффекта самопинчевания пучка транспортировка происходит в присутствии внешнего продольного магнитного поля.

Таким образом, транспортировка низкоэнергетического СЭП без существенных потерь, представляет сложную задачу.

Математическая модель самосогласованной динамики пучка в поле пространственного заряда и магнитных полях при его транспортировке в пространстве дрейфа, заполненного плазмой с однородной плотностью n_0 , разработана на основе описания электронов пучка и плазмы макрочастицами [2]. Модель построена для области, совпадающей с областью цилиндрической камеры, и имеет размерность 2,5 (трехмерная по динамике, двумерная по полям) [3]. Примем L и R – длина и радиус трубы дрейфа; R_b – радиус пучка; J_z – плотности тока в пространстве дрейфа; B_z^* – внешнее магнитное поле; V_z – скорость электронов пучка; r, z, θ – компоненты цилиндрической системы координат.

При построении модели предполагалась:

- аксиальная симметрия процессов $\frac{\partial}{\partial \theta} = 0$;
- преобладание продольного тока пучка $J_z \gg J_r, J_\theta$;
- неподвижность ионов (концентрация ионов плазмы считается однородной и постоянной $n_i = n_0$);

Динамика электронов пучка и плазмы описывается системой релятивистских уравнений в цилиндрической системе координат:

$$\begin{cases} \frac{d(\gamma_\alpha \dot{z})}{dt} = -\frac{e}{m_0} (\dot{r} B_\theta + E_z) - \nu_{ef} \dot{z} \\ \frac{d(\gamma_\alpha \dot{r})}{dt} = -\frac{e}{m_0} (r \dot{\theta} B_z^* - \dot{z} B_\theta + E_r) + \gamma_\alpha r \dot{\theta}^2 - \nu_{ef} \dot{r} \\ \frac{1}{r} \frac{d(\gamma_\alpha r^2 \dot{\theta})}{dt} = \frac{e}{m_0} (\dot{r} B_z^*) - \nu_{ef} r \dot{\theta} \end{cases}, \quad (1)$$

где m_0 – масса покоя электрона; e – элементарный заряд; E_z, E_r, B_θ – компоненты собственного электромагнитного поля пучка; $B_z^* = \text{const}$ – компонента внешнего магнитного поля; γ_α – релятивистский фактор частиц α ; α – электроны пучка и плазмы; ν_{ef} – эффективная частота столкновений.

Собственное поле пучка описывается уравнениями Пуассона для скалярного потенциала Φ и продольной компоненты векторного потенциала A_z .

Плотности заряда и тока пучка связаны уравнением непрерывности. Суммарная плотность заряда описывается соотношением:

$$\rho = \rho_b + (\rho_i + \rho_e), \quad (2)$$

где ρ_b, ρ_e – плотности заряда электронов пучка и плазмы. Плотность ионов плазмы с большой степенью точности можно считать постоянной. Это связано с тем, что ионизация газа электронами пучка может поддерживать плотность плазмы приблизительно на постоянном уровне, компенсируя рекомбинацию. Это возможно при достаточно высокой степени ионизации газа в области давлений $10^{-1} \dots 10^{-2}$ Па. Поэтому определим плотность заряда ионов плазмы как $\rho_i = n_0 e$.

Начальное условие для плотности заряда электронов пучка задано как $\rho_b|_{t=0} = 0$, что соответствует отсутствию пучка в трубе дрейфа.

Плотность тока J_z рассчитывается как сумма плотностей тока электронов пучка j_{bz} и плазмы j_{pz} , определяемые соотношениями:

$$J_z = j_{bz} + j_{pz}, \quad (3)$$

$$j_{bz} = \rho_b v_z, \quad j_{pz} = \rho_e v_{pz}, \quad (4)$$

где v_z и v_{pz} – скорость электронов пучка и плазмы.

Граничные условия для потенциалов задаются исходя из условий идеальной проводимости поверхности стенок трубы ($r=R$) и условия непрерывности потенциалов на оси трубы ($r=0$) и на торцах трубы ($z=0$ и $z=L$).

Компоненты полей пучка вычисляются по формулам дифференцирования потенциалов.

При решении модельной задачи параметры пучка и плазмы выбирались подобными экспериментальным [3]. Инжектируемый ток пучка на фронте (τ_{ϕ}) изменяется по линейному закону, за фронтом – задан в виде постоянного тока (I_0).

В качестве исследуемых параметров от которых зависит эффективность транспортировки были выбраны плотность плазмы заполняющей трубу дрейфа, напряженности внешнего магнитного поля и время переднего фронта импульса тока пучка. Критерием эффективности транспортировки принималось отношение получаемого тока на выходе из трубы дрейфа к току импульса на входе.

Зависимость эффективности транспортировки от плотности плазмы, при фиксированных значениях внешнего магнитного поля ($B_z^* = 1$ кГс) и переднего фронта импульса представлена на рисунке 1. Анализ полученных результатов показывает, что высокая эффективность транспортировки пучка достигается при плотности плазмы равной или большей плотности пучка, оценённой по формуле:

$$n_{b0} = \frac{I_b}{I_A} \frac{1}{S_b r_e \beta_{z0}}, \quad (5)$$

где I_b – ток пучка, I_A – ток Альфена, S_b – площадь сечения пучка, r_e – классический радиус электрона, β_{z0} – скорость электронов пучка при начальной энергии электронов W_0 . Для приведенных параметров пучка, плотность составила $\sim 2 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-3}$.

Недостаточная эффективность транспортировки при меньшей плотности плазмы объясняется недостаточной зарядовой нейтрализации пучка, что приводит к образованию виртуального катода на входе трубы дрейфа. Образование виртуального катода происходит в момент, когда ток импульса, соответствующий плотности пучка, превысит плотности плазмы в трубе дрейфа.

Рисунок 2 отражает зависимость эффективности транспортировки пучка от величины напряжённости внешнего магнитного поля, при фиксированных значениях плотности плазмы (кривая 1 - $n_0 = 2.5 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-3}$, кривая 2 - $n_0 = 1.8 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-3}$) и фронта импульса ($\tau_{\phi} = 300$ нс). Достаточно высокая эффективность транспортировки достигается при значениях напряженности магнитного поля больших или равных напряженности собственного магнитного поля пучка, которую можно оценить формуле:

$$B_b = \frac{1}{4\pi} \frac{2I_b}{cr_b} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}, \quad (6)$$

где r_b – радиус пучка. Величина собственного магнитного поля для исходных параметров пучка составила 0.06 Тл. Меньшее значение

напряженности внешнего магнитном поле приводит к недостаточному ослаблению собственного магнитного поля и как следствие самопинчеванию пучка.

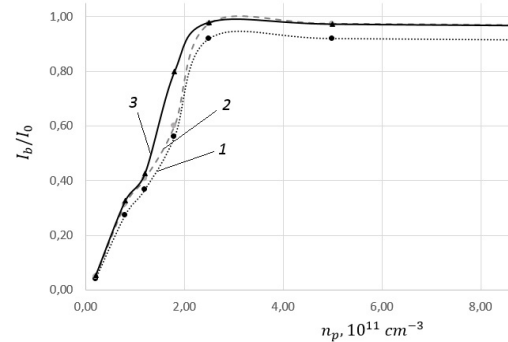


Рис. 1. Зависимость I_b/I_0 от плотности плазмы при $I_0=15$ кА, $\tau_{\phi}=300$ нс, $E_0=20$ кЭв, $B_z = 1.0$ кГс (1), 1.5 кГс (2), 3.0 кГс (3).

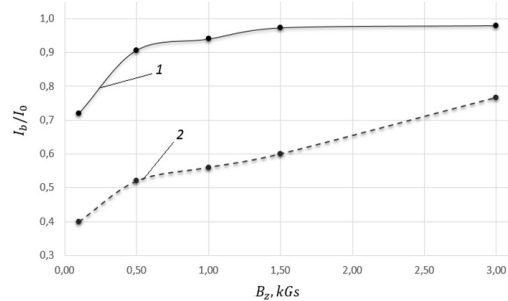


Рис. 2. Зависимость I_b/I_0 величины внешнего магнитного поля при $I_0=15$ кА, $\tau_{\phi}=300$ нс, $E_0=20$ кЭв, $n_p = 2.5 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-3}$ (1), $1.8 \cdot 10^{11}$ (2).

Выводы

Недостаточная величина магнитного поля ведет к некоторому сжатию пучка и увеличению плотности заряда. При этом в условиях недостаточно высокой плотности плазмы, это приводит к образованию виртуального катода и имеет место отражение части электронов, в первую очередь на оси пучка.

Литература

1. Григорьев В.П., Коваль Т.В., Кухта В.Р., Рахарджо П., Уемура К. Исследование транспортировки и фокусировки низкоэнергетического электронного пучка в ионизованном аргоне низкого давления - Журнал технической физики, 2008, Т. 78, № 1, С. 104–108.
2. Григорьев В.П., Вагин Е.С., Офицеров В.В. Модель макрочастиц зарядовой нейтрализации электронного пучка при инжекции в плазму низкого давления - Известия Томского политехнического университета, 2010, Т. 316, № 2, С. 85–89.
3. Назаров Д.С., Озур Г.Е., Проскуровский Д.И. Генерация низкоэнергетичных сильнотоочных электронных пучков в пушке с плазменным анодом - Известия вузов. Физика, 1994, Т. 37, № 3, С. 100–114.

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СЕЗОННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Черкашина Ю. А.

Научный руководитель: Гергет О. М., к.т.н., доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск,
проспект Ленина, 30

E-mail: cherr999y@mail.ru

Экологическая обстановка в мире требует всестороннего и повседневного анализа состояния окружающей среды. Только на основании точных количественных данных можно принимать решения о проведении необходимых мероприятий, предупреждающих ухудшение состояния окружающей среды.

В настоящее время при решении экологических задач отходят от вербального описания и основываются на математических моделях и информационных технологиях. Одним из наиболее сложных и трудоемких процессов является выявление закономерностей из имеющихся массивов данных. Он не всегда заканчивается успешно, поскольку данные содержат разнотипную, противоречивую и неполную информацию.

Результатом хозяйственной или иной деятельности человека становится воздействие на все компоненты окружающей среды, в том числе и на земельные ресурсы. Негативные изменения могут проявляться в их загрязнении (порче), а конечном счете - в деградации. Одна из основных причин - отсутствие единой региональной системы сбора, вывоза, сортировки, использования, обезвреживания и размещения отходов различного происхождения.

Для анализа экологических данных использована система, которая позволяет выявить закономерности временного изменения экологических показателей. Она включает такие сервисы, как

- восстановление пропусков в данных;
- выявление наличия сезонности;
- выделение трендов во временных рядах;
- определение сезонной декомпозиции.

Рассмотрим подробнее каждый.

Восстановление пропусков в исходных данных

Пусть значения показателей известны в моменты времени t_j , $j=1, \dots, n$. Построим на интервале $[t_1, t_n]$ функцию $S_y(t)$, интерполирующую $y=f(t)$ так, что на каждом произвольном отрезке $[t_j, t_{j+1}]$, лежащем внутри интервала $[t_1, t_n]$, функция $S_y(t)$ являлась полиномом, а в узлах имела непрерывные производные.

В качестве $S_y(t)$ выбран сплайн третьей степени, который в узлах t_j имеет непрерывные 1-ю и 2-ю производные, и на каждом из отрезков $[t_j, t_{j+1}]$ принимает вид [2]:

$$S_y(t) = y_j + b_j(t-t_j) + c_j(t-t_j)^2 + d_j(t-t_j)^3,$$

где y_j – значение показателей в момент t_j ; b_j , c_j , d_j – коэффициенты, подлежащие определению, решением системы уравнений методом Гаусса.

Оценка качества восстановленного показателя осуществлялась с помощью нахождения коэффициента расхождения Тейлора:

$$B = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - y_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^2}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - y_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N y_i^2}}$$

где \hat{y}_i – предсказанное значение для y_i ; y_i – фактическое значение.

Выявление наличия сезонности

Оценка наличия сезонных ритмов во временных рядах осуществлялась на основе функции автокорреляции и её графического представления – коррелограммы. При помощи анализа коррелограммы можно выявить структуру ряда. Последовательность коэффициентов автокорреляции со смещениями 1, 2, 3 и т.д. называют автокорреляционной функцией, значения которой находятся в диапазоне $[-1; 1]$. Автокорреляционную функцию целесообразно использовать для выделения во временном ряде наличия трендовой и сезонной компонент.

Выделение трендов во временных рядах

Выявление наличия неслучайной составляющей сводилось к проверке гипотезы о неизменности среднего значения ряда с использованием критерия серий. При его использовании определяется медиана ряда, и образуются «серии» из плюсов и минусов по следующему правилу:

$$y_i = \begin{cases} +, & y_i > y_{med} \\ -, & y_i < y_{med} \end{cases}$$

Элементы временного ряда, равные y_{med} , в полученной последовательности не учитываются. Под «серией» понимается последовательность подряд идущих плюсов или подряд идущих минусов. Наличие неслучайной составляющей во временном ряде определяется из условия:

$$\begin{cases} v(n) > \left[\frac{1}{2} (n+2-1,96\sqrt{n-1}) \right], \\ K_{max} < [3,3(\lg n + 1)] \end{cases}$$

где $v(n)$ – общее число серий, K_{max} – длина наибольшей серии, $[]$ – целая часть от числа [3].

Для построения тренда использовались два метода: скользящих средних и экспоненциального сглаживания [3].

Метод скользящих средних заключается в следующем: 1) определяется количество наблюдений, входящих в интервал сглаживания; 2) вычисляется среднее значение наблюдений в интервале сглаживания по формуле:

$$\bar{y}_t = \frac{1}{m} \sum_{i=t-\frac{m-1}{2}}^{t+\frac{m-1}{2}} y_i$$

где m – количество наблюдений, входящих в интервал сглаживания. И так до тех пор, пока в интервал сглаживания не войдет последнее значение временного ряда.

В методе экспоненциального сглаживания каждое сглаженное значение рассчитывается путем сочетания предыдущего сглаженного значения и текущего значения временного ряда. В этом случае текущее значение временного ряда взвешивается с учётом сглаживающей константы:

$$S_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) S_{t-1}$$

где S_t – текущее сглаженное значение; y_t – текущее значение временного ряда; S_{t-1} – предыдущее сглаженное значение; α – сглаживающая константа, значение которой варьируется в диапазоне от 0 до 1.

Сервис оценки сезонной декомпозиции

Для определения сезонной составляющей разработан алгоритм сезонной декомпозиции.

1. Выделение тренда (метод скользящих средних).
2. Формирование сезонной компоненты (разность между исходным и сглаженным рядом).
3. Вычисление сезонной компоненты (среднее всех значений ряда, соответствующих данной точке сезонного интервала).

Характеристика исследуемых данных

Исследования проводились совместно с Департаментом природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области (далее Департамент). В основу исследования взяты данные по обращению с отходами производства и потребления на территории Томской области.

Сведения представляются в Департамент 1 раз в год, следующего за отчетным периодом.

Данные по обращению с отходами производства и потребления на территории Томской области брались за промежуток времени с 1998 по 2013 год. Было выбрано 7 районов Томской области, на которых проводились исследования. Это Асиновский, Кургасковский, Кожевниковский, Колпашевский, Томский районы, г. Томск и г. Стрежевой

Для исследования были использованы характеристики:

- Образовано отходов – образовано всего отходов в текущем году в районе;

- Количество предприятий – число предприятий района, которые предоставили отчетность по данным.

В результате анализа экологических данных были получены следующие результаты, представленные на рисунках 1-2. В результате исследования временных рядов на наличие периодичности и сезонности получено, что данные не являются периодичными и не содержат сезонности. Полученные результаты можно объяснить особенностью структуры данных.

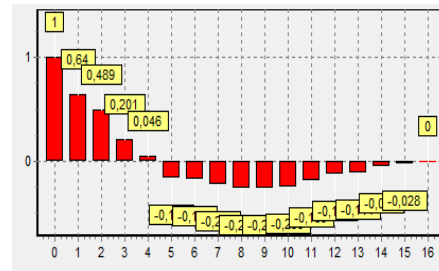


Рис. 1. Коррелограмма (нет сезонной составляющей)

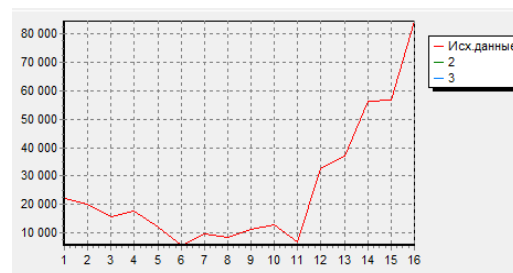


Рис. 2. Исходный ряд

Отсутствие в результатах проведенного исследования сезонности и периодичности свидетельствует о том, что основную массу отходов на исследуемых территориях составляют все-таки бытовые отходы (отходы потребления). Потребление населением товаров и услуг, в результате которых образуются отходы (упаковка, пластиковые бутылки, полиэтилен и др.) постоянны в течение года.

Что касается отходов производства, то отсутствие сезонности и периодичности может свидетельствовать о более-менее постоянном процессе производства на территории Томской области, т.е. сфера производства, развитая на территории области, в целом работает в круглогодичном режиме, без особых сезонных изменений.

Список использованных источников:

1. Бокс Дж., Дженкинс Г.М. Анализ временных рядов, прогноз и управление. М.:Мир, 1974. 406с.
2. Draper N., Smith H. Applied regression analysis. New York: Wiley, 1981. 693.
3. Гергет О.М., Милешин А.А., Информационные технологии выявления основных закономерностей временного изменения показателей биосистемы // Современные проблемы науки и образования, №6 2013.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ ПАРАМЕТРОВ ДИФФУЗИОННОЙ ПЛАЗМЫ

Л.П. Тарасова, В.П. Зимин
Томский политехнический университет
Tarasova.luda31@mail.ru

Введение

В работе [1] была поставлена задача и изложены первые результаты построения и исследования поведения на фазовых плоскостях распределений параметров плазмы в диффузионном режиме работы термоэмиссионного преобразователя (ТЭП). В настоящей работе излагаются результаты, полученные после уточнения как оцифрованных экспериментальных данных, так и постановки задачи. Наряду с экспериментальными результатами, представленными в [2], были учтены распределения параметров диффузионной плазмы работы [3]. Изменение постановки задачи заключалось в замене вида аппроксимирующей функции. Вместо логарифмического приближения была взята функция экспоненциального вида. Это связано с тем, что логарифмическая функция у эмиттера ($x=0$) имеет особенность, что затрудняет проведение корректную экстраполяцию экспериментальных данных в области у эмиттера.

Результаты и их обсуждение

Уточненные оцифрованные данные распределений параметров плазмы были получены для двух наборов параметров ТЭП.

Для первого набора параметров преобразователя $T_E=1565$ К, $T_C=860$ К, $d=0,16$ см варьировалось давление насыщенных паров цезия в резервуаре p_{Cs} , мм рт. ст.: 1 – 0,44; 2 – 1,0; 3 – 2,0. Распределения параметров плазмы снимались на вольтамперной характеристике (ВАХ) в точке тока короткого замыкания. На основании анализа кривых Рейзера эмиттера преобразователя (Мо) получена оценка плотности тока короткого замыкания $J_{кз}$, mA/cm^2 : 1 – 46,2; 2 – 35,7; 3 – 26,6.

Для второго набора параметров преобразователя $T_E=1420$ К, $T_C=800$ К, $d=0,16$ см, $p_{Cs}=0,44$ мм рт. ст. варьировалась плотность тока на ВАХ ТЭП: J , mA/cm^2 : 4 – 0; 5 – 10; 6 – 14. Точка 4, в которой снимались распределения параметров плазмы, соответствует холостому ходу, а точка 6 – поджигу дуги.

Для плотности плазмы использовались три аппроксимирующие функции: линейная, квадратичный полином и синусоидальная. Последняя является собственной функций уравнения диффузии плотности плазмы, учитывающего объемную ионизацию. Анализ критериев пригодности приближений показал, что для первого набора параметров наилучшим приближением является синусоидальная аппроксимация (рис. 1). Сумма квадратов отклонений, нормированной на 10^{11} , изменяется от значения 0,0677 для $n=n_1(x)$ до 0,167 для $n=n_3(x)$.

Критерий пригодности варьируется от 0,384 до 0,46. Имеется существенное отклонение от линейной зависимости. Это обстоятельство более отчетливо можно наблюдать на фазовых портретах распределений плотности плазмы (рис. 2). Здесь же показаны поведение аппроксимирующей функции в областях экстраполяции: кресты – приэмиттерная область, кружки – приколлекторная область.

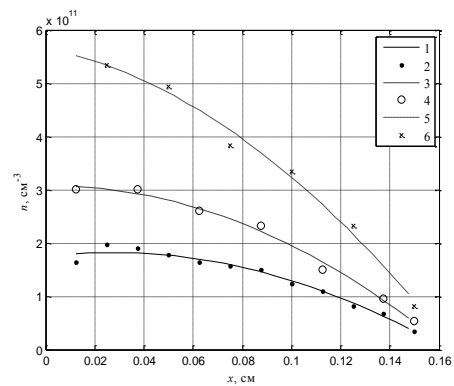


Рис. 1. Аппроксимация экспериментальных распределений плотности плазмы функциями вида $n=a_1 \cdot \sin(b_1 \cdot x + c_1)$ для первого набора параметров ТЭП, p_{Cs} , мм рт. ст.: 1, 2 – 0,44; 3, 4 – 1,0; 5, 6 – 2,0

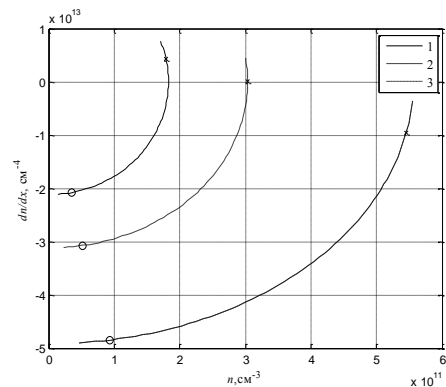


Рис. 2. Фазовые портреты распределений плотности плазмы в межэлектродном зазоре диода. Параметры ТЭП и аппроксимирующие функции как для рис. 1, p_{Cs} , мм рт. ст.: 1 – 0,44; 2 – 1,0; 3 – 2,0

Аналогичные закономерности имеются в поведении для аппроксимирующих функций потенциала пространства, занятого плазмой для первого набора параметров ТЭП (рис. 3, 4). Наилучшим приближением для V является квадратичный по-

лином. Причем значения первого критерия (сумма квадратов отклонений) для трех аппроксимирующих функций слабо отличаются друг от друга, но по второму критерию пригодности приближения (R-square) преимущество имеет квадратичное приближение.

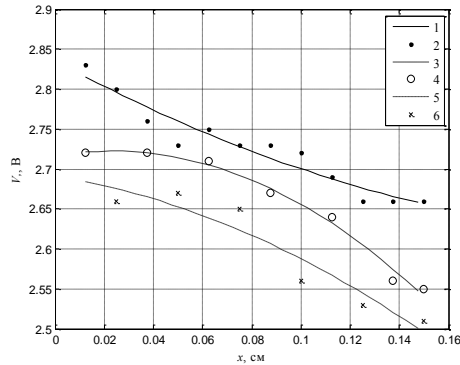


Рис. 3. Аппроксимация экспериментальных распределений потенциала пространства, занятого плазмой функциями вида $V=p_1 \cdot x^2+p_2 \cdot x+p_3$ для первого набора параметров ТЭП, p_{Cs} , мм рт. ст.: 1, 2 – 0,44; 3, 4 – 1,0; 5, 6 – 2,0

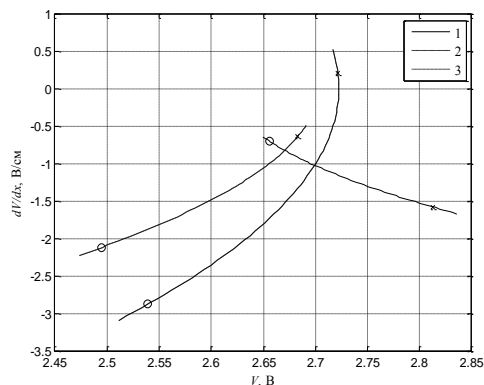


Рис. 4. Фазовые портреты распределений потенциала пространства, занятого плазмой. Параметры ТЭП и аппроксимирующие функции как для рис. 3, p_{Cs} , мм рт. ст.: 1 – 0,44; 2 – 1,0; 3 – 2,0

Аппроксимация экспериментальных зависимостей для второго набора параметров ТЭП показала, что наилучшим приближением для распределений плотности плазмы является квадратичный полином. На фазовых портретах этих зависимостей (рис. 5) нелинейность проявляется не так отчетливо как для первого набора данных. Особый интерес вызывает поведение зависимости $n=n_6(x)$ и её аппроксимации, полученной в точки поджига дуги. Но данные в области $x < 0,05$ см, наиболее интересной с точки зрения процессов поджига, отсутствуют [3]. Поэтому наилучшим приближением является полином второй степени.

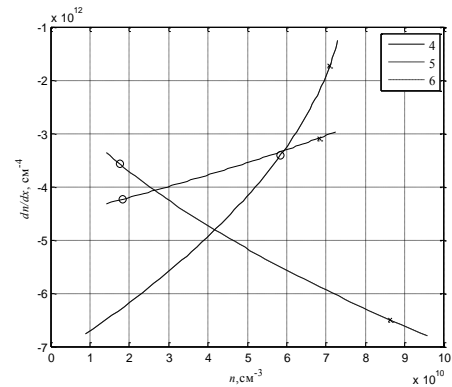


Рис. 5. Фазовые портреты экспериментальных распределений плотности плазмы функциями вида $n=p_1 \cdot x^2+p_2 \cdot x+p_3$ для второго набора параметров ТЭП, J , мА/см²: 4 – 0; 5 – 10; 6 – 14

На фазовых портретах потенциала пространства, занятого плазмой для второго набора параметров ТЭП в области у эмиттера так же наблюдаются области нелинейного поведения, протяженность которых увеличивается с ростом плотности тока диода J .

Заключение

Анализ аппроксимирующих зависимостей для плотности плазмы показал, что уже при малых значениях плотности тока в диффузионном режиме работы диода объемная ионизация начинает конкурировать с поверхностной и фазовые портреты плотности плазмы значительно отклоняются от прямой линии.

Литература

1. Тарасова Л.П. Построение и анализ фазовых портретов диффузионной плазмы термоэмиссионного диода / Л.П. Тарасова, В.П. Зимин // Молодёжь и современные информационные технологии: Сборник трудов XI Междунар. научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Томск, 2013. – С. 123–125.
2. Бакшт Ф.Г., Дюжев Г.А., Марцинковский А.М. и др. Термоэмиссионные преобразователи и низкотемпературная плазма / под ред. Б.Я. Мойжеса и Г.Е. Пикуса. – М.: Наука, 1973. – 480 с.
3. Зондовые исследования плазмы в термоэмиссионных преобразователях с высоким давлением паров цезия. II. Проверка методов зондов. Некоторые результаты измерений в диффузионном и дуговом режимах / Г.А. Дюжев, А.М. Марцинковский, Б.Я. Мойжес и др. // ЖТФ. – 1966. – Т. 36. – Вып. 4. – С. 692–703.

АНАЛИЗ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ НЕИЗМЕРЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ДУГОВОЙ ПЛАЗМЫ ТЕРМОЭМИССИОННОГО ДИОДА

Т.А. Пискунова, В.П. Зимин
Томский политехнический университет
ta042@rambler.ru

Введение

Изучение фазовых портретов распределений параметров низкотемпературной плазмы является актуальной задачей. Для построения адекватных моделей низкотемпературной плазмы термоэмиссионного диода необходимо разрабатывать новые критерии сравнения экспериментальных и модельных распределений параметров плазмы. В работах [1, 2] показано, что для этих целей удобно использовать фазовые портреты распределений параметров плазмы. Кроме этого, важное значение для задач диагностики параметров плазмы приобретает построение фазовых портретов неизмеряемых распределений параметров плазмы, таких как распределение плотности ионного тока в межэлектродном зазоре, распределение потока энергии электронного газа и др. В работе [3] получены соотношения, позволяющие на основе анализа фазовых портретов плотность плазмы – плотность ионного тока проводить диагностику распределения температуры электронов в межэлектродном зазоре.

В настоящем докладе представлены результаты исследования фазовых портретов неизмеряемых распределений параметров дуговой плазмы, полученных на основе анализа экспериментальных данных.

Основные соотношения для вычисления фазовых портретов распределений неизмеряемых параметров плазмы

Для слабоионизованной плазмы справедливы следующие основные выражения:

– для плотности ионного тока в межэлектродном зазоре термоэмиссионного диода (с учетом силы трения ионов об электроны R_{ei}):

$$J_i = \left(\frac{1}{\mu_{ea}} + \frac{1}{\mu_i} \right)^{-1} \left[-\frac{J}{\mu_{ea}} - (\beta_e - 3/2)kn \frac{dT_e}{dx} \right] + \left(\frac{1}{\mu_{ea}} + \frac{1}{\mu_i} \right)^{-1} \left[-(\beta_i - 3/2)kn \frac{dT_i}{dx} - k(T_e + T_i) \frac{dn}{dx} \right];$$

– для уравнения плотности тока электронов:

$$J_e(x) = J(x) + J_i(x) = \text{const};$$

– для плотности потока энергии электронного газа:

$$q_e = q_{eT} + q_{ec},$$

$$q_{eT} = -\lambda_e \frac{dT_e}{dx} + \beta_e J_e \frac{kT_e}{e}, \quad q_{ec} = -J_e V,$$

$$\lambda_e = \alpha_e D_e n k, \quad R_{ie} = J_e / \mu_{ei},$$

где e – заряд электрона; k – постоянная Больцмана; n – плотность плазмы; T_e , T_i – температура электронов и ионов; J – плотность тока диода; q_{eT} , q_{ec} – плотность потока энергии электронов, тепло-

вая (кинетическая) и конвективная (потенциальная) составляющие; V – потенциал пространства, занятого плазмой; D_e , μ_e , μ_{ea} , μ_i – коэффициенты диффузии и подвижности электронов и ионов; λ_e – коэффициент теплопроводности электронного газа; α_e , β_e – коэффициенты, учитывающие рассеяние электронов на атомах и ионах [5].

Для температуры тяжелой компоненты плазмы в слабоионизованной плазме диода хорошим приближением является линейное изменение вдоль зазора от температуры эмиттера до температуры коллектора.

Наличие зондовых измерений распределений $n=n(x)$, $T_e=T_e(x)$ и $V=V(x)$ позволяют вычислить $J_i=J_i(x)$ и $q_e=q_e(x)$. Спектроскопические измерения позволяют получить только два первых распределения, поэтому в этом случае $V=V(x)$ будет относиться так же к неизмеряемым параметрам плазмы.

Полученные результаты и их обсуждение

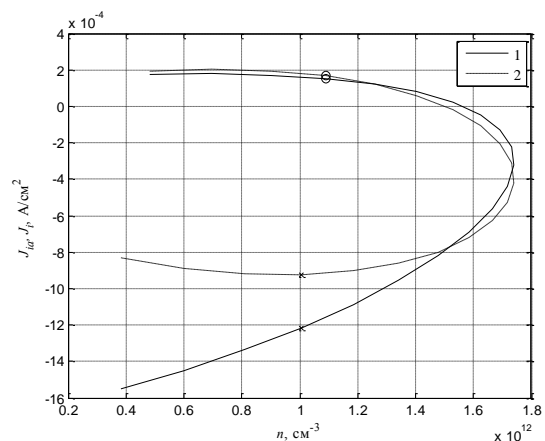
Экспериментальные распределения плазмы были получены в [4] для параметров термоэмиссионного диода: температура эмиттера $T_E=915$ К, давление насыщенных паров цезия $p_{Cs}=0,44$ мм рт.ст., межэлектродное расстояние $d=0,1$ см. Температура коллектора принималась равной $T_C=600$ К, работа выхода коллектора – $F_C=1,6$ эВ. По S-образным эмиссионным характеристикам [5] была оценена плотность эмиссионного тока эмиттера $J_{Ee}=0,51$ А/см².

Потенциал пространства, занятого плазмой вычислялся с помощью выражения, представленного в [5].

Для экспериментальных данных [4] имеются два распределения температуры $T_{ei}=T_{ei}(x)$ (медленные электроны) и $T_{eg}=T_{eg}(x)$ (быстрые электроны).

На рис. 1 и 2 представлены фазовые портреты неизмеряемых параметров плазмы, рассчитанные для двух токов диода.

а



б

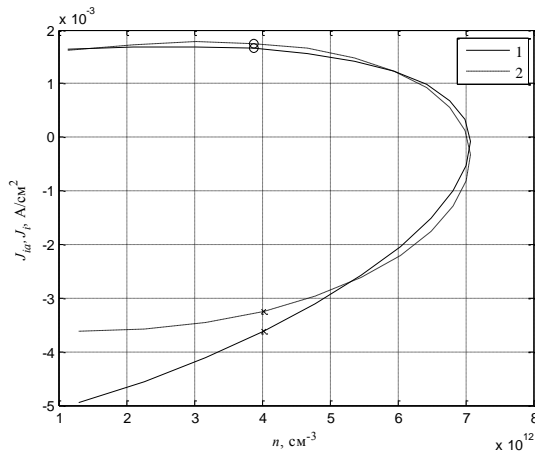
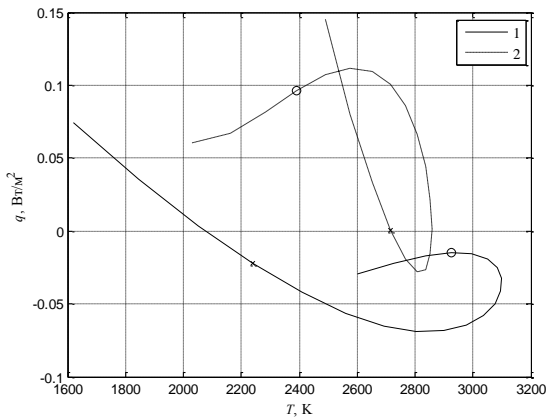


Рис. 1. Фазовый портрет распределения плотности ионного тока $J_{ia}=J_{ia}(x)$ для плотности тока $J_1=0,26$ А/см² (а) и $J_2=0,33$ А/см² (б): для $T_{ei}(x)$ (1) и для $T_{eg}(x)$ (2)

а



б

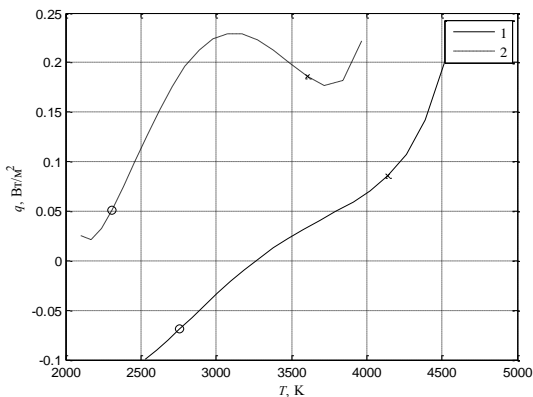


Рис. 2. Фазовые портреты для распределений плотности потока энергии электронного газа q_e : 1 – для плотности тока $J_1=0,26$ А/см², 2 – для плотности тока $J_2=0,33$ А/см² для температуры $T_{eg}(x)$ (а), для температуры $T_{ei}(x)$ (б)

Крестами указана область у эмиттера, кружками – область у коллектора.

Для соответствующих распределений T_e фазовые портреты для J_i -n подобны.

Для распределения $J_i=J_i(x)$, относящегося к $T_{eg}=T_{eg}(x)$, имеются экстремумы вблизи электродов.

Сила R_{ei} слабо влияет на J_i , т.к. мал ток J_e и незначителен вклад в подвижность электрон-ионных столкновений.

Значение J_i у эмиттера для J_2 приблизительно в 4 раза больше (по модулю), чем для J_1 , у коллектора – на порядок больше.

Ассиметричная форма фазовых портретов (рис. 1, кривые 1) обусловлена монотонно убывающей (экспоненциальной) зависимостью $T_{ei}=T_{ei}(x)$.

Фазовые портреты на плоскости q_e-T_e (рис. 2) существенно нелинейные. Более того, для зависимости $T_{eg}=T_{eg}(x)$ фазовый портрет самопересекается (рис. 2, а, кривая 2). Это обстоятельство может служить дополнительным критерием проверки модели на адекватность.

Заключение

■ Получены и проанализированы распределения неизмеряемых в эксперименте параметров плазмы для двух температур электронов $T_{ei}=T_{ei}(x)$ и $T_{eg}=T_{eg}(x)$. Фазовые портреты этих параметров имеют как количественные, так и качественные различия. Качественные различия имеются в основном для плотности потока энергии электронного газа. Найденные особенности и различия фазовые портреты неизмеряемых распределений параметров плазмы позволяют использовать их для проверки существующих моделей процессов в зазоре диода на адекватность.

Литература

4. Зимин В.П. Анализ концепции построения и исследования фазовых портретов экспериментальных и модельных распределений параметров низкотемпературной плазмы // Известия ТПУ. – 2014. – Т. 325. – № 2. – С. 7–14.
5. Пискунова Т.А. Оценка отклонения состояния дуговой плазмы термоэмиссионного диода от термодинамического равновесия / Т.А. Пискунова Т.А., В.П. Зимин // Молодёжь и современные информационные технологии: Сборник трудов XI Междунар. научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Томск, 2013. – С. 99–101.
6. Zimin V.P. Burning condition for a plasma layer of a cesium arc with volume recombination // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – № 3/2. – С. 36–39.
7. Низковольтная дуга в термоэмиссионных преобразователях. / Ф.Г. Бакшт, Г.А. Дюжев, И.Л. Коробова и др. // ЖТФ. – 1968. – Т. 38. – Вып. 7. – С. 1075–1094.
8. Термоэмиссионные преобразователи и низкотемпературная плазма/ Бакшт Ф.Г. и др. – М.: Наука, 1973. – 480 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ФИНАНСОВЫХ ПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ БАРЬЕРНЫХ ОПЦИОНОВ

Фатьянова М.Э., Семенов М.Е.
Томский политехнический университет
mef1@tpu.ru

Введение

Производные финансовые инструменты (фьючерсы, опционы) являются механизмами для управления рыночными рисками, в связи с этим оценивание стоимости этих инструментов является актуальной экономическо-математической задачей. Покупка опциона для инвестора это возможность переложить риск на продавца опциона. Для более эффективного управления рисками инвестор может использовать стратегии, основанные на сочетании безрисковых активов и производных финансовых инструментов (фьючерсы, опционы). Такую комбинацию финансовых инструментов с разным уровнем риска будем называть структурированным продуктом (СП), потенциальная доходность по которому выше банковского депозита [1].

Теоретическая часть

Для европейских опционов на продажу или покупку («put» и «call») можно использовать модель Блэка-Шоулза, которая является аналитической формулой. Для нахождения стоимости опционных стратегий необходимо использовать уже численные процедуры.

Цель данной работы – моделирование структурированного финансового продукта со встроенными барьерными опционами класса «knock-in» и «knock-out». Для оценки стоимости опционной составляющей СП использован экономико-математический метод Монте-Карло. Под *опционом* будем понимать договор, по которому потенциальный покупатель или продавец актива (товара, ценной бумаги) получает право, но не обязательство, совершить покупку или продажу данного актива по заранее оговорённой цене в определённый договором момент в будущем.

Барьерными называются опционы, доход по которым зависит от того, превысит ли цена базового актива за определенный период времени заранее установленный уровень (барьер). Для класса опционов «knock-in» существует барьер, при достижении которого опцион «включается» и как следствие выполняются условия по СП. Соответственно, для опционов класса «knock-out» существует барьер, при достижении которого опцион перестает существовать («выключается»), т. е. его владелец теряет все связанные с ним права и, как следствие, выполняются условия по СП [2]. В соответствии с методом Монте-Карло стоимость опциона – это дисконтированное значение математического ожидания выплаты по опциону, рассчитанное при ожидаемой доходности базового актива, равной безрисковой ставке [3]. Это достаточно универсальный подход, который позволяет

оценивать стоимость стандартных и экзотических опционов. Следует отметить, что экономико-математический метод Монте-Карло не подходит для оценки американских опционов с возможностью досрочного истечения.

Приведем основные формулы для моделирования СП.

Величина, равная отношению доходности СП к доходности базового актива называется коэффициентом участия и рассчитывается по формуле:

$$PR = E \cdot Q / S \quad (1)$$

где E – цена начала участия опциона, Q – количество встроенных опционов, S – сумма инвестиций. Количество опционов, встраиваемых в продукт, определяется по формуле:

$$Q = (S \cdot (1 - K) - D) / V_B \quad (2)$$

$$\text{Сумма, размещаемая на депозит} \\ D = S \cdot G \cdot \{\exp(-R \cdot T)\} \quad (3)$$

где K – это комиссия, G – степень гарантии возврата капитала, V_B – оценка стоимости опциона методом Монте-Карло. Сумма, направленная на покупку опционов:

$$S_{opt} = S - D \quad (4)$$

$$\text{Формула доходности по депозиту} \\ Dd = T \cdot rd \cdot 100\% \quad (5)$$

где rd – депозитная ставка. Формула выплат доходности по СП:

$$Dsp = \max\{r\%, r + PR \cdot (P_1 - P_s) / P_s\} \quad (6)$$

где P_1 – значение базового актива в момент истечения срока СП; P_s – текущая цена базисного актива; r – минимально гарантированная доходность СП, которая заранее фиксируется в договоре.

Иллюстративный расчетный пример №1

Предположим, что инвестор прогнозирует рост цены базового актива и готов принять дополнительные риски для увеличения доходности в случае реализации прогноза.

Для реализации этой идеи инвестор может построить СП со встроенными барьерными опционами call «knock-out». Пусть $P_s = E = 125$ руб.; $G = 100\%$; $D = 1$ млн. руб., риск базового актива $\sigma = 30\%$; $T = 1$ год.

Инвестор, приобретая СП, через год получит доход, только в случае, если за этот период цена базисного актива не достигнет барьерной цены B . В противном случае инвестор вернет только сумму первоначально инвестированных средств.

Установим барьер на уровне $B = 115$ руб. Используя метод Монте-Карло получим стоимость опциона $V_B = 14,45$ руб. [4]. Согласно формуле (3) инвестор размещает на депозит сумму 932 393,82

руб. Тогда для покупки опционов по формуле (4) остается 67 606,18 руб. и инвестор может купить 4 679 барьерных опционов call «knock-out». По формуле (1) получаем, что $PR = 58,48\%$.

Стоимость обычного опциона «call», рассчитанная по формуле Блэка-Шоулза, составляет 19,01 руб. Коэффициент участия по СП с таким опционом составил 44,45%. Легко заметить, что за счет меньшей стоимости барьерных опционов для них PR больше в 1,32 раза.

Таким образом, инвестор приобрел СП со встроенными «knock-out» опционами, через год он получит доходность, аналогичную доходности простейшего СП (депозит + европейские опционы «call»), только в случае, если цена базового актива за срок продукта не достигнет заранее установленной в договоре барьерной цены B .

Если цена акции в дату погашения СП составит $P_T = 130$ рублей и при этом ни разу не пробьет барьер $B = 115$ руб., инвестор получит по СП:

$$Dsp = 58,48\% \cdot (130 - 125) / 125 = 2,34\%$$

В случае инвестирования в простейший продукт, инвестор получит согласно формуле (6) только:

$$Dsp = 44,45\% \cdot (130 - 125) / 125 = 1,78\%$$

Если базовый актив пробьет установленный барьер B , то на момент погашения продукта инвестор получит назад только первоначально инвестированную сумму. Несложно заметить, что если P_T составит менее 125 рублей, то неважно, была ли достигнута барьерная цена или нет, инвестор в любом случае получит нулевую доходность, аналогично инвестированию в простейший продукт.

Иллюстративный расчетный пример №2

Предположим, что клиент также ожидает роста цены базового актива и готов принять на себя дополнительные риски для увеличения доходности в случае реализации своего прогноза. Как один из вариантов мы можем предложить данному клиенту продукт со встроенными барьерными опционами «call knock-in».

Зададим снова параметры расчетов. Пусть $E = 125$ руб.; $G = 100\%$; $P_s = 125$ руб.; риск базового актива $\sigma = 30\%$; $T = 1$ год.

Инвестор, приобретая СП, через год получит доходность, только в случае, если цена базового актива за срок продукта T достигнет заранее установленной в договоре барьерной цены BI (барьера). В противном случае инвестор получит назад всю сумму первоначально инвестированных средств.

Установим барьер на уровне $BI = 135$ руб. При этом наблюдать за ценой базового актива с целью определения пробития барьера будем непрерывно в течение периода действия продукта. Используя оценку опционов «call knock-in» методом Монте-Карло получим стоимость барьерного опциона $V_{BI} = 18,9$ руб. Согласно формуле (3) инвестор размещает на депозит сумму 932 393,82 руб. Тогда для покупки опционов по формуле (4) остается

67 606,18 руб. При этом инвестор может купить 3 577 барьерных опционов call «knock-in». По формуле (1) получаем значение $PR = 44,72\%$.

Стоимость обычного опциона «call», рассчитанная по классической формуле Блэка-Шоулза, составляет 19,01 руб. Коэффициент участия по СП с таким опционом составил 44,45%. При этом разница в значении коэффициента участия PR , вычисленной по методу Монте-Карло и формуле Блэка-Шоулза составляет всего 0,27%.

Таким образом, инвестор приобрел СП со встроенными «knock-in» опционами, через год он получит доходность, аналогичную доходности простейшего СП, только в случае, если цена базового актива за срок продукта достигнет заранее установленной в договоре барьерной цены BI .

Если на момент погашения $P_T = 130$ руб. и базовый актив не пробил барьер $BI = 135$ руб., то инвестор вернет только инвестированную сумму. В то время как в случае инвестирования в простейший продукт, инвестор получит согласно формуле (6): $Dsp = 44,45\% \cdot (130 - 125) / 125 = 1,78\%$. Если за период действия продукта базовый актив достигнет цены 135 руб., но на момент погашения цена оказалась равной 130 руб., то по формуле (6) инвестор получит доходность, равную:

$$Dsp = 44,72\% \cdot (130 - 125) / 125 = 1,79\%$$

что ненамного больше, чем по стандартному продукту.

Отметим, что если цена базового актива P_T составит 135 рублей и выше, барьер в любом случае будет пробит, и разница в доходностях по сравниваемым продуктам уже будет существеннее, что немаловажно для инвестора.

Заключение

Основное достоинство барьерных опционов в том, что они всегда дешевле обычных. Такие характеристики делают их более выгодными по сравнению со стандартными опционами, что приводит к снижению стоимости барьерных опционов, а, следовательно, повышается коэффициент участия по структурированному продукту. В данной работе для оценки опционов методом Монте-Карло использована программа Exotic Options Calculator [4].

Литература

1. Сундукова О.А. Понятие и сущность структурированных финансовых продуктов // Теория и практика общественного развития. – 2012. – № 11. – с. 328-330.
2. Вайн С. Опционы: Полный курс для профессионалов. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 466 с.
3. Расчет цен опционов методом Монте-Карло [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/997/77997/files/sbornik_BT_3.pdf, свободный.
4. Exotic Options Calculator [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.mgsoft.ru, свободный.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ ИЗОБРАЖАЮЩИХ ВЕКТОРОВ

А.В. Пономарева, Ю.Н. Шалаев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30
apon1993@gmail.com

Введение

Оценка параметров динамической системы производится по виду переходного процесса. Для этого по графику переходного процесса находится весовая функция:

$$w(t) = \frac{dh(t)}{dt}.$$

Для того чтобы найти количество подынтервалов, на которых находятся корни весовой функции, вводится параметр c . По результатам многочисленных исследований принимают $c = 2$.

По виду передаточной функции производится оценка конструктивных параметров m и n .

Данное исследование производится по методу изображающих векторов [1].

Оценка параметров динамической системы

С помощью метода изображающих векторов произведем оценку параметров динамической системы [2].

Для достижения данной цели поставим следующие задачи:

- необходимо найти формальную структуру рассматриваемой модели,
- найти конструктивные параметры объекта управления,
- найти параметры модели системы управления.

Опишем формальную структуру системы управления:

$$\sum_{i=0}^n a_i \frac{d^{n-i}}{dt^{n-i}} y(t) = \sum_{j=0}^m b_j \frac{d^{m-j}}{dt^{m-j}} u(t),$$

где $y(t)$ – выходной сигнал системы, $u(t)$ – входной сигнал системы.

Оператор идентификации объекта управления имеет вид передаточной функции и записывается с помощью следующего выражения:

$$W(p) = \frac{B(p)}{A(p)}.$$

Для нахождения параметров передаточной функции поставим следующую задачу: произведем оценку конструктивных параметров системы с помощью метода изображающих векторов, а именно n – порядка характеристического уравнения, m – порядка числителя передаточной функции, а также $a_i (i = \overline{0, n-1})$ и $b_j (j = \overline{0, m})$.

Переходному процессу $h(t)$, проходящему в системе, поставим в соответствие вектор $H = \{h_1, h_2, \dots, h_p\}$, где p – порядок полинома Чебышева.

Пользуясь методом изображающих векторов, запишем аналитическую зависимость переходного процесса в виде полинома порядка p :

$$h(t) = (H, T(t)).$$

Из данной аналитической зависимости можно найти время переходного процесса.

Найдем весовую функцию системы при помощи следующего соотношения:

$$w(t) = \frac{d}{dt} h(t).$$

С помощью метода изображающих векторов данное выражение запишется следующим образом:

$$w(t) = (w, T(t)).$$

Оценим величину m – порядок числителя передаточной функции – количество подынтервалов, на которых находятся корни весовой функции $w(t)$. Для этого вводится константа $c > 1$ и используется соотношение:

$$w(t) \cdot w(tc) < 0.$$

С помощью интеграла Лапласа, находится вид оператора системы управления $W(g)$:

$$W(g) = \frac{b_m g^m + b_{m-1} g^{m-1} + \dots + b_1 g + b_0}{g^n + a_{n-1} g^{n-1} + \dots + a_1 g + a_0},$$

где g – вещественная переменная.

Оценим конструктивные параметры m и n , используя интеграл Лапласа [3] и предельное соотношение:

$$\lim_{g \rightarrow \infty} \frac{W(g)}{W(c \cdot g)} = c^{-n-m}$$

Пренебрегая слагаемыми меньшего порядка малости по сравнению со слагаемыми, имеющими больший порядок знаменателя и числителя, находится оценка конструктивных параметров:

$$n-m = \frac{\ln c^{n-m}}{\ln c}.$$

Мантиссу полученного числа округляем до единицы и прибавляем к целой части.

Таким образом решается задача оценки параметров n и m .

Для нахождения a_i и b_j необходимо решить следующую систему алгебраических уравнений:

$$g_k^n W(g_k) + W(g_k) \sum_{i=0}^{n-1} a_i g_k^i - \sum_{j=0}^m b_j g_k^j = 0,$$

где $k = \overline{0, n+m+1}$.

После того, как найдены параметры n , m , a_i , b_j , можно записать передаточную функцию системы.

Отметим, что переходный процесс $h(t)$ может быть на выходе нестационарной и нелинейной динамических систем. Но данный метод оценки параметров динамических систем может быть использован для аппроксимирования этой системы передаточными функциями линейных динамических систем.

Сдвиг функции во временной области

Рассмотрим функцию $f(t)$. Для сдвига данной функции во временной области [4] введем оператор сдвига B_k , причем

$$B_k(t) = f(t+k),$$

где k – величина, на которую сдвигается функция во временной области.

Используя известное соотношение [5] $L\{f(t+k)\} = e^{sk}F(s)$, можно найти вид величины B_k :

$$B_k = e^{Dk},$$

где D – это матрица дифференцирования [1].

Представив матричную экспоненту в виде матричного ряда, получим следующее выражение:

$$e^{Dk} = E + \sum_{i=1}^n \frac{k^i D^i}{i!}.$$

Изменив знак k , можно получить оператор сдвига функции в другом направлении.

Использование метода на примере

Рассмотрим процесс, заданный следующей функцией:

$$W(p) = \frac{1}{0,07p^3 + 0,09p^2 + 0,06p + 0,00001}.$$

В данном случае время переходного процесса $t_p = 3$ секунды.

Используя значения функции в нулях полинома Чебышева, умноженные на время переходного процесса, составляем изображающий вектор:

$$h = \begin{pmatrix} 0,211 \\ 1,330 \\ 5,282 \\ 10,352 \\ 13,310 \\ 14,366 \end{pmatrix}.$$

При помощи следующей формулы находим точечный изображающий вектор:

$$H = \frac{2}{p} Q^T \cdot h,$$

где Q – интерполяционная матрица [1].

Найдем весовую функцию, для этого необходимо продифференцировать $h(t)$. Воспользуемся следующей формулой:

$$\omega = D \cdot H,$$

где D – матрица дифференцирования [1].

$$\omega = \begin{pmatrix} -8,369 \\ 0,020 \\ 3,792 \\ 1,240 \\ -0,300 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Найдем вид весовой функции при помощи скалярного произведения данного вектора на вектор полиномов Чебышева. Получим следующий результат:

$$\omega(t) = -1,167 - 43,096t + 41,856t^2 + 37,12t^3 - 38,4t^4.$$

При $g = 1$ и $c = 2$, используя интеграл Лапласа [6], произведем оценку $n-m$:

$$\frac{\int_0^p \omega(t) \cdot e^{-g \cdot t} dt}{\int_0^p \omega(t) \cdot e^{-c \cdot g \cdot t} dt} \approx \frac{0}{\ln 2} \approx 2,964$$

В результате было получено число 2,964. Так как расчеты оценочные, то округляем до 3. Действительно, мы получили верный результат, так как степень числителя равна 0, а знаменателя – 3, то есть получили $3 - 0 = 3$, что является верным тождеством. Таким образом, данный алгоритм дает решение поставленной задачи: проводится оценка конструктивных параметров динамической системы по виду переходного процесса.

Вывод

С помощью оператора сдвига можно оценить количество нулей передаточной функции исследуемой динамической системы. По полученным данным (конструктивным параметрам и коэффициентам) можно записать передаточную функцию исходной системы. Данный метод был проверен на практике и дает верные результаты, из чего можно заключить, что метод является эффективным.

Литература

1. Шалаев Ю.Н. Моделирование нестационарных динамических систем методом изображающих векторов // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – №7. – с. 44-47.
2. Березняк О.В., Шалаев Ю.Н. Оценка конструктивных параметров объекта управления // Современные техника и технологии: Сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – т. 2 – Томск, 12-16 апреля 2019. – Томск: ТПУ, 2010. – с. 293-295.
3. Научная библиотека избранных естественно-научных изданий [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://edu.alnam.ru/book_z_math2.php?id=158, свободный.
4. Шалаев Ю.Н. Моделирование сдвига функций во временной области методом изображающих векторов // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323. – №5. – с. 33-36.
5. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1972. – 768 с.
6. Высшая математика [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.mathprofi.ru/>, свободный.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ В СРЕДЕ COMSOL

Д.Г. Солтанова, П.Ф. Баранов
Томский политехнический университет
dgs1@tpu.ru

Введение

В настоящее время экологическая обстановка в морях и океанах требует постоянного наблюдения и контроля. В связи с этим актуальной является проблема разработки точных методов и средств поиска, отслеживания и изучения подводных трубопроводов, кабелей и других объектов [1].

Тело, находящееся под водой, изменяет естественное магнитное поле Земли, создавая его аномалию. Эту информацию используют для обнаружения подводных объектов различные поисковые установки.

Различают активные и пассивные методы поиска. Активными методами являются индукционный (поиск объектов из металла) и радиолокационный (поиск как металлических, так и немагнитных объектов). К пассивным методам относят магнитометрический метод, предназначенный для поиска объектов из ферромагнетиков [2].

При отсутствии протекающего тока в ферромагнитных объектах определение объекта может быть осуществлено с помощью измерения магнитной индукции.

Для создания прецизионных средств поиска подводных объектов необходимо иметь представление о характере изменения магнитной индукции в зависимости от формы объекта и расстояния до него. Моделирование подобных условий возможно с помощью среды COMSOL Multiphysics.

В данной работе описана модель, позволяющая произвести оценку влияние ферромагнитного объекта на естественное магнитное поле Земли.

Моделирование

Трёхмерная модель, созданная в программе COMSOL Multiphysics состоит из ферромагнитного объекта, помещенного в прямоугольный параллелепипед (водное пространство). Модель позволяет вычислить значение магнитной индукции в каждой точке пространства. Моделирование осуществляется следующим образом.

Ввод параметров

Размеры объекта и окружающей его области указаны в таблице 1.

Таблица 1. Параметры модели

Параметр	Значение
Общая длина	32 м
Радиус	2,5 м
Длина хвостовой части	7 м
Радиус хвостовой части	1 м
Высота башни	1,5 м

Продолжения таблицы 1. Параметры модели

Параметр	Значение
----------	----------

Большая полуось башни	2.5 м
Малая полуось башни	0.625 м
Ширина параллелепипеда	50 м
Длина параллелепипеда	100 м
Геомагнитное поле Земли	50 мкТ

Создание геометрии

Учитывая указанные в таблице 1 параметры, был создан эскиз профиля подводного объекта на первом рабочем плане и с помощью команды «Revolve» получена трехмерная фигура. Затем на втором рабочем плане был задан эллипс (основание башни), вытянутый на высоту 1,5 м с помощью команды «Extrude». После этого корпус и башня были объединены в один блок.

Водное пространство было создано в виде параллелепипеда согласно параметрам таблицы 1 таким образом, чтобы созданный объект оказался в центре пространства (Рис. 1).

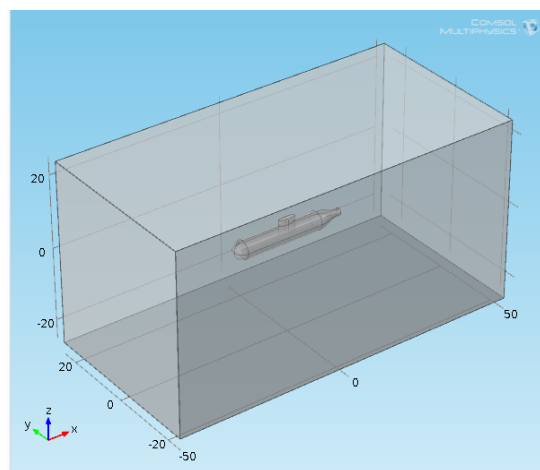


Рис. 1. Геометрия модели

Выбор материала

Для объекта выбран материал «Iron», для параллелепипеда – «Water».

Задание физики

Было задано фоновое магнитное поле, соответствующее магнитному полю Земли. Для этого выбрана категория магнитных полей без тока и в поле фонового магнитного поля задано значение вектора напряженности магнитного поля H_b в А/м по трем осям: для осей x и y – нулевые значения, для оси z – значение « g_b/μ_0_const », где g_b – значение индукции геомагнитного поля Земли, μ_0_const – магнитная постоянная μ_0 .

Магнитная индукция задана через ввод значения относительной магнитной проницаемости μ_r .

Относительная магнитная проницаемость воды равна единице.

Построение сетки

Для построения сетки была выбрана обычная сетка с максимальным размером элемента 5 м и коэффициентом изгиба 0,4. После построения сетки программой производится вычисление магнитной индукции во всех точках модели.

Представление результатов

После завершения вычислений необходимо определить способ отображения результатов. Для трехмерного графика модуля магнитной индукции в плоскости под объектом выбран вид графика «Slice», вид плана «xy-plane» и координаты оси z «-15 м». Чтобы построить векторы тангенциальной магнитной индукции выбран вид графика «Arrow surface» и заданы выражения «Tangential magnetic flux density (mfnc.tBx, ..., mfnc.tBz)», полученные графики представлены на рис. 2.

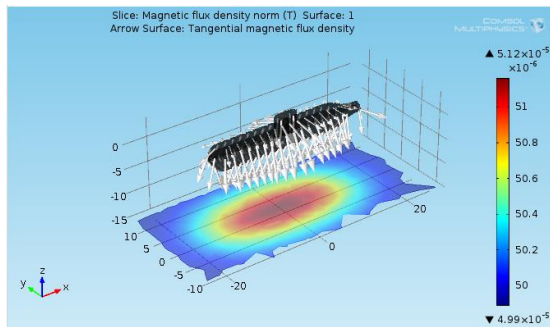


Рис. 2. График модуля магнитной индукции в слое -15 м и график тангенциального магнитного поля

Для оценки распределения магнитной индукции вдоль каждой из трех осей были построены графики зависимости магнитной индукции от расстояния. Для сечения по оси x была построена линия «Cut line 3D», с координатами начальной и конечной точек, и выбран тип графика «Line graph». Полученный график представлен на рис. 3.

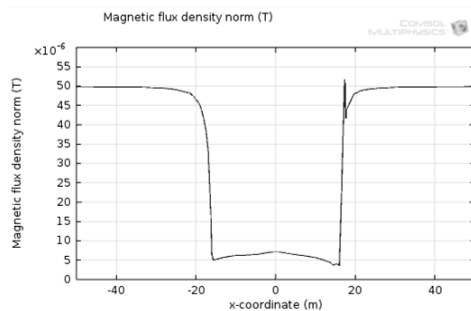


Рис. 3. Распределение магнитной индукции по оси x

Аналогично построены графики по оси y и z, приведенные на рис. 4 и 5 соответственно.

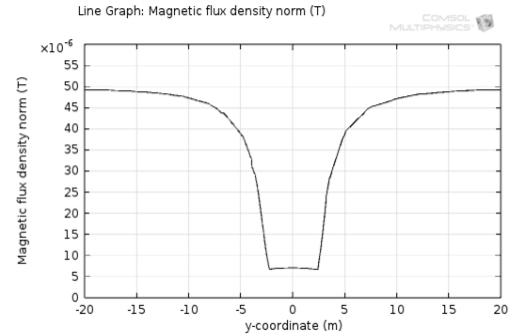


Рис. 4. Распределение магнитной индукции по оси y

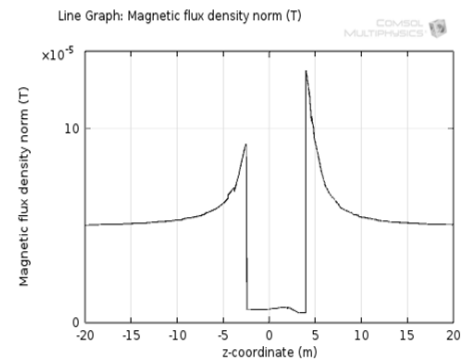


Рис. 5. Распределение магнитной индукции по оси z

По графикам наблюдаем уменьшение магнитной индукции при приближении к объекту, начиная с расстояния 20 м.

Заключение

Исходя из данных, полученных в результате расчета модели, можно сказать, что естественное магнитное поле Земли заметно изменяется вблизи металлического объекта. На расстоянии 20 м от объекта различие составляет примерно 1 мкТ. В зависимости от области применения поисковых приборов предъявляются разные требования к их точности. Таким образом, разрабатывая прибор, необходимо определить максимально допустимую дистанцию обнаружения объекта, приемлемый порог чувствительности и погрешность прибора.

Литература

1. Способ обнаружения и отслеживания электропроводного протяженного подводного объекта с борта подводной поисковой установки [Текст]: пат. 2136020 РФ. G01V3/00 / Агеев М.Д.; заявл и пат-ль Инст-т проблем морских техн-й Дальневост. Отдел-я РАН. - заявл 03.07.1998; опубл. 27.08.1999.
2. Щербаков Г.Н., Анцелевич М.А. Выбор электромагнитного метода зондирования для поиска объектов в толще укрывающих сред // Специальная техника. 2005. URL: <http://www.ess.ru>

ПРИМЕНЕНИЕ ОНТОЛОГИЙ В СКОРИНГОВЫХ СИСТЕМАХ КРЕДИТОВАНИЯ

А. Ю. Кайда, А. В. Черный, А.Ф. Тузовский
Томский политехнический университет
anastasiakaida@gmail.com

Введение

В 1941 г. Дэвид Дюран впервые применил методику классификации кредитов на «хорошие» и «плохие». Он определил не только группы факторов, позволяющие максимально определить степень кредитного риска, но и коэффициенты, характеризующие кредитоспособность частного клиента [1]. Однако учитывая только статистику с 1991 г. лавинная доля банков прекратила свое существование, обанкротившись [2].

Методика Дюрана, породившая применение скоринговых карт, не исключает тот факт, что сами карты не позволяют представить полную картину о заемщике, а лишь дают базовые представления, которые могут привести к тому, что кредит выдан неплатежеспособному по тем или иным причинам клиенту банка. Классическая система работает таким образом: правильно заполненная анкета отправляется из подсистемы хранения в подсистему анализа, где подвергается нескольким этапам проверки. Такими этапами являются стоп-факторы, черные списки, скоринг и проверка кредитной истории [3]. Сокращение процента «плохих» кредитов возможно за счет увеличения количества различных факторов, влияющих на принятие решения банком. С попыткой решения этой проблемы возникает лавинообразный рост обрабатываемых объемов данных на фоне стремительного увеличения уровня загрузки систем хранения. Происходит «обрастание» конкретного лица различного рода факторами и критериями, некоторые из которых хоть и являются неявными, но вполне очевидными и важными. Для того чтобы извлечь из имеющейся информации максимум пользы, а также сделать данные более связанными и согласованными необходима более гибкая, связанная и распределенная модель данных. Именно такими преимуществами перед реляционными базами данных и обладает онтология. Также она позволяет учесть не только явные, но и неявные критерии путем логического вывода в запросах и ряда характеристик свойств.

Методы повышения точности скоринговых систем за счет онтологий

■ Онтология, также называемая семантической моделью, формализует знания в виде иерархии понятий в области определения, используя обширный словарь для обозначения типов, свойств и взаимосвязи этих понятий [4]. Главное ее преимущество — это представление

объектов реального мира в форме, доступной для машинного распознавания. Для решения этих задач используется язык OWL (Ontology Web Language) — стандарт W3C. Основой данного языка является представление данных в виде «объект-свойство»[5].

■ На сегодняшний день SQL остаётся единственным механизмом связи между прикладным программным обеспечением и базой данных. Архитектура системы предусматривает перенос данных из базы данных в онтологию посредством интеграционного модуля, основной принцип работы которого показан на рисунке 1. Каждый столбец в базе является свойством определенного понятия, а каждая строка — экземпляром [6].

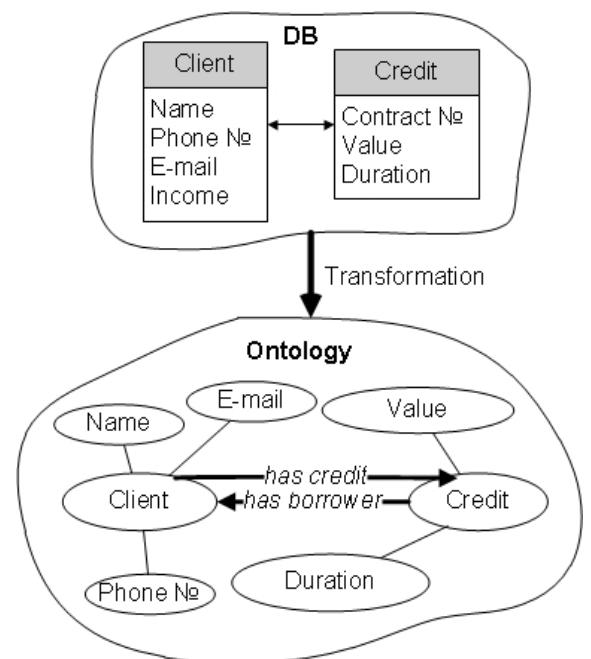


Рис. 1. Интеграционный модуль

Критерии и правила

Помимо явных критериев при одобрении кредита для конкретного заемщика предложена концепция использования также неявных критериев. Примером необходимости такого критерия может служить заемщик, постоянно меняющий место работы. Какова вероятность того, что он, взяв кредит сегодня, не оставит свое рабочее место завтра? Насколько важно учитывать тот факт, что некоторый заемщик при отсутствии высшего образования имеет высокооплачиваемую работу, однако работает на сомнительную организацию и

по определению не может рассматриваться как востребованный на рынке труда сотрудник?

Еще одной необходимостью являются комплексные критерии. Данные критерии создаются на основе положительных тенденций после многочисленного повторения одного и того же случая или модели поведения заемщика. Примером могут служить наличие богатого родственника или сезонный «кризис» работников сферы туризма и фермеров. Такого рода критерии способны значительно расширить возможности грамотной оценки платежеспособности заемщика.

Еще одной особенностью данной разработки являются неявные критерии, которые, в свою очередь, выявляются посредством анализа всех прошедших через банк клиентов, как успешно взявших кредит, так и получивших отказ. В каждой из двух групп имеются характерные, устойчивые тенденции, не являющиеся, как правило, четко прописанным пунктом традиционной скоринговой карты, однако их выявление позволит с большей точностью определять надежность заемщика. При большом числе повторений этой тенденции в одной группе и критически низком — в другой можно будет определить ее как неявный критерий для той или иной группы заемщиков.

Все это необходимо идентифицировать и зафиксировать для улучшения планирования стратегии банка. Использование языков правил SWRL [7] и RIF [8] специфицирует условия и ситуации, что дает кредитору представление о платежеспособности заемщика более точно, чем классическая скоринговая карта. SWRL — семантический язык правил, использующий логические правила вкупе с OWL DL. Также он имеет обширный перечень встроенных модулей [9] для создания более сложных структур. Простейший пример правил показан в формулах (1) и (2).

$$\text{Person}(?x)^{\text{isInBlackList} = 1} \rightarrow \text{UnreliablePayer}(?x) \quad (1)$$
$$\text{Person}(?x)^{\text{hasCredit}(?x, ?c)} \cap \text{Credit}(?c)^{\text{is}(?c, \text{UnrepaidLoan}(?c))} \rightarrow \text{UnreliablePayer}(?x) \quad (2)$$

Особенности разрабатываемой онтологии

1. Привязка онтологии ко времени для возможности наблюдать за изменениями в режиме реального времени и выявления определенных тенденций. Применяется стандарт W3C — OWL-Time [10].
2. Использование семантических языков правил для закрепления выявленных закономерностей и возможности их распознавание системой. Модуль обработки правил.
3. Взаимодействие с социальными сетями. Концепция создания собственного классификатора на основе Наивного Байесовского Классификатора

(Naive Bayes) [11], использующего для анализа в качестве исходного материала хештэги и авторские комментарии.

4. Аннотационный модуль, дающий возможность дополнить онтологию информацией на естественном языке для понимания пользователя.

5. Обмен информацией между банками и ограничение доступа к данным различных групп лиц.

Заключение

На данном этапе разработка проводится и тестируется в условиях лаборатории. В дальнейшем планируется внедрение системы в режиме бета-теста в один из банков. На данный момент имеются несколько заинтересованных финансовых учреждений.

Литература

1. Модель кредитного скоринга Дюрана [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://afdanalyse.ru/publ/finansovyj_analiz/1/model_kreditnogo_skoringa_djurana/16-1-0-140, свободный
2. Прекратившие существование банки [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.banki.ru/banks/memory/>, свободный
3. Компоненты кредитно-скоринговой системы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.basegroup.ru/solutions/case/banks/system_components/, свободный
4. T.Gruber(June 1993). "[A translation approach to portable ontology specifications](#)" (PDF). [Knowledge Acquisition](#) 5(2):199–220.[doi:10.1006/knac.1993.1008](#).
5. Allemang D., Hendler J., Semantic Web for The Working Ontologist Modeling in RDF, RDFS and OWL – Morgan Kaufmann Publishers, 2008. - pp. 14-50.
6. Beaulieu, Alan (April 2009). Mary E Treseler, ed. Learning SQL (2nd ed.). Sebastapol, CA, USA: O'Reilly. ISBN 978-0-596-52083-0.
7. SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>, свободный
8. RIF Overview (Second Edition) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/rif-overview/>, свободный
9. Built-ins for SWRL [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.daml.org/2004/04/swrl/builtins.html>, свободный
10. Time Ontology in OWL [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/owl-time/>, свободный
11. A. Pak, P. Paroubek: Twitter as a Corpus for Sentiment Analysis and Opinion Mining, The International Conference on Language Resources and Evaluation, 2010.

РАЗРАБОТКА ОПТОВОЛОКОННОГО ДАТЧИКА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Е.С. Василевская, В.Ю. Казаков
Томский политехнический университет
paiper@sibmail.com

Введение

В настоящее время велика потребность в измерении малых длин. Примерами данного измерения являются контроль деформации, точность механической обработки, точное позиционирование.

Для измерения малых длин существует большое количество методов, например, емкостные, индуктивные, вихретоковые и др [1]. Однако у данных методов есть существенный недостаток – все они подвержены воздействию электромагнитных помех. Хорошей альтернативой являются оптические методы измерения малых перемещений. Однако применение классических оптических методов затрудняет их сложность и дороговизна.

Развитие оптоволоконной и лазерной технологий позволило удешевить элементную базу и повысить их доступность, что дало возможность использовать данные технологии повсеместно.

В данной работе представлен теоретический анализ волоконно-оптического интерферометра Фабри-Перо [2]. На рисунке 1 показана схема датчика малых перемещений, построенного на его основе [3].

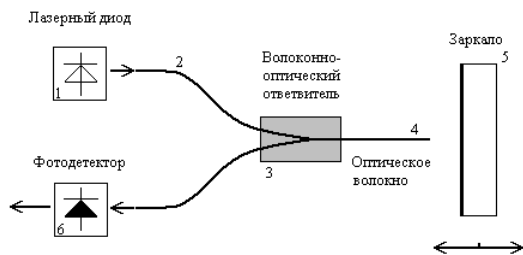


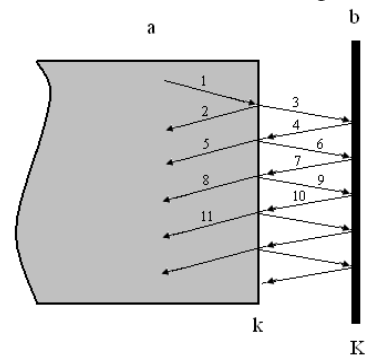
Рис. 1. Схематическое изображение датчика малых перемещений

Его принцип действия заключается в том, что излучение лазерного диода 1 вводится в оптоволоконно 2 и через ответвитель 3 передается на волокно 4. При прохождении излучения через торец волокна (рисунок 2), часть отражается от него, а остальная часть высвечивается в воздух. После отражения от зеркала 5 излучение возвращается обратно в волоконный световод. Луч, отраженный от торца, интерферирует с лучом, отраженным от зеркала, и на фотоприемнике 6 регистрируется интенсивность излучения.

Рассмотрим случай многолучевой интерферометрии, при котором коэффициент отражения зеркала равен K , а торца волокна – k . При этом торец оптоволоконна и зеркало образуют интерферометр Фабри-Перо.

От расстояния между торцом волокна и зеркалом x_0 будет зависеть интенсивность света, отражаемого этим интерферометром обратно в волокно.

Схема интерферометра изображена на рисунке 2. Пусть в волокне интенсивность света будет I_0 (участок 1), тогда от торца волокна отразится $I_0 \cdot k$ (участок 2) интенсивности. Интенсивность света, прошедшего в зазор интерферометра будет равна $I_0 \cdot (1-k)$ (участок 3). От зеркала отразится $I_0 \cdot (1-k) \cdot K$ (участок 4), обратно в волокно попадет $I_0 \cdot (1-k)^2 \cdot K$ (участок 5) и т. д. Видно, что лучи при переотражении будут проходить в волокно с уменьшающейся интенсивностью. При этом каждый луч будет иметь дополнительный набег фазы φ .



а – оптоволоконно, б – зеркало

Рис. 2. Схема интерферометра

Амплитуды света, отражённого интерферометром Фабри-Перо в волокно рассчитываются по формулам (1), (2), (3) и (4).

$$a_1 = a_0 \sqrt{k} \quad (1)$$

$$a_2 = -a_0 (1-k) \sqrt{K} \exp(-i\varphi) \quad (2)$$

$$a_3 = -a_0 (1-k) \sqrt{K} \sqrt{Kk} \exp(-2i\varphi) \quad (3)$$

$$a_4 = -a_0 (1-k) \sqrt{K} \sqrt{(Kk)^2} \exp(-3i\varphi) \quad (4)$$

Тогда интенсивность света, отражённого интерферометром Фабри-Перо в волокно будет определяться по формуле (5).

$$I_n = I_0 \left| \sqrt{k} - \frac{(1-k)\sqrt{K}}{\exp(i\varphi) - \sqrt{Kk}} \right|^2, \quad (5)$$

где φ – набег фазы световой волны за один обход интерферометра Фабри-Перо (т.е. от волокна к зеркалу и назад).

Набег фазы определяется по формуле (6).

$$\varphi = \frac{4\pi}{\lambda} x_0 \quad (6)$$

Коэффициент отражения торца волокна равен френелевскому коэффициенту отражению на границе стекло-воздух $k=0.04$.

На рисунке 3 изображена кривая изменения интенсивности света отражённого интерферометром, образованного торцом волокна (стекло) $k=0,04$ и зеркалом $K=0,99$ в зависимости от набег

фазы интерферирующих лучей. При смещении зеркала на четверть длины волны значение ϕ будет составлять π . Из рисунка 3 ясно, что интенсивность света принимает минимальное значение при $\phi=2\pi n$, где $n=0,2,4\dots$. Интенсивность света принимает максимальное значение при $\phi=2\pi(n+1)$.

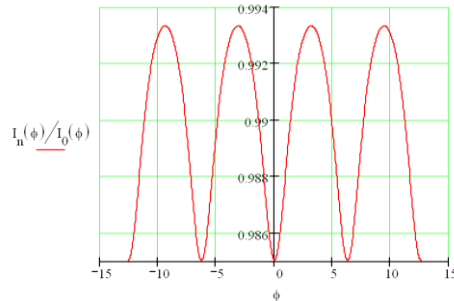


Рис. 3. Кривая изменения интенсивности света

На рисунке 4 представлена зависимость изменения видности (контрастности) интерференционной картины $V(K)=(I_{\max}-I_{\min})/(I_{\max}+I_{\min})$ от изменения коэффициента отражения зеркала K от 0 до 1.

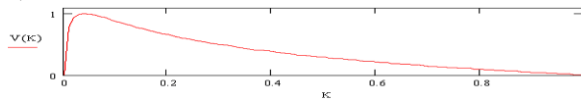


Рис. 4. Зависимость изменения видности (контрастности) интерференционной картины

Интенсивность света $I(K) = (I_{\max} - I_{\min}) / I_0$ в зависимости от коэффициента отражения зеркала K представлена на рисунке 5 (при $I_0=1$).

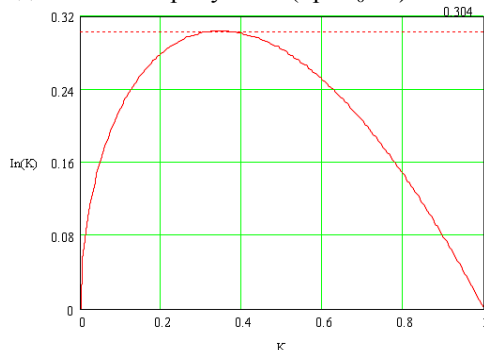


Рис. 5. Кривая изменения интенсивности света

Формулу (5) можно преобразовать к следующему виду:

$$I_n = I_0 \left(1 - \frac{(1-k)(1-K)}{1+kK-2\sqrt{kK}\cos(\phi)} \right) \quad (7)$$

Из формулы (7) видно, что при $K=1$ зеркало будет отражать 100 % света ($I_n=I_0$). На рисунке 6 изображена зависимость интенсивности $I_n(\phi)$ при различных значениях коэффициента отражения зеркала K .

Рисунки 5 и 6 показывают нам, что максимальная контрастность интерференционной картины достигается при коэффициенте отражения зеркала $K \approx 0.05$, однако интенсивность света при данном значении коэффициента примерно в 2 раза меньше максимально возможной.

По формуле (7) определим величину x_0 . Рассчитанное значение ϕ представлено в виде:

$$\phi = \arccos \left(\frac{I_0 - I_n + kK(I_0 - I_n) - (1-k)(1-K)I_0}{2\sqrt{kK}(I_0 - I_n)} \right) \quad (8)$$

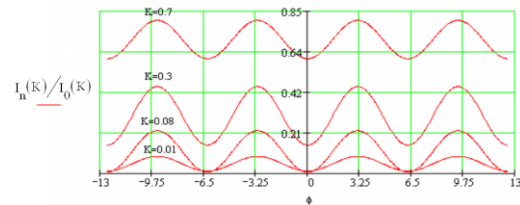


Рис. 6. Кривые изменения интенсивности света

Учитывая формулу (6), можно вывести значение для x_0

$$x_0 = \frac{\lambda \cdot \arccos \left(\frac{I_0 - I_n + kK(I_0 - I_n) - (1-k)(1-K)I_0}{2\sqrt{kK}(I_0 - I_n)} \right)}{4\pi} \quad (9)$$

Формула (9) позволяет определить величину перемещения зеркала x_0 . Однако, следует иметь в виду, что при различных фазах, выходная интенсивность может принимать одинаковые значения (см. рисунок 3). Максимально допустимый сдвиг фаз ϕ , при котором будет произведено корректное измерение интенсивности, будет равен π . Отсюда минимально и максимально возможное перемещение зеркала x_0 (при длине волны 1550 нм) достигает значения 0 нм и 390 нм соответственно. Практически же, минимум определяется пороговой чувствительностью фотоприемника, максимум зависит от способа подсчета максимумов и минимумов.

Заключение

■ Проведен теоретический анализ волоконно-оптического интерферометра Фабри-Перо зависимости расстояния между торцом волокна и зеркалом x_0 от длины волны λ , интенсивности света в волокне I_0 , интенсивности света, отражённого интерферометром Фабри-Перо в волокно, I_n , коэффициентов отражения зеркала K и торца волокна – k . На основе этого можно дать рекомендации для построения интерференционного датчика малых перемещений.

Литература

1. Датчики перемещения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://devicesearch.ru/article/3648> – Загл. с экрана. (дата обращения: 23.05.2014)
2. Волоконно-оптический интерферометр Фабри-Перо [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://physics.nad.ru/sensors/Cyrillic/setup.htm> – Загл. с экрана. (дата обращения: 23.09.2014)
3. Волоконно-оптический интерферометр Фабри-Перо [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://physics.nad.ru/sensors/Cyrillic/interf.htm> – Загл. с экрана. (дата обращения: 23.09.2014)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА В ГАЗЕ (Ar, N₂) НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В ПОЛОМ КАТОДЕ

Нгуен Бао Хынг

Томский политехнический университет

baohung.ng@gmail.com

Введение

Создание новых технологий модификации поверхности и разработка нового эффективного оборудования для ионно-плазменной обработки поверхности материалов и изделий основано на получении низкотемпературной плазмы тлеющего разряда в газе низкого давления с полым катодом большой площади [1, 2].

При тлеющем газовом разряде эмиссия электронов является результатом бомбардировки катода ионами, образующимися в разрядной плазме. Если длина релаксации энергии быстрого электрона ($\lambda = u\lambda$) превышает эффективную ширину камеры $a = 4V/S_c$, то имеет место эффект электростатической ловушки (ЭЭЛ); V и S_c – объем и площадь поверхности полого катода; λ – ионизационный пробег электрона, u – среднее число свободных электронов, образованных на пути быстрого электрона. Разряд отличается от обычного тлеющего разряда, а скорость ионизации быстрыми электронами значительно превышает скорость ионизации плазменными электронами.

В работе с помощью теоретической модели, в которой процесс рождения заряженных частиц в плазме в полым катодом обусловлен быстрыми электронами, получены зависимости напряжения горения разряда от давления и сорта газа, от геометрических размеров полого катода и обрабатываемых деталей.

Теоретическая модель газового разряда в полым катодом

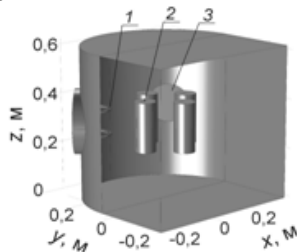


Рис. 1 Модель полого катода; 1 – анод; 2 – образцы; 3 – окно дополнительного разряда

Газовый разряд рассматривается внутри катодной полости, в которой анод (в виде двух трубок общей площадью S_a) располагается на боковой стенке катода (рис. 1), $S_a = 125 \dots 500 \text{ см}^2$, объем полости катода $V_c = 2 \times 10^5 \text{ см}^3$.

Разряд в полым катодом описывается системой уравнений баланса энергии и заряженных частиц, непрерывности тока. В режиме самостоятельного горения основного разряда (дополнительной инжекции электронов) уравнение баланса быстрых электронов имеет вид:

$$\frac{\gamma I_i}{e} + \frac{I_{ext}}{e} = \frac{n_f V v_i}{u} + \frac{S_a}{4} n_f \langle v \rangle. \quad (1)$$

Здесь γ – коэффициент ионно-электронной эмиссии, зависящий от напряжения горения и сорта газа, $I_i = e v_i n_f V$ – ионный ток, $V = (V_c - V_d)(1 - h/2D)$, h – высота анода, V_d – объем деталей, D – длина и диаметр катодной полости, n_f и $\langle v \rangle$ – концентрация и средняя скорость быстрых электронов, $v_i = n_g \sigma_i v$ – частота ионизации, e – заряд электрона. Из уравнения (1) можно получить условие основного разряда в несамостоятельном режиме горения

$$u = \frac{P}{P(\gamma + \delta) - 1}, \quad (2)$$

связывающее безразмерное напряжение горения $u = e U_c/W$ и давление газа $P = (p/kT_e)\sigma_i L$; $L = 4V/S_a$ – эффективная длина катодной полости; W – полные затраты энергии электрона при ионизации газа, $\delta = I_{ext}/I_i$. На рис. 2 показаны зависимости напряжения горения от давления аргона и азота в самостоятельном режиме горения при $I_p = 30 \text{ А}$.

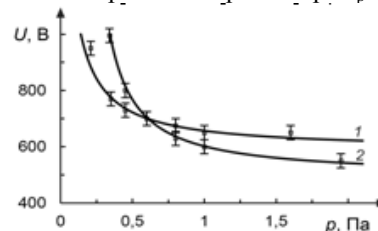


Рис. 2. Зависимость напряжения горения от давления газа: 1 – азот, 2 – аргон, □ – эксперимент [1], линии – расчет

Как следует из соотношения (2), выполнение сохранения плотности ионного тока и напряжения горения осуществляется изменением давления газа и тока внешней инжекции. Дополнительная инжекция электронов в катодную полость позволяет уменьшить напряжения горения разряда, при этом уменьшается энергия, получаемая электроном в катодном слое разряда, и количество проведенных им ионизаций.

Оценить концентрацию плазмы n_i можно в равновесном состоянии из баланса между скоростью ионизации газа быстрыми электронами $\Psi = (I_i/S_c e) \gamma u n_g \sigma_i$ и скоростью потерь заряженных частиц n_i/T_i : $n = (I_i/e)(T_i/S_c \lambda)$, T_i – время выхода ионов на катод. Рассматривая полый катод без деталей ($a = 40 \text{ см}$) при токе самостоятельного режима горения 30 А, напряжении горения 500 В

и давлении газа $p = 0,65$ Па, получим $n_i = 5,4 \times 10^{11} \text{ см}^{-3}$, экспериментальные значения концентрации плазмы в центре полого катода соответственно для аргона $6,7 \times 10^{11} \text{ см}^{-3}$.

Для определения распределения концентрации плазмы, влияния геометрии, размеров деталей, помещаемых в полость катода, использовалось численное исследование с применением гидродинамической модели. Эта модель описывает электронные плотности заряженных частиц (n_e) и их средние энергии (n_ϵ), как функцию времени и пространства [3]. Уравнения переноса электронов (e) и плотности энергии (ϵ) имеют вид:

$$\frac{\partial n_{e,\epsilon}}{\partial t} + \nabla \cdot \Gamma_{e,\epsilon} + E \cdot \Gamma_{e,\epsilon} = R_{e,\epsilon} - \Gamma_{e,\epsilon} = -(\mu_{e,\epsilon} \cdot E) n_{e,\epsilon} - D_{e,\epsilon} \cdot \nabla n_{e,\epsilon}$$

Здесь $\Gamma_{e,\epsilon}$ – потоки электронов и энергии, $\mu_{e,\epsilon}$ – подвижности, E – электрическое поле, $D_{e,\epsilon}$ – коэффициенты диффузии, $R_{e,\epsilon}$ – скорость ионизации и энергетические потери/приобретения из-за неупругих столкновений. Транспортные коэффициенты и коэффициенты разряда, зависящие от функции распределения электронов по энергии, являются входными данными для гидродинамической модели и вычисляются с помощью программы BOLSIG+. Моделирование режимов самостоятельного разряда и разряда с дополнительной инжекцией электронов осуществляется без рассмотрения прикатодной области при выполнении условия непрерывности тока на границах расчетной области.

На рис. 3 для несамостоятельного режима горения разряда показано влияние объема V_d четырех цилиндрических деталей, помещенных в катодную полость, на ток внешней инжекции, потенциал и температуру плазмы. Дополнительная инжекция электронов осуществлялась с поверхности катода при сохранении постоянства плотности ионного тока и напряжения горения (300 В). С увеличением суммарного объема деталей V_d от 0 до $7 \times 10^4 \text{ см}^3$ ($\sim V_c/3$) ток внешней инжекции I_{ext} изменяется от 4 до 7 А. С ростом суммарной площади деталей (количества деталей с тем же V_d) ток I_{ext} увеличивается, при этом распределение концентрации в полости катода практически однородное.

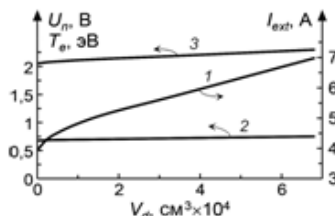


Рис. 3. Зависимость тока внешней инжекции (1), температуры (2) и потенциала плазмы (3) от относительного объема деталей

В эксперименте [1] эмиссия электронов в полый катод производилась через эмиссионное окно (рис. 1). Увеличение тока I_{ext} и градиента давления

(например, за счет напуска газа через источник электронов) приводит к росту градиента концентрации плазмы в области эмиссионного окна. На рис. 4 показаны расчетные линии уровня концентрации плазмы в двух сечениях полого катода [1], $n_i = 6 \times 10^{11} \text{ см}^{-3}$ между деталями, разница концентраций плазмы в точках 1 и 2 составляет не более 1% при $I_{ext} = 7$ А, при $I_{ext} = 30$ А – 17%. Однородность распределения концентрации плазмы нарушается при неоднородной плотности тока дополнительной инжекции и градиенте давления газа.

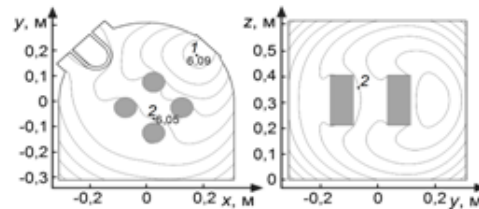


Рис. 4. Распределение концентрации плазмы ($\text{см}^{-3} \times 10^{11}$) в поперечном и продольном сечениях полого катода

Теоретические и численные исследования показали, что напряжение горения уменьшается более чем в 2 раза за счет тока дополнительной инжекции электронов. При давлении газа (аргон) 0,65 Па и напряжениях горения 200–300 В, достигается концентрация плазмы 10^{12} см^{-3} при температуре плазмы порядка 1 эВ.

Заключение

Проведено теоретическое исследование характеристик разряда низкого давления в полном катоде большого размера и сравнение с результатами эксперимента. Рассмотрены самостоятельный режим горения разряда и режим дополнительной инжекции электронов.

Показано, что независимо от площади поверхности и материала обрабатываемых деталей возможна независимая регулировка плотности ионного тока и напряжения его горения за счет тока дополнительной инжекции. Теоретическая и численная модели согласуются с экспериментальными данными.

Литература

1. Lopatin I.V., Akhmadeev Yu.Kh., Koval N.N., Schanin P.M., Yakovlev V.V. Generation of plasma in non-self-sustained glow discharge with hollow cathode // Proc. of 10th Int. Conf. on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows. Tomsk, Russia. 2010, pp. 35–38.
2. Коваль Т.В., Лопатин И.В., Огородников А.С., Нгуен Б.Х. Исследование генерации низкотемпературной плазмы в тлеющем разряде с полым катодом большой площади // Изв. вузов. Физика. - 2014. -Т. 57. -№ 3-2. -С. 122-125.
3. Hagelaar G.J.M., Pitchford L.C. Solving the Boltzmann equation to obtain electron transport coefficients and rate coefficient for fluid models // Plasma Sources Sci. Technol. 14 (2005) 722.

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Сергеева Ю.С., Рыбалка С.А.
Томский политехнический университет
sers-s@mail.ru

Введение

Геодезическо-маркшейдерские работы являются ответственным процессом на всех этапах строительства метрополитенов, тоннельных путепроводов, карьеров по добыче полезного ископаемого и многих других крупных строительных объектов. Залогом качественного и эффективного маркшейдерского обеспечения является использование геодезических приборов, обеспечивающих необходимую точность и оперативность получения результатов измерения, а также качественное выполнение уравнительных вычислений этих результатов[1].

Геодезические измерения, выполняемые даже в очень хороших условиях, сопровождаются погрешностями, т.е. отклонение результата измерений L от истинного значения X измеряемой величины: $\Delta = L - X$.

Истинное – такое значение измеряемой величины, которое идеальным образом отражало бы количественные свойства объекта. Недостижимое условие – истинное значение – понятие гипотетическое. Это величина, к которой можно приближаться бесконечно близко, оно не достижимо. Точность измерений – степень приближения его результата к истинному значению. Чем ниже погрешность, тем выше точность.

Базовыми (основными) методами измерения в геодезии являются:

- метод прямой геодезической засечки – когда измеряются углы из известных точек на удаленную недоступную третью точку. Известных точек может быть 2 или более.

- метод обратной засечки – заключается в определении координат некой точки P путем измерения на этой точке углов между направлениями как минимум на три или более исходных пунктов с известными координатами.

- метод теодолитного хода – заключается в построении на местности разомкнутой или замкнутой ломаной линии, в которой измерены все стороны и горизонтальные углы между ними.

- метод тахеометрического хода – заключается в построении линии, в которой измерены ещё и вертикальные углы.

Базовыми задачами в геодезии являются

- Прямая геодезическая задача – заключается в нахождении координат определяемой точки по известным координатам заданной точки, расстоянию между ними и дирекционному углу с заданной точки на определяемую.

- Обратная геодезическая задача – это задача определения дирекционного угла с одной

точки на другую и расстояния между ними по известным координатам этих точек.

Дирекционные углы и осевые румбы

Осевой (средний) истинный меридиан зоны часто принимают за основное направление. В этом случае положение линии местности относительно осевого меридиана определяет угол ориентирования, называемый дирекционным (рисунок 1).

Дирекционный угол измеряется от северного направления осевого меридиана в направлении движения часовой стрелки через восток, юг и запад. Следовательно, градусная величина дирекционного угла может иметь любое значение от 0° до 360° [3].

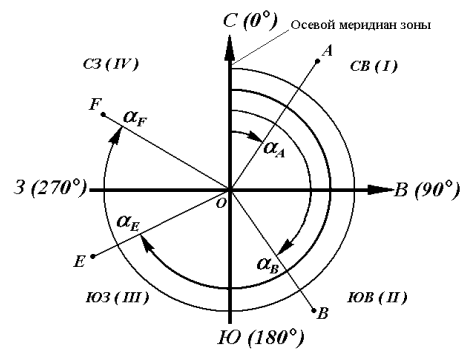


Рис. 1. Дирекционные углы

Иногда для ориентирования линии местности пользуются не дирекционными углами, а румбами (рисунок 2). Осевым румбом называется острый горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления осевого меридиана (северного или южного) до данной линии. Румбы обозначают буквой r с индексом, указывающим четверть, в которой находится румб.

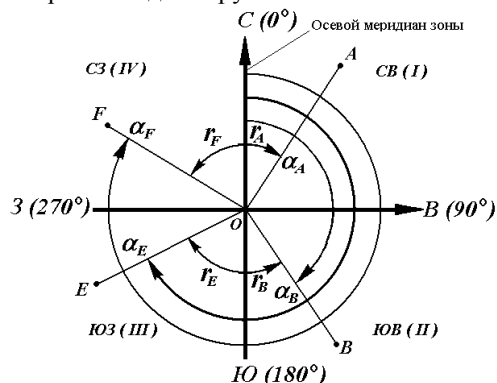


Рис. 2. Румбы и дирекционные углы

В геодезии применяется большое количество систем координат. Система координат – опорная система для определения положения точек в пространстве или на плоскостях и поверхностях относительно выбранных осей, плоскостей или по-

верхностей. Для обработки геодезических данных, оперирующими короткими расстояниями, требуется декартова система координат.

Для удобства решения задач приходится переводить исходные данные из систем координат используемых в геодезии в декартовы и обратно. Тогда общая схема обработки данных выглядит так, как представлено на рисунке 3.

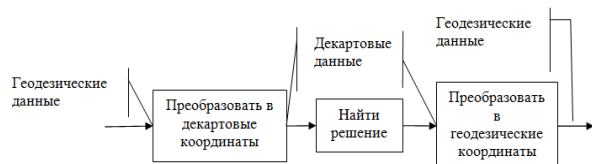


Рис. 3. Схема обработки данных

Уравнительные вычисления в геодезии

Все измерения, в том числе в геодезии и маркшейдерии выполняются с определенной точностью, т.е. имеют погрешности. Поэтому полученные результаты измерений, для достижения их согласованности, подвергаются дополнительной обработке, называемой уравнительными вычислениями. Уравнительные вычисления проводятся для устранения противоречий или невязок, обусловленных наличием ошибок в избыточно измеренных величинах, и для определения вероятнейших значений искомым неизвестных или их значений, близких к вероятнейшим. Это достигается путём определения поправок к измеренным величинам – углам, направлениям, длинам линий[5]. Часто поправки определяют с помощью метода наименьших квадратов.

Так при решении прямой геодезической задачи измеряются расстояние и угол из одной точки в другую. Но измерения выполняются с погрешностью. Поэтому истинное положение искомой точки В неизвестно, но можно утверждать, что эта точка лежит в некоторой области. А если измерения проводились из двух точек, то точка будет лежать в области пересечения.

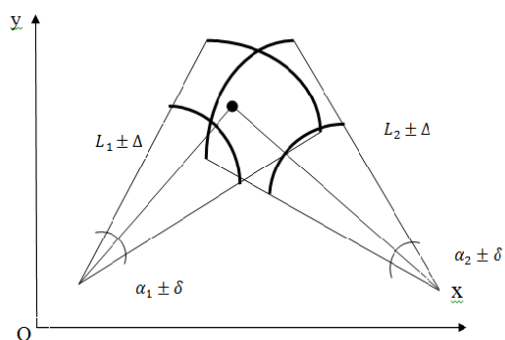


Рис. 4. Избыточное измерение координат точки из двух известных

Если измерять углы из трех доступных точек, образующих треугольник, сумма углов вероятнее всего окажется неравной 180 градусам.

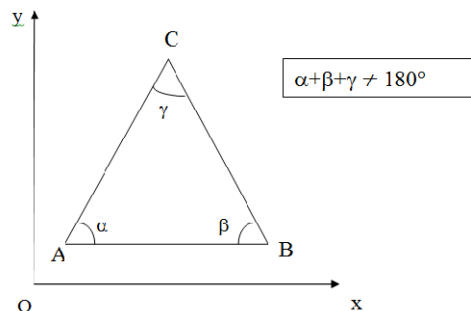


Рис. 5. Измерение трех углов с погрешностями

Поэтому при решении геодезических задач необходимо не только решать саму задачу, но и выполнять уравнительные вычисления.

Уравнительные вычисления в геодезии – это совокупность математических операций, выполняемых для получения вероятнейшего значения геодезических координат точек и для оценки точности результатов измерений. **Уравнительные вычисления** проводятся с целью устранения противоречий или невязок, обусловленных наличием ошибок в избыточно измеренных величинах[7].

Литература

1. Попов В.Н., Букринский В.А. Геодезия и маркшейдерия. – М.: изд-во «Горная книга», 2007. – 453 с.
2. Пучков Л.А. Маркшейдерская энциклопедия. – М.: Мир горной книги, 2006. – 605 с.
3. Маркузе Ю.И., Голубев В.В. Теория математической обработки геодезических измерений. – М.: Академический проект, 2010. – 247 с.
4. Гайдаев П.А., Большаков В.Д. Теория математической обработки геодезических измерений. – М.: Недра, 1969. – 400 с.
5. Большаков В.Д., Маркузе Ю.И., Голубев В.В. Уравнивание геодезических построений. – М.: Недра, 1989. – 413 с.
6. Глинский С.П., Гречанинова Г.И., Данилевич В.М. Геодезия. – М.: «Картгеоцентр» – «Геодезиздат», 1995. – 488 с.
7. Мурашкина Т.И., Мещеряков В.А., Бадеева Е.А. и др. Теория измерений. – М.: Высш.шк., 2007. – 151 с.
8. Технический регламент «О производстве маркшейдерских работ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geomarkservis.ru/indexs/doc/gost/general/mark%20regl.htm>, свободный.
9. Применение маркшейдерии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.trimble-ts635.ru/Mark>, свободный

АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО НА ПРЕДПРИЯТИИ

Никольская А.Г.

Научный руководитель: Крицкий О.Л.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: alenanskay@mail.ru

Введение

Выбор темы обусловлен возрастающей актуальностью проблемы проведения анализа финансово-хозяйственной деятельности предприятия, который состоит не только в оценке основных показателей, но и в разработке мероприятий по их улучшению, выявлении реальных и потенциальных возможностей хозяйствующего субъекта.

В общем случае хорошее финансовое состояние – это высокая эффективность использования финансовых ресурсов, устойчивая платежеспособность, достаточная обеспеченность собственными средствами, наличие финансовых средств для развития, и, как следствие, высокая рыночная стоимость компании. Плохое финансовое состояние – это очень низкий уровень всех перечисленных элементов финансовой системы, в том числе, наличие большой задолженности поставщикам, персоналу, бюджету, банкам.

Основные задачи производственной практики:

- провести экспресс диагностику финансово-хозяйственной деятельности изучаемого ОАО СПМК «Томская»;
- охарактеризовать имущественное и финансовое состояние организации с помощью детализированного анализа финансово-хозяйственной деятельности;
- разработать предложения и рекомендации по улучшению финансового положения ОАО СПМК «Томская».
- провести общее исследование финансового состояния ОАО СПМК «Томская» с помощью экономико-математических моделей Лиса, Альтмана, Спрингейта

Математические модели банкротства

Диагностика банкротства позволяет выявить показатели потоков платежей, а также оценить производственную, инвестиционную и финансовую деятельность предприятия. Оценка вероятности банкротства является неотъемлемой частью кредитного анализа заемщика. Существует целый ряд моделей прогнозирования банкротства, позволяющих оценить и диагностировать перспективную степень платежеспособности предприятия. Основной задачей диагностики является своевременное обеспечение принятия управленческих решений в целях снижения влияния негативных финансовых процессов. Так как ни одну модель банкротства нельзя считать совершенной, для объективности общего анализа рассматриваются сразу несколько моделей.

Двухфакторная модель Альтмана – простая и не требовательная к большому количеству исходной аналитической информации модель, разработанная на основе анализа деятельности 19 американских компаний. Основным учитываемым фактором является возможность прекращения финансирования деятельности компании за счет заемных средств.

Пятифакторная модель Альтмана – разработана для организаций с акционерной формой капитала, акции которых представлены на фондовом рынке. Точность данной модели в перспективе составляет порядка 95% для одного года и 83% на два года, что в принципе является ее достоинством.

Четырехфакторная модель Таффлера – также предназначена для оценки организаций, зарегистрированных как Открытое Акционерное Общество. В совокупности, коэффициенты данной модели дают объективную картину о риске банкротства в будущем и платежеспособности на текущий момент.

Четырехфакторная модель Спрингейта – разработанная Гордоном Спрингейтом на основе модели Альтмана. Из 19 показателей финансового положения предприятия автором было отобрано 4 основных, которые были включены в расчет. Каждому показателю в данной модели присваивается свой "вес" в итоговой оценке.

Модель несостоятельности Чессера – выведенная Д. Чессером на основе детального анализа 37 успешных и 37 неуспешных ссуд, выданных банком. Проанализировав балансовые показатели заемщиков, Чессер вывел формулу, в 3 из 4 случаев верно определяющую возврат/невозврат ссуды.

Система показателей Бивера – построена без интегральных показателей и учета веса коэффициентов. Соответственно, не рассчитывается и итоговая оценка. Результатом оценки пяти показателей является присвоенная категория вероятности банкротств предприятия: "Благоприятное состояние", "5 лет до банкротства", "1 год до банкротства".

Экспресс-анализ финансового состояния

Целью экспресс - анализа финансового состояния является наглядная и простая оценка финансового положения и динамики развития предприятия за несколько лет. Также на этапе экспресс анализа определяются основные возможные проблемы в деятельности предприятия.

В общем виде методикой экспресс - анализа отчетности предусматривается анализ результатов

хозяйствования предприятия, ресурсов и их структуры, эффективности использования собственных и заемных средств.

Смысл экспресс - анализа – отбор небольшого количества наиболее существенных и сравнительно несложных в исчислении показателей и отслеживание их динамики. При этом отбор субъективен и производится аналитиком самостоятельно.

Ценность экспресс - анализа состоит в том, что он может быть проведен на основе ограниченной информации, содержащейся в бухгалтерском балансе (форма №1) и в других формах отчетности, главным образом, в форме №4 (Отчет о движении денежных средств) и в форме №5 (Приложение к бухгалтерскому балансу). Экспресс - анализ может завершаться выводом о целесообразности или необходимости более углубленного анализа финансовых результатов и финансового состояния предприятия.

Анализ финансового состояния

Модель Лиса

Модель Лиса, разработанная им в 1972 году, для предприятий Великобритании имеет следующий вид:

$$Z=0,063X1+0,092X2+0,057X3+0,001X4$$

Таблица 1 - Модель Лиса

К-д	Формула	2011	2012	2013
x1	оборотный капитал / сумма активов	0,394	0,504	0,576
x2	прибыль от реализации / сумма активов	0,099	0,066	0,085
x3	нераспределенная прибыль / сумма активов	0,022	0,019	0,031
x4	собственный капитал / заемный капитал	1,400	0,760	0,665
z		0,037	0,040	0,047
z>0,037		0,037	0,040	0,047

где,

X1 - оборотный капитал / сумма активов;

X2 - прибыль от реализации / сумма активов;

X3 - нераспределенная прибыль / сумма активов;

X4 - собственный капитал / заемный капитал.

В случае если $Z < 0,037$ - вероятность банкротства высокая; $Z > 0,037$ - вероятность банкротства невелика

Двухфакторная модель Альтмана

Это одна из самых простых и наглядных методик прогнозирования вероятности банкротства, при использовании которой необходимо рассчитать влияние только двух показателей это: коэффициент текущей ликвидности и удельный вес заёмных средств в пассивах. Формула модели Альтмана принимает вид:

$$Z = -0,3877 - 1,0736 * K_{тл} + 0,579 * (ЗК/П)$$

где $K_{тл}$ – коэффициент текущей ликвидности; ЗК – заемный капитал; П – пассивы.

Таблица 6 – Двухфакторная модель Альтмана

	2011	2012	2013
Z	-1,54131208	-1,50757	-1,5513747
Z<0			

X1 = Оборотный капитал / Баланс;

X2 = (Прибыль до налогообложения + Проценты к уплате) / Баланс;

X3 = Прибыль до налогообложения / Краткосрочные обязательства;

X4 = Выручка (нетто) от реализации / Баланс.

Ситуация у ОАО СПМК «Томская» как видно по данной таблице хорошая, коэффициент во все года выше критического значения.

Заключение

В процессе разработки производственного отчета проведен анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Ряд показателей, которые были рассмотрены и проанализированы в работе, позволили оценить финансовое состояние.

Общее исследование с помощью экономико-математических моделей банкротства Лиса, Альтмана, Спрингейта показало, что компания не находится на грани банкротства. Самой подходящей моделью для исследуемого предприятия является модель Спрингейта, так как точность предсказания неплатежеспособности выше, чем у других исследуемых.

Был получен ценный опыт в финансовом прогнозировании, а так же практические навыки по работе с персоналом на предприятии.

Литература

1. Злотникова Л.Г. Финансовый менеджмент в нефтегазовых отраслях: Учебник. – М.: Нефть и газ, 2005. - 452 с.
2. Ковалев В.В. Анализ баланса, или как понимать баланс: учебно-практическое пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Проспект, 2011. – 559 с.
3. Шеремет А.Д. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия: учебник. – М.: Инфра - М, 2009. – 367 с.
4. Воздействие финансово-кредитных рынков в на повышение рентабельности промышленного производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.xserver.ru/user/rirer/3.shtml> – Загл. с экрана.
5. Ефимова О.В., Мельник М.В. Анализ финансовой отчетности: Учебное пособие. – М.: Омега-Л, 2009. – 408 с.
6. Анализ ликвидности предприятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://investorov.net/buspl/15.html> – Загл. с экрана.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АССОРТИМЕНТА ПРОДУКЦИИ КОНДИТЕРСКОГО ЦЕХА

К.О. Атепко

Томский университет систем управления и радиоэлектроники

atepko@gmail.com

Введение

Среди множества практических задач, решаемых в крупных фирмах, всегда возникает проблема планирования ассортимента товаров и услуг. Эта задача относится к одной из важнейших функций современного маркетинга и позволяет при правильном и обоснованном ее решении удовлетворить покупательский спрос при определенных ограничениях, и получить при этом запланированную прибыль. Последствия непродуманных стратегий по планированию ассортимента товаров и услуг могут привести к большим затратам.

Понятие ассортимента и ассортиментной политики

Одной из важнейших товароведных характеристик товаров является ассортиментная характеристика, которая определяет принципиальные различия между товарами разных видов и наименований. Ассортимент товара - перечень товаров, объединенных по какому-либо признаку и удовлетворяющие потребности человека[1].

Формированию ассортимента предшествует разработка предприятием ассортиментной концепции. Ассортиментная концепция выражается в виде системы показателей, характеризующих по возможности оптимальное развитие производственного ассортимента определенного вида товаров. Цель ассортиментной концепции - сориентировать предприятие на выпуск товаров, соответствующих структуре и разнообразию спроса покупателей.

Планирование номенклатуры и ассортимента продукции может и должны базироваться на знании потребностей рынка и его состояния, анализ спроса, прогноз продаж, обеспечение наиболее полного удовлетворения общественных потребностей.

Одно из самых главных направлений деятельности маркетинга торговой компании – ассортиментная политика. Ассортиментной политикой является определение набора товарных групп, наиболее предпочтительного для успешной работы на рынке и обеспечивающего экономическую эффективность деятельности предприятия в целом.

При этом важно иметь в виду, что планирование ассортимента продукции - это непрерывный процесс, продолжающийся на протяжении всего жизненного цикла товара, начиная с зарождения идеи и заканчивая снятием его с продажи.

Возможные стратегии планирования ассортимента товаров и услуг

При планировании ассортимента товаров обычно используются следующие стратегии[2]:

1. *Максимальная разница цен между ценой оптовой поставки и отпускной ценой товара.* Сущность стратегии - планирование, которое позволяет формировать список только тех товаров, которые обеспечивают максимальную прибыль по каждому наименованию товара при ограниченном списке этих наименований.

2. *Максимальный спрос по предыдущим продажам.* Стратегия основана на анализе предыдущих продаж (дневных, недельных и месячных), может быть достаточно эффективна в период экономической стабильности рынка.

3. *Равномерное распределение ассортимента.* Это наихудшая стратегия планирования ассортимента и не может быть использована в рыночной экономике.

4. *Восполнение предыдущих продаж.* Основана на анализе предыдущих продаж и планировании по этим результатам будущих поставок ассортимента товаров. Стратегия эффективна при стабильной экономике.

5. *Адаптивная стратегия, ориентированная на будущий спрос.* В основу положен прогнозируемый спрос товаров на будущий период продаж (квартал, сезон, год).

6. *Оптимальная стратегия.* Ориентирована на получение максимальной прибыли при определенных ограничениях и предполагаемых оценках будущего спроса на товары ассортимента. Данная стратегия наиболее перспективна при планировании ассортимента.

Примером для построения математической модели для выбора оптимального ассортимента является предприятие «Кондитерский цех» ИП Курбанова, которое на рынке уже более десяти лет и имеет стабильные продажи. В данном случае уже существует достаточная статистика объемов продаж и поэтому построение математических моделей планирования ассортимента товаров вполне возможно. Может возникнуть вопрос о целесообразности планирования или уточнения ассортимента в этот относительно стабильный период времени. Ответ на этот вопрос достаточно очевиден - спрос на любой товар не является постоянным и подвержен сезонным и другим циклическим колебаниям различной природы. Следовательно, задача планирования ассортимента относится к категории периодически решаемых задач, а результаты ее решения определяют ассорти-

ментную стратегию действий фирмы на определенный период времени.

Модель оптимальной структуры ассортимента продукции кондитерского цеха

В модели осуществлен поиск оптимального ассортимента в соответствии со следующими критериями оптимальности:

1. максимизация общей прибыли;
2. минимизация общих переменных затрат;
3. максимизация индекса динамики спроса;
4. минимизации коэффициента относительной вариации.

Определение переменных модели

1. Данные по спросу на продукцию за три месяца: апрель, май, июнь;
2. Среднемесячный спрос продукции i -го вида (Q_{cpi});
3. Относительная вариация спроса i -го наименования (V_{oi});
4. Трудоемкость единицы наименования (T_{di});
5. Данные об используемом сырье (r_j) и затратах на него;
6. Данные о цене за единицу товара за 1 килограмм;
7. Переменные затраты i -го наименования (VC_i);
8. Индекс динамики спроса i -го наименования (Ind_i);
9. n - количество наименований.

Ограничения модели

1. $OR_i \leq Q_{cpi}$, где OR_i – оптимальное количество выпускаемой продукции i -го вида;
2. $OR_i \geq 0$;
3. $\sum_{i=1}^n VC_i \leq VC_{o\max}$, где $VC_{o\max}$ – максимальное значение общих переменных затрат, VC_i – переменные затраты для i -го наименования;
4. $\sum_{i=1}^n T_{di} \leq T_{d\max}$, где $T_{d\max}$ – максимально допустимая трудоемкость;
5. $\sum_{i=1}^n MP_i \geq P_{\min}$, где MP_i – маржинальная прибыль i -го наименования, P_{\min} – минимально допустимая прибыль;
6. $r_j \leq r_{j\max}$, где r_j – сырье j -го вида (например, при $j=1$ r_j - количество муки, при $j=2$ r_j - количество яйца), $r_{j\max}$ - максимальное потребление сырья.

Целевые функции модели

В модели были использованы 4 целевые функции:

1. Общая прибыль:

$$TP = \sum_{i=1}^n MP_i \cdot OR_i .$$

Данную целевую функцию необходимо *максимизировать*.

2. Общие переменные затраты:

$$VC_o = \sum_{i=1}^n VC_i \cdot OR_i .$$

Данную целевую функцию необходимо *минимизировать*.

3. Индекс динамики:

$$L_d = \sum_{i=1}^n \frac{Ind_i \cdot OR_i \cdot 100}{Q_o} ,$$

Данную целевую функцию необходимо *максимизировать*.

4. Для коэффициента относительной вариации использовалась следующая формула:

$$V = \sum_{i=1}^n V_{oi} \cdot Q_o - \frac{OR_i}{Q_o} ,$$

Данную целевую функцию необходимо *минимизировать*.

Заключение

В ходе выполнения работы была разработана и реализована модель оптимальной структуры ассортимента кондитерского цеха.

При разработке были использованы методы линейного программирования, так как выбор оптимального ассортимента можно рационально представить в виде задачи линейного программирования.

Для реализации была использована надстройка Microsoft Office Excel «Поиск решения». Надстройка позволяет определить, при каких значениях указанных влияющих ячеек формула в целевой ячейке принимает нужное значение (минимальное, максимальное или равное какой-либо величине). При реализации были соблюдены все критерии оптимальности и ограничения.

Данная модель позволяет находить оптимальные решения по планированию ассортимента продукции с учётом различных влияющих факторов и ограничений применительно к условиям существующего рынка.

Литература

1. Товароведение и экспертиза товаров. Ассортимент товаров. Свойства и показатели ассортимента. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.znaytovar.ru/new369.html>, свободный.
2. Математические модели планирования ассортимента товаров и услуг/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minzov.ru/analitic/3.pdf>, свободный.
3. Методы оптимизации. Часть 1: Учебное пособие/ Мицель А.А., Шелестов А.А. – Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2002. - 192 с.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПРОВЕРКИ ГРАФОВ НА ИЗОМОРФИЗМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Д.К.Саввинов, П.А.Хаустов
Томский политехнический университет
dsk2@tpu.ru

Введение

В последнее время, благодаря уменьшающейся цене и увеличивающемуся качеству хранения информации, базы данных находят все большее применение в различных областях науки и техники. Однако вместе с этим увеличивается и сложность работы с такими базами. Одной из частых подзадач, возникающей в хемиоинформатике [1], автоматизации проектирования электронных схем [2], сравнении пар кинематических цепей [3], распознавании графических образов и др. является проверка графов на изоморфизм.

Основная идея в том, что хранящиеся в БД структуры представлены как некоторая разновидность графа. Соответственно, искомым в БД элемент также является графом, называемым эталонным. Отсюда очевидным образом возникает задача проверки двух графов на «одинаковость», или, иначе говоря, на изоморфизм.

Понятие изоморфизма графов

Под изоморфизмом графов $G(V_G, E_G)$ и $H(V_H, E_H)$ здесь будет пониматься следующее. Пусть задана биекция $f: V_G \rightarrow V_H$ между множествами вершин графов. Образы вершин u и v ($u, v \in V_G$) обозначим как u' и v' ($u', v' \in V_H$) соответственно. Тогда если для любой пары u и v , смежных в G , смежны их образы u' и v' (и наоборот), то граф G изоморфен графу H [4]. В случае если G и H являются помеченными графами, то накладывается дополнительное условие на совпадение меток ребер (u, v) и (u', v').

Интуитивно, суть определения в том, что графы изоморфны, когда они совпадают с точности до переобозначения вершин.

На рис. 1 приведен пример двух изоморфных графов:

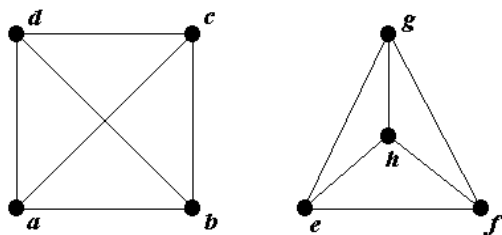


Рис. 1. Пример изоморфных графов.

Следует отметить, что задача проверки графов на изоморфизм является вычислительно трудной и принадлежит классу NP, однако ее NP-полнота остается недоказанной, равно как и не существует

на данный момент алгоритма, решающего эту задачу за полиномиальное время.

По этой причине до сих пор большой интерес представляют алгоритмы, позволяющие решать эту задачу относительно быстро. На сегодняшний день предложено множество различных эвристик, однако некоторые из них применимы только к графам специального вида [5]; другие же могут работать слишком долго или вовсе неправильно на некоторых графах [6].

Понятие генетического алгоритма

В представленной работе изучается подход к решению задачи проверки графов на изоморфизм с точки зрения эволюционных вычислений.

В качестве основы был выбран генетический алгоритм. Он представляет собой алгоритм эвристического поиска, использующий в качестве методов подбора, комбинирования и отсеивания решений механизмы, сходные с естественным отбором в природе.

Введем несколько ключевых понятий, сформулированных в общих терминах (ниже будет дано разъяснение, какое значение они несут в конкретной решаемой задаче):

- Генотип – некоторое решение задачи, определенным образом закодированное.
- Ген – единичный элемент генотипа.
- Популяция (поколение) – совокупность генотипов на какой-то момент работы генетического алгоритма.
- Функция приспособленности – функция, оценивающая, насколько близко данное решение задачи (данный генотип) к идеальному.
- Кроссинговер (скрещивание) – получение нового генотипа при помощи комбинирования двух уже имеющихся.
- Мутация – получение нового генотипа при помощи случайного изменения уже имеющегося.
- Селекция (отбор) – процесс отсеивания генотипов с низкими значениями функции приспособленности.

В общем виде генетический алгоритм состоит из нескольких фаз [8]:

0. Задается начальная популяция (случайно или с помощью эвристик).
1. Размножение. Произвольно выбираемые генотипы скрещиваются с помощью оператора кроссовера, формируя новые особи.
2. Мутация. Несколько произвольных генотипов подвергаются мутации. Этот этап позволяет нахо-

дить принципиально новые решения, в том числе и те, которых вообще не было в начальной популяции.

3. Селекция. Из популяции выбирается определенное количество генотипов, с наилучшими значениями функции приспособленности. Этот этап вкупе с этапом №1 позволяет постепенно улучшать решения, находящиеся в популяции, отыскивая таким способом экстремум функции приспособленности.

4. Формирование нового поколения. На этом этапе формируется новое поколение. Этот этап стоит выделить отдельно, так как в некоторых случаях для улучшения сходимости и способности находить глобальные (а не локальные) экстремумы, новая популяция должна набираться разнообразней, нежели просто несколько «лучших» в смысле функции приспособленности генотипов из предыдущей.

На рисунке 2 схематически описана работа генетического алгоритма:



Рис. 2. Схема работы генетического алгоритма
Алгоритм решения задачи

Теперь можно пояснить, какой смысл несут эти термины применительно к задаче проверки графов на изоморфизм.

- **Генотип.** Пусть вершины и в эталонном графе G , и в проверяемом графе H нумеруются 1 до n , где n – число вершин (очевидно, что оно должно быть одинаковым для обоих графов). Тогда проверка графа на изоморфизм сводится к поиску такой перестановки (перенумерации) вершин графа H , что он полностью совпадает с графом G – а, значит, совпадают их матрицы смежности (или любые другие структуры, описывающие ребра в графе).

Отсюда логично будет определить генотип, как некоторую перестановку чисел от 1 до n .

- **Ген.** Из вышесказанного прямо следует, что ген – это значение i -ого элемента конкретной перестановки.

- **Функция приспособленности** – в качестве функции приспособленности использовался подсчет количества ребер, не противоречащих устанавливаемой биекции, а также некоторые другие эвристики.

- **Кроссинговер.** Следует заметить, что применение классических операторов кроссинговера в данном случае не применимо, так как дочерний

генотип может оказаться некорректным (например, у разных генов будет одинаковое значение). По этой причине были использованы специфические разновидности оператора кроссинговера: кроссинговер порядка, циклический кроссинговер, частично отображающий кроссинговер [7].

- **Мутация.** Также как и в случае с кроссинговером, классические операторы мутации могут приводить к появлению некорректных генотипов. Для решения этой проблемы в данной работе использовались модифицированные операторы мутации. Под точечной мутацией понимается перестановка двух соседних генов генотипа.

При инверсии порядок следования генов на некотором интервале генотипа изменяется на обратный.

В качестве сальтации использовалась перестановка к пар генов (в каждой паре гены менялись местами).

Заключение

Таким образом, был показан эволюционный подход к решению задачи о проверке графов на изоморфизм. Следует отдельно подчеркнуть, что генетические методы не могут гарантировать поиска решения за полиномиальное время. Тем не менее, они способны найти весьма «хорошее» в некотором смысле решение, причем сделать это значительно быстрее альтернативных эвристических алгоритмов.

Литература

1. Трофимов М. И., Смоленский Е. А. Применение индексов электроотрицательности органических молекул в задачах химической информатики // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2005. – С. 2166-2176.
2. Курейчик В. М., Глушань В. М., Щербаков Л. И. Комбинаторные аппаратные модели и алгоритмы в САПР. – М.: Радио и связь, 1990 – 216 с.
3. Rao A.C., Varada Raju D. Application of the Hamming number technique to detect isomorphism among kinematic chains and inversions // Mech. Mach. Theory. – 1991. – №26(1). – P.55–75.
4. Харари Ф. Теория графов. – М.: Мир, 1973.
5. Spielman D.A. Faster isomorphism testing of strongly regular graphs: Technical report. – University of California Berkeley, Computer Science Division, Berkeley, California, 1996.
6. Abdulrahim M., Misra M. A Graph Isomorphism Algorithm for Object // Recognition, Pattern Analysis and Applic. – 1998. – V. 1. – №3. – P. 189-201
7. Батищев Д. И., Неймарк Е.А., Старостин Н.В. Применение генетических алгоритмов к решению задач дискретной оптимизации. Нижний Новгород, 2007, 85 с.
8. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы / Под ред. В. М. Курейчика. – 2-е изд., исправл. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 368 с.

ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ МЕТОДОМ КОНЦЕНТРИЧЕСКИХ СФЕР

А.Д. Емельянова, Н.А. Атепаева, В.С. Склад
Томский политехнический университет
alisaemelyanov@mail.ru

Введение

Линия пересечения двух поверхностей – геометрическое место точек, принадлежащих одновременно обеим поверхностям.

Общим способом построения линии пересечения одной поверхности другой является нахождение точек этой линии при помощи некоторых секущих поверхностей.

Применяя общий способ для построения линии пересечения двух кривых поверхностей, можно:

1. пересекать поверхности вспомогательными плоскостями;
2. пересекать поверхности вспомогательными кривыми поверхностями.

Для построения точек линии, получающейся на одной поверхности при пересечении ее другой поверхностью, пользуются вспомогательными секущими плоскостями частного и общего положения, кривыми поверхностями, прямолинейными образующими кривых линейчатых поверхностей и ребрами гранных поверхностей.

Соосные поверхности вращения – частный случай пересечения поверхностей вращения, у которых оси совпадают.

Линия пересечения соосных поверхностей – окружность, плоскость которой перпендикулярна оси поверхностей вращения. При этом, если ось поверхностей вращения параллельна плоскости проекций, то линия пересечения на эту плоскость проектируется в отрезок прямой линии.

Именно это свойство используют для построения линии взаимного пересечения двух поверхностей вращения с помощью вспомогательных сфер.

В способе вспомогательных секущих сфер используются эксцентрические сферы (проведенные из разных центров) и концентрические сферы (проведенные из одного центра). Рассмотрим метод концентрических секущих сфер.

Метод концентрических секущих сфер

Метод вспомогательных концентрических сфер применяется в том случае, если заданные поверхности удовлетворяют следующим условиям:

1. Обе заданные поверхности являются поверхностями вращения;
2. Поверхности имеют общую плоскость симметрии, параллельную одной из плоскостей проекций;
3. Оси заданных поверхностей пересекаются.

Рассмотрим метод на примере задачи. Нам даны пересекающиеся цилиндр и конус вращения. Построим линию пересечения данных поверхностей (Рис.1.).

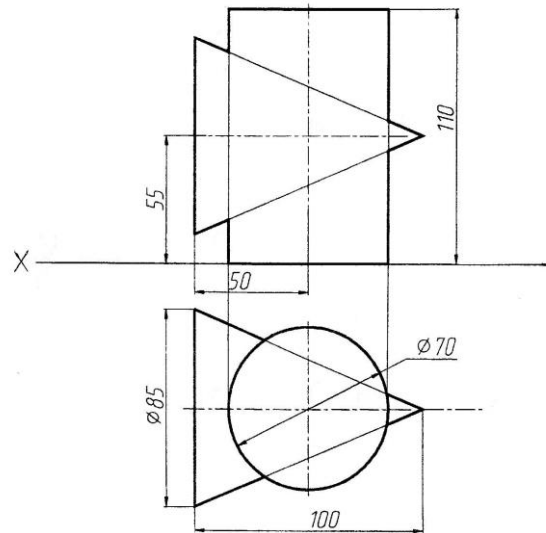


Рис.1. Пересечение двух поверхностей вращения

Точки 1, 2, 3, 4 определяют как точки пересечения контурных образующих поверхностей, принадлежащие плоскости пересечения осей [плоскости симметрии Q(QH)]. Остальные точки находятся способом концентрических сфер. Точка O (O') – центр шаровых поверхностей (Рис.2.).

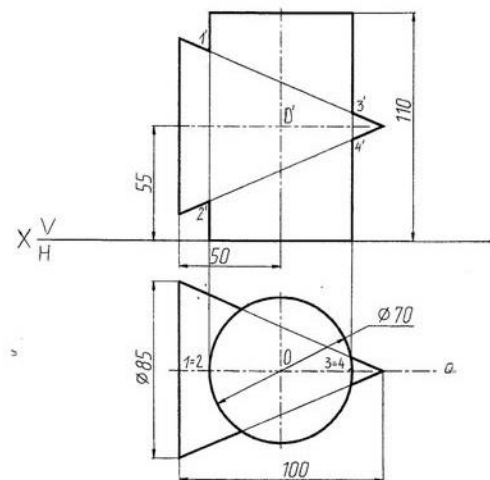


Рис.2.

Построим минимальную секущую сферу. Минимальной секущей сферой должна быть такая сфера, которая касается большей поверхности (цилиндр) и пересекает меньшую (конус). Минимальная сфера касается цилиндра по окружности MN ($m'n'$) и пересекает конус по окружностям KL ($k'l'$) и ST ($s't'$). Пересекаясь между собой, окружности MN и KL дают точки 5(5') и 6(6'). Окружности MN и ST дают точки 7(7') и 8(8'). Построение приведено на рисунке 3.

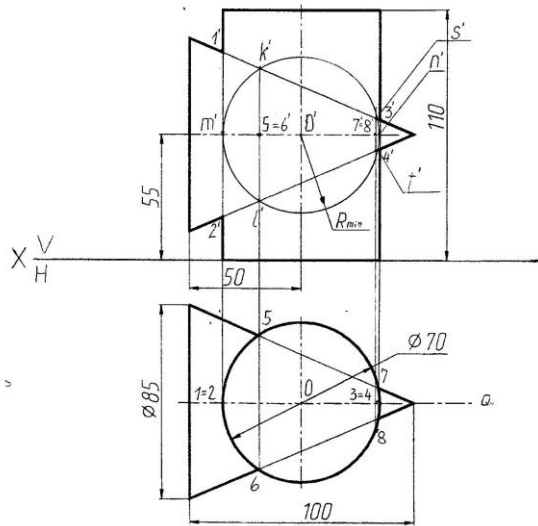


Рис. 3.

Построим вспомогательную сферу произвольного радиуса. Проведенная сфера пересекает цилиндр по окружностям CE($c'e'$) и DF($d'f'$), конус – по окружности АВ($a'b'$). В пересечении окружностей получаем точки 9', 10', 11', 12' (Рис.4.).

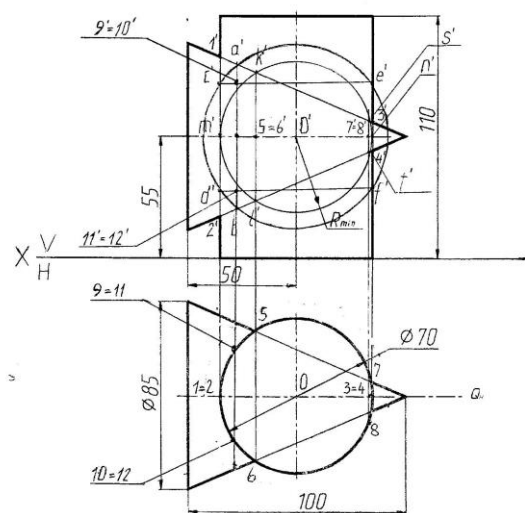


Рис. 4.

Построим максимальную секущую сферу. Ее радиус равен расстоянию от точки O' до самой удаленной точки пересечения контурных образующих (точек 1' и 2'). Построения приведены на рисунке 5.

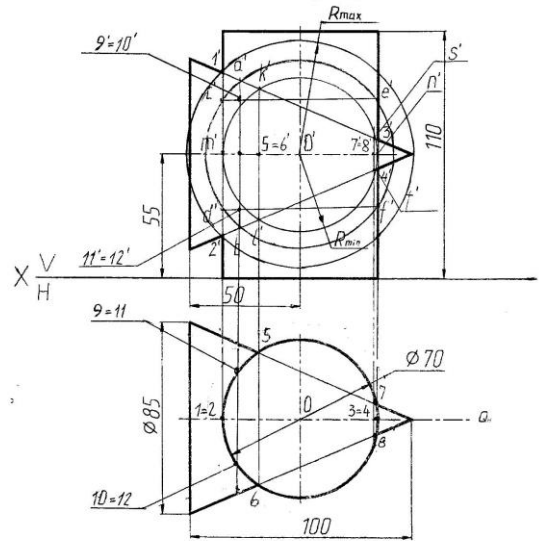


Рис. 5.

Соединим точки 1', 9', 10', 5', 6', 11', 12', 2' и 3', 7', 8', 4' на фронтальной плоскости, точки 5, 9, 11, 1, 2, 10, 12, 6 и 7, 3, 4, 8 на горизонтальной плоскости соответственно. Это и есть линии пересечения цилиндра и конуса вращения (Рис.6.)

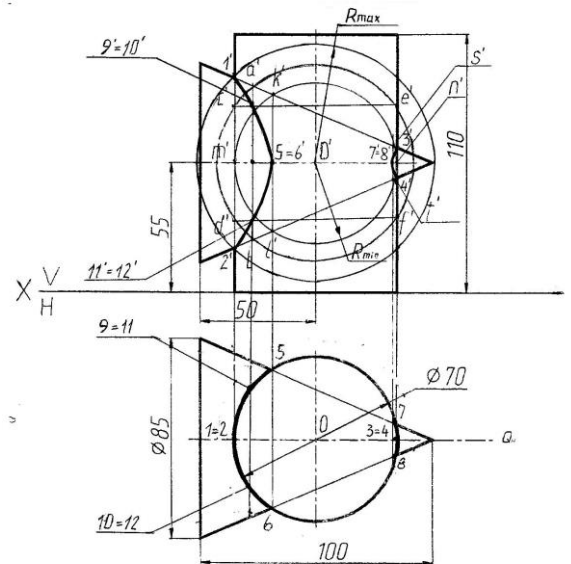


Рис. 6.

Литература

1. Начертательная геометрия: учебное пособие / Н.А. Антипина, С.П. Буркова, Г.Ф. Винокурова, Р.Г. Долотова; 2012. – 232с.

Курс начертательной геометрии / В.О. Гордон, М.А. Семенцов-Огиевский / 22-е издание; 1977. – 366с.

ВЕРИФИКАЦИЯ ПАКЕТА ANSYS FLUENT НА ЗАДАЧЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ В ЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ

А. И. Иванов, М. А. Шеремет
Томский политехнический университет
Andruxa_ivanich@mail.ru

Введение

В последнее время все больше внимания уделяется задачам конвективного теплопереноса при наличии осложняющих факторов, что связано как с попыткой обобщения теории конвективного теплопереноса, так и с широкими возможностями моделирования сложных технических систем. Конвективные движения являются неотъемлемыми элементами многих природных процессов, наблюдаемых в атмосфере и океанах Земли, а также течений, реализуемых в различных технологических устройствах. Это определяет большой интерес экспериментальному и численному изучению конвективных процессов [1]. Однако изучение формирования подобных течений в эксперименте требуют больших временных и материальных затрат. В отличие от эксперимента, численный подход дает возможность варьировать ряд важных параметров задачи, таких как вязкость, линейная скорость движения модели, температура различных элементов, существенно влияющих на формирование и поведение конвективных течений.

Целью данной работы, является проведение численного исследования конвективных течений в дифференциально обогреваемой кубической полости на основе программного комплекса ANSYS FLUENT.

Постановка задачи

Область решения представляет собой кубическую полость, заполненную воздухом, (рис. 1) с двумя различно нагреваемыми вертикальными стенками $x = 0$ и $x = L$. Остальные четыре стенки считаются теплоизолированными. Предполагается, что теплофизические свойства воздуха не зависят от температуры, а режим течения – ламинарный.

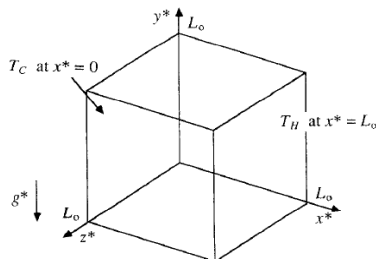


Рис. 1. Область решения

В качестве математической модели рассматривались уравнения Навье-Стокса вязкой жидкости в приближении Буссинеска в безразмерном виде [2]:

$$\text{div}V = 0 \quad (1)$$

$$\rho \left(\frac{d\vec{V}}{dt} + (\vec{V}, \nabla) \vec{V} \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{V} + \rho g \beta L (T - T^e) \quad (2)$$

$$\rho c_p \left(\frac{dT}{dt} + (\vec{V}, \nabla) T \right) = \lambda \nabla^2 T \quad (3)$$

Здесь V – вектор скорости, p, T – давление и температура, μ – динамическая вязкость, λ – коэффициент температуропроводности, g – ускорение свободного падения, L – характерный размер, β – коэффициент объемного расширения, ∇ – оператор набла.

Граничные условия: $u = w = v = 0$ на всех стенках, $T = T_1$ на границе $x=0$, $T = T_2$ на границе $x=L$ и $\frac{\partial T}{\partial n} = 0$ в L , где n указывает на координату, нормальную к поверхности.

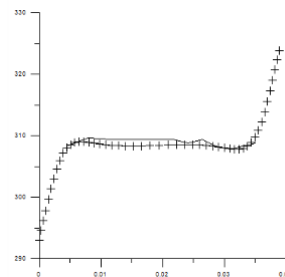
Задача (1)–(3) с соответствующими краевыми условиями решена на основе программного комплекса ANSYS FLUENT.[2]. Используемый метод решения был протестирован на нескольких модельных задачах.

Результаты решения

Численный анализ проведен при следующих значениях ключевых параметров: $T_1 = T_2 = 293 \pm 323,842$ К, $Pr = 0,7$, $L = 0,0389$ м.

На рис.2-3 представлены профили температуры и скорости в сравнении с данными [2] при $Ra = 10^5$ ($293 \pm 323,842$ К). Сплошные линии соответствуют результатом расчета на основе программного комплекса ANSYS FLUENT, а символами представлены данные эксперимента [5].

Показанные распределения на рис. 2 и 3 характеризуют формирование конвективных восходящих и нисходящих течений, вследствие перепада температур на вертикальных стенках.



а)

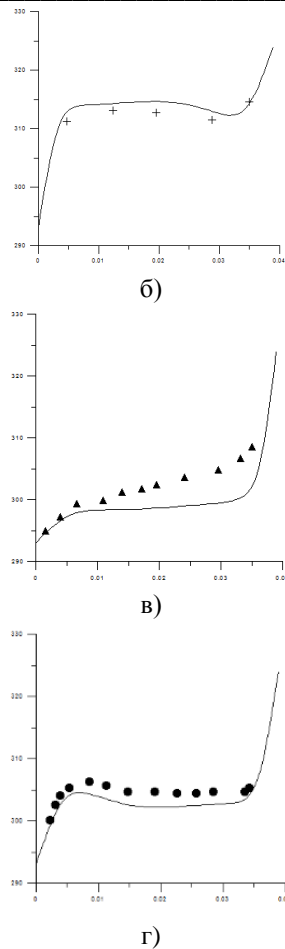


Рис. 2. Профили температур при $Ra=10^5$ (293 К, 323,842 К), в сечении а) $y=0,5$; б) $y=0,7$; в) $y=0,1$; г) $y=0,3$.

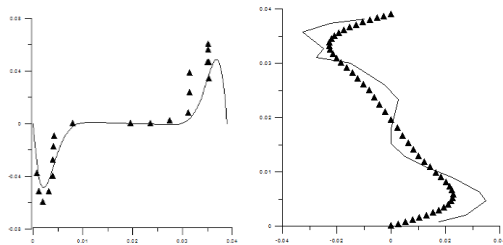


Рис. 3. Горизонтальные и вертикальные профили компонент скорости (u, v) при $Ra=10^5$ (293 К, 323,842 К) в сечении $y=0,5$.

На рис. 4 проиллюстрированы пространственные поля температуры в сравнении с данными [5].

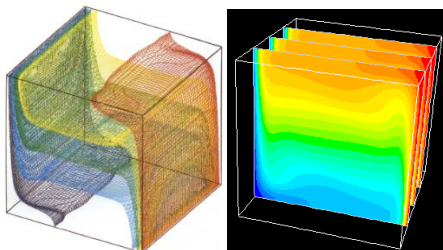


Рис. 4. Поле температуры при $Ra=10^6$

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что увеличение числа Рэ-лея существенно влияет на конвективное течение [10]. При его увеличении, конвективные действия усиливаются. Полученные трехмерные результаты демонстрируют удовлетворительную согласованность с экспериментальными данными статьи [7-9].

Сравнение численных результатов с данными позволяет считать возможным использование программного комплекса ANSYS FLUENT для моделирования конвективных течений в замкнутых областях.

Литература

1. Тарунин Е.Л. Вычислительный эксперимент в задачах свободной конвекции. Иркутск:Изд-во Иркут. ун-та, 1990. 228 с.
2. T. Fusegi, J. M. Hyun, K. Kuwaharas and B. Farouk. A numerical study of three-dimensional natural convection in a differentially heated cubical enclosure// Great Britain. Heat Mass Transfer. Vol. 34, No. 6. PP. 1543-1557, 1991.
3. Расчет течений жидкостей и газов с помощью универсального программного комплекса Fluent. Учеб. пособие/ О.В. Батуриин, Н.В. Батуриин, В.Н. Матвеев – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. - 151с.: ил.
4. Построение расчетных моделей в препроцессоре *Gambit* универсального программного комплекса *Fluent*: учеб. пособие/ О.В. Батуриин, Н.В. Батуриин, В.Н. Матвеев – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. - 172с.: ил.
5. R. J. Krane and J. Jessee, Some detailed field measurements for a natural convection flow in a vertical square enclosure, Proc. 1st ASME-JSME Thermal Engng Joint Conf., Vol. I, pp. 3233329 (1983).
6. G. D. Mallinson and G. de Vahl Davis, Three-dimensional natural convection in a box : a numerical study, J. Fluid Mech. 83, 1-31 (1977).
7. S. M. Bajorek and J. R. Lloyd, Experimental investigation of natural convection in partitioned enclosures, J. Heat Transfer 104,527-532 (1982).
8. S. M. Bilski, J. R. Lloyd and K. T. Yang, An experimental investigation of the laminar natural convection velocity in square and partitioned enclosures, Proc. 8th Int. Heat Transfer Conf., Vol. 4, pp. 151331518 (1986).
9. M. S. Bohn, A. T. Kirkpatrick and D. A. Olson, Experimental study of three-dimensional natural convection high-Rayleigh number. J. Heat Transfer 106, 339-345 (1984).
10. J. M. Hyun and J. W. Lee, Transient natural convection in a square cavity of a fluid with temperature-dependent viscosity, Int. J. Heat Fluid Flow 9, 278-285 (1988).

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

Семенков И.В.

Томский политехнический университет

semenkov@tpu.ru

Многофазные свинцовистые бронзы используются в машиностроении для изготовления изделий с высокими антифрикционными и противозадирными свойствами, например, подшипников скольжения. Но в ряде случаев детали из таких материалов разрушаются вследствие недостаточно высокой прочности. Свинец практически не растворяется ни в одном из компонентов таких бронз и образует включения, значительно снижающие прочностные характеристики бронзы. На прочность бронз будет влиять не только количество свинца, но также форма и размер свинцовых включений, формирование которых определяется рядом технологических факторов (температурой заливки, скоростью охлаждения и др. [1,2]). Вопросы формообразования свинцовых включений в многокомпонентных бронзах и влиянии морфологии таких включений на механические свойства рассматриваются в работе [3]. Из нее следует, что сферическая форма включений, получаемая при низких скоростях охлаждения, позволяет получить наиболее высокие прочностные свойства. Однако в работе не рассматривается вопрос о влиянии такой формы свинцовых включений на триботехнические свойства отливок.

В данной работе изучалось влияние формы свинцовых включений получаемых при различных скоростях охлаждения на коэффициент многокомпонентной свинцовистой бронзы марки БрОСЦН-10-8-2-2. Исследуемая бронза выплавлялась в высокочастотной индукционной тигельной печи ВЧГ2-100/0,066 из технически чистых компонентов в тигле из силицированного графита. Состав шихты этой бронзы приведен в таблице 1.

Таблица 1. Содержание элементов % масс.

Марка бронзы	Содержание элементов, % масс					
	Pb	Cu	Zn	Ni	Sn	Раскислитель
БрОСЦН-10-8-2-2	8	77,5	2	2	10	0,5

Раскисление проводилось фосфористой медью перед закладкой свинца в расплав.

Температуру заливки составляла 1150°C и контролировалась быстродействующим оптическим пирометром ТПТ-90 с лазерным наведением.

Заливка проводилась в холодные графитовые формы при температуре 25°C после чего они охлаждались на воздухе (скорость охлаждения ~80 °/мин) и в горячие формы, нагретые до 800°C, которые охлаждались вместе с печью от 800°C

(скорость охлаждения ~4 °/мин). Отливки представляли собой цилиндры с диаметром 17 мм и высотой 70 мм.

Микроструктура образцов изучалась на оптическом микроскопе ZEISS AXIO Observer.A1m со встроенной фотокамерой и ZEISS Axiovert 40 MAT, травления шлифов не проводилось. Количественные характеристики микроструктуры (процент структурных составляющих и их средний размер) определяли с помощью разработанной компьютерной программы [4].

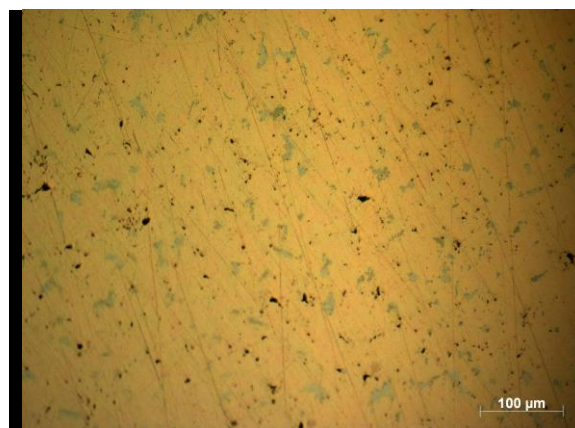
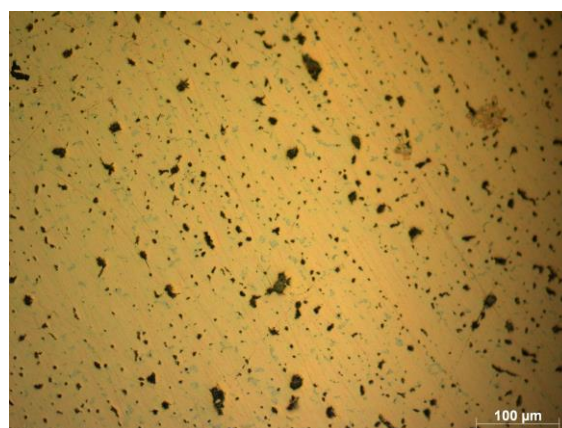


Рис.1. Микроструктура многокомпонентной бронзы марки БрОСЦН-10-8-2-2 полученных: а – с низкой; б - с высокой скоростью охлаждения.

Исследования триботехнических свойств образцов проводилось на испытательной машине СМТ-1 проводились сравнительные испытания по схеме вал-колодка двух типов образцов с использованием смазки М8Г на скорости 300 об/мин. Определялся коэффициент трения двух типов образцов из исследуемой бронзы. Одни полученные с высокой скоростью охлаждения и рваными мел-

кими включениями свинца, другие с низкой скоростью охлаждения и сферической формой свинцовых включений.

Проведенные металлографические исследования показали, что в результате изменения скоростей охлаждения формируется различная морфология включений легкоплавкой фазы в отливках в соответствии с данными изложенными в [3]. Высокая скорость охлаждения привела к образованию большого количества мелких разветвленных включений свинца с рваной межфазной поверхностью. Низкая скорость охлаждения отливок из бинарной свинцовистой бронзы привела к образованию в структуре сферообразных включений легкоплавкой фазы с гладкой межфазной поверхностью (см. рис. 1).

В процессе трения свинец будет выкрашиваться, образуя поры на поверхности трения. Эти пустоты будут играть роль масляных карманов, причем форма и размеры этих карманов будут в значительной мере определять коэффициент трения материала.

Проведенные триботехнические испытания показали, что в диапазоне нагрузок от 20 до 200 кг коэффициент трения образцов со сферической формой свинцовых включений на 30-50% выше, чем у аналогичных образцов, но с рваной хлопьевидной формой включений.

Так средний коэффициент трения при скорости вращения вала 300 об/мин. составил 0,082 для образцов с рваной формой включений и 0,122 для образцов со сферической формой включений.

Проведенные с помощью разработанной программы исследования морфологии свинцовых включений показывают что их средние размеры при низкой скорости охлаждения (~4 °С/с) в 1,6 раз больше чем при высоких скоростях охлаждения (~80 °С/с). Проведенные исследования на бинарных свинцовистых бронзах показывают, что сферическая форма масляных карманов более благоприятна для процесса трения. Смазка лучше удерживается в них, обеспечивая более низкий коэффициент трения. Но в данном случае коэффициент трения образцов полученных с более мелкими рваными включениями свинца ниже образцов со сферическими гладкими включениями. Это может объясняться наличием в быстро охлажденных образцах большего количества твердого электронного соединения (голубая фаза на рис. 2 а,б). Компьютерный расчет показал, что быстро охлажденные образцы, содержащие в структуре электронного соединения в 2 раза больше, в сравнении с медленно охлаждаемыми образцами.

В итоге по результатам исследований можно сделать вывод о том, что снижение скорости охлаждения многокомпонентных бронзы БрОСЦН-10-8-2-2 приводит к увеличению коэффициента трения.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 596-600.
3. // Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.
4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.
5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы брОСЦН-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.
6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнолитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.
7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.
8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.
9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.
10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.

ПРОГРАММНАЯ ОЦЕНКА МОРФОЛОГИИ ПРАМЕТРОВ СТРУКТУРЫ СВИНЦОВИСТЫХ БРОНЗ

Петренко Ю.Н.

Томский политехнический университет

pet@tpu.ru

Двухфазные свинцовистые бронзы используются в машиностроении для изготовления изделий с высокими антифрикционными и противозадирными свойствами, например, подшипников скольжения. Однако такие бронзы обладают низкими механическими характеристиками из-за большого количества свинца. Свинец практически не растворяется в меди и образует включения, значительно снижающие прочностные характеристики бронзы. На прочность бронз будет влиять не только количество свинца, но также форма и размер свинцовых включений, формирование которых определяется рядом технологических факторов (температурой заливки, скоростью охлаждения и др. /1,2/). Подробно вопросы формообразования свинцовых включений рассмотрены в работе 3. Из нее следует, что сферическая форма включений, получаемая при низких скоростях охлаждения, позволяет получить наиболее высокие прочностные свойства. Однако в работе не рассматривается вопрос о влиянии такой формы свинцовых включений на триботехнические свойства отливок.

В данной работе изучалось влияние формы свинцовых включений получаемых при различных скоростях охлаждения на коэффициент трения свинцовистых бронз марок БрС10 и БрС30. Исследуемые бронзы выплавляли в высокочастотной индукционной тигельной печи ВЧГ2-100/0,066 из технически чистых компонентов в тигле из силицированного графита. Состав шихты исследуемых бронз приведен в таблице 1.

Таблица 1. Содержание элементов % масс.

Марка бронзы	Содержание элементов, % масс		
	Pb	Cu	Раскислитель
БрС10	10	89,5	0,5
БрС30	30	69,5	0,5

Раскисление проводилось фосфористой медью перед закладкой свинца в расплав.

Температуру заливки составляла 1150°C и контролировалась быстродействующим оптическим пирометром ТПТ-90 с лазерным наведением.

Заливка проводилась в холодные графитовые формы при температуре 25°C после чего они

охлаждались на воздухе (скорость охлаждения ~60 °/мин) и в горячие формы нагретые до 1000°C, которые охлаждались вместе с печью от 1000°C (скорость охлаждения ~2 °/мин). Отливки представляли собой цилиндры с диаметром 17 мм и высотой 70 мм.

Микроструктура образцов изучалась на оптическом микроскопе ZEISS AXIO Observer.A1m со встроенной фотокамерой и ZEISS Axiovert 40 MAT, травления шлифов не проводилось. Количественные характеристики микроструктуры (процент структурных составляющих и их средний размер) определяли с помощью разработанной компьютерной программы /4/.

Исследования триботехнических свойств образцов проводилось на испытательной машине СМТ-1 проводились сравнительные испытания по схеме вал-колодка двух типов образцов с использованием смазки М8Г на скорости 300 об/мин. Определялся коэффициент трения образцов из бронз БрС10 и БрС30. Для каждой марки бралось по паре образцов. Одни полученные с высокой скоростью охлаждения и рваными мелкими включениями свинца, другие с низкой скоростью охлаждения и сферической формой свинцовых включений.

Проведенные металлографические исследования показали, что в результате изменения скоростей охлаждения формируется различная морфология включений легкоплавкой фазы в бронзовых сплавах в соответствии с данными изложенными в /3/. Высокая скорость охлаждения привела к образованию большого количества мелких разветвленных включений свинца с рваной межфазной поверхностью. Низкая скорость охлаждения отливок из бинарной свинцовистой бронзы привела к образованию в структуре сферообразных включений легкоплавкой фазы с гладкой межфазной поверхностью (рис. 1).

В процессе трения свинец будет выкрашиваться, образуя поры на поверхности трения. Эти пустоты будут играть роль масляных карманов, причем форма и размеры этих карманов будут в значительной мере определять коэффициент трения материала. Проведенные

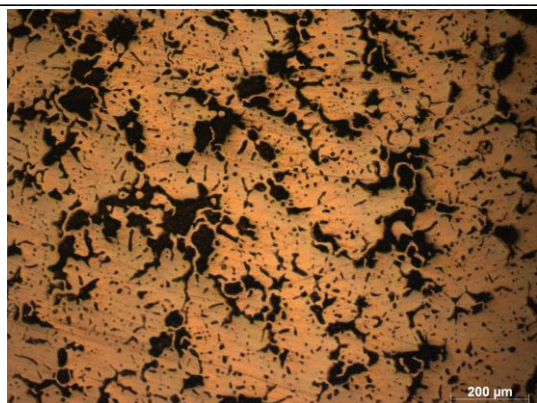


Рис.1 Микроструктура двухкомпонентных свинцовистых бронз марки БрС 30 полученных: а – с низкой; б - с высокой скоростью охлаждения.

Триботехнические испытания показали, что в диапазоне нагрузок от 20 до 200кг коэффициент трения образцов со сферической формой свинцовых включений на 30-50% ниже, чем у аналогичных образцов, но с рваной хлопьевидной формой включений.

Так средний коэффициент трения при скорости вращения вала 300 об/мин. составил 0,011 для образцов с рваной формой включений и 0,007 для образцов со сферической формой включений для бронзы марки БрС 10. И для бронзы БрС30 те же данные составили значения 0,054 для рваной формы включений и 0,039 для сферической формы (см. рис. 2).

Проведенные ранее исследования морфологии свинцовых включений показывают что их средние размеры при низкой скорости охлаждения (~2 °С/с) в 1,5 больше чем при высоких скоростях охлаждения (~60 °С/с). Проведенные исследования показывают, что такая форма масляных карманов более благоприятна для процесса трения. Смазка лучше удерживается в них, обеспечивая более низкий коэффициент трения.

Таким образом, на основании проведенных испытаний можно сделать вывод о том, что сферическая форма свинцовых включений в бинарных свинцовистых бронзах приводит не только к получению более высоких прочностных свойств, но и к снижению коэффициента трения.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 596-600.
3. // Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.
4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.
5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы брС10-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.
6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнолитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.
7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.
8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.
9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.
10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.

СПОСОБ ОЦЕНКИ УГАРА И ЛИКВАЦИИ СВИНЦА ПРИ ВЫПЛАВКЕ СВИНЦОВИСТЫХ БРОНЗ

Дроздов Ю.Ю.

Томский политехнический университет

yud@tpu.ru

Двухфазные свинцовистые бронзы используются в машиностроении для изготовления изделий с высокими антифрикционными и противозадирными свойствами, например, подшипников скольжения. Однако такие бронзы обладают низкими механическими характеристиками из-за большого количества свинца. Свинец практически не растворяется в меди и образует включения, значительно снижающие прочностные характеристики бронзы. Количество свинца введенного в расплав, а так же потерянного при ведении плавки и в процессе затвердевания будет оказывать значительное влияние на механические и триботехнические свойства отливок.

На кафедре Материаловедения и технологии металлов МСФ ТПУ уже несколько лет ведутся работы по изучению свинцовистых, свинцово-оловянистых и многокомпонентных бронз. Основываясь на данных исследователей и собственных исследовательских работах было выполнено достаточно много исследований по этой теме. В работах использовались новые методы изучения гетерофазного строения, опубликованные в работах [1,2] с помощью разработанной на кафедре компьютерной программы “Система КОИ”. Целью настоящей работы является оценка угара и ликвации свинца при выплавке свинцовистых бронз.

Необходимость проведения настоящих исследований вызвана несколькими причинами. Во-первых, несмотря на простой химический состав бинарных свинцовистых бронз в литературе присутствуют разногласия по поводу возможности растворения свинца в меди и меди в свинце. Так большинство авторов придерживается мнения, что небольшой процент свинца теряемого при плавке бронз уходит в угар, однако другими авторами утверждается, что небольшой процент свинца в определенных случаях может быть растворен в меди. Во-вторых, в литературе присутствуют некоторые разногласия по вопросу прямой и обратной ликвации в свинцовистых бронзах, недостаточно данных о количественных характеристиках процесса и о конкретных скоростях охлаждения.

В ходе экспериментов были получены образцы из бронзы марки БрС10. Плавка велась в высокочастотной индукционной тигельной печи ВЧГ2-100/0,066 из технически чистых компонентов в тигле из силицированного графита. Раскисление проводилось фосфористой медью перед закладкой свинца в расплав. Температура заливки составляла 1150°C и контролировалась быстродействующим

оптическим пирометром ТПТ-90 с лазерным наведением. Скорости охлаждения измерялись с помощью разработанного на кафедре МТМ ТПУ прибора “Термограф” по методике описанной в [3]. Для полученных образцов были проведены рентгено-флуоресцентный (РФА) и металлографический анализы. Следует заметить, что влияние наследственности шихтовых материалов не учитывалось в настоящих исследованиях.

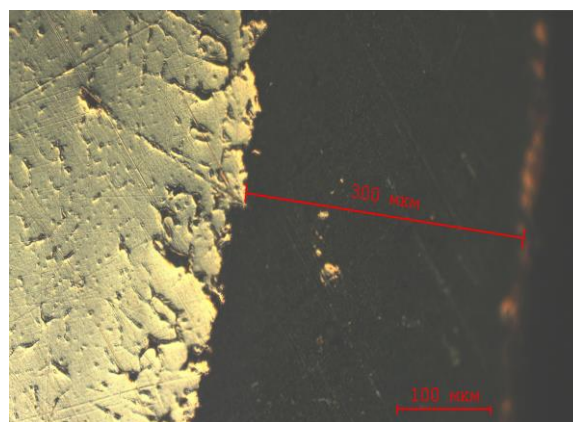


Рис. 1. Размеры ликвационного слоя.

Результаты проведенного рентгено-флуоресцентного анализа (РФА) свидетельствуют о малом угаре свинца, не более 0,5%. Для образцов заливаемых в холодную форму имеет место явление обратной ликвации, когда значительное количество легкоплавкой фазы выделяется на поверхности отливки в виде тонкого поверхностного слоя. Измерение скорости охлаждения показало, что это происходит при скоростях охлаждения ~90-100°/с (в интервале от температуры заливки до 800°С). На поверхности выделяется по данным РФА около 15% свинца (от всей его массы), что согласуется с его расчетной массой выделившегося на поверхности. На фотографиях микроструктуры толщина поверхностного слоя выделившегося свинца составляет около 0,27мм (среднее значение по результатам более чем 10 измерений). Таким образом, расчетное количество свинца выделившегося на поверхности по расчетам ~19,7% (от его общего количества по массе) несколько превышает данные РФА анализа ~15%. Расхождение объясняется неравномерностью распределения свинца по сечению отливки. Диаметр рентгеновского пучка, излучаемого родиевой трубкой, составляет 34 мм и захватывает только центральные части отливки. Проведенный анализ распределения свинца по сечению отливки с помощью программы “Система КОИ” показывает, что

наибольшее количество свинца располагается в центральной части отливки (8,8-8,9% по массе) и в небольшом поверхностном слое (до 10% по массе). Срединный слой получается обедненным по свинцу (7-8% по массе). Таким образом, промежуточный слой отливки, обедненный легкоплавкой составляющей, оказывается частично исключенным из расчета, чем и объясняются меньшие потери, показанные РФА анализом. Расчет, произведенный с помощью программы «Система КОИ» совпал с данными расчетов с точностью 3%.

Такое распределение легкоплавкой фазы объясняется следующим: создаваемая усадкой внешних слоев давлением свинцовая фаза, находящаяся в жидком состоянии, просачивается по межзеренным промежуткам (как показали проведенные металлографические исследования) и, выходя наружу, упирается в литейную форму и растекается ровным слоем по поверхности отливки. В момент окончательной кристаллизации поверхностного слоя не успевшие выделиться на поверхность скопления свинца оказываются зажаты между кристаллами меди. С удалением от края скорость охлаждения снижается, в результате снижается разность усадки слоев бронзы и сила выталкивающая свинец на периферию. Получается, что из промежуточного слоя часть свинца выделилась в поверхностные слои и на поверхность, а из центральной зоны в промежуточную ликвация шла более медленными темпами. В результате этого промежуточный слой получился обедненным легкоплавкой фазой, а в центральной зоне её содержание осталось на одном уровне и более равномерно распределено.

Таким образом, получены данные соответствуют положениям опубликованным в работе [4] по механизму обратной ликвации. Близость результатов полученных тремя различными методами РФА, компьютерным анализом и математическим расчетом говорит о достоверности полученных результатов. Полученные данные говорят о ликвации легкоплавкой фазы в случаях быстрого охлаждения, в будущем планируется изучить её распределение в условиях медленного охлаждения.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе //

Фундаментальные исследования. 2012. № 6-3. С. 596-600.

3. Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.
4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.
5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы брос10-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.
6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнолитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.
7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.
8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.
9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.
10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.
11. Мартюшев Н.В. Триботехнические свойства свинцовосодержащих бронз // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2012. Т. 55. № 5-2. С. 201-204.
12. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Параметры дендритной структуры заготовок сегментных колец компрессоров ядерной промышленности / *Цветные металлы*. 2012. № 10. С. 100-103.
13. Мартюшев Н.В., Мельников А.Г., Веселов С.В., Терентьев Д.С., Семенов И.В. Режимы активации порошков меди и оксида алюминия в шаровой мельнице // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2012. № 3. С. 103-106.

ПРОГРАММНАЯ ОЦЕНКА УГАРА И ЛИКВАЦИИ СВИНЦА ПРИ ВЫПЛАВКЕ СВИНЦОВИСТЫХ БРОНЗ

Дроздов Ю.Ю.

Томский политехнический университет

yud@tpu.ru

Количественная оценка параметров структуры материалов является одной из задач в исследовательских работах по определению влияния технологических факторов и различных видов обработки материалов. Такая оценка может быть проведена как для видимой плоскостной микроструктуры, так и для пространственного строения [1].

Наибольшей трудоемкостью в оценках структуры является первичный замер геометрических параметров структурных составляющих. Ранее, до появления ПЭВМ, существовали дорогостоящие установки типа EPIQUANT для автоматического структурного анализа. С развитием цифровой техники появилась возможность проводить исследование с гораздо большей производительностью и меньшими затратами на оборудование.

В настоящей работе предлагается программный продукт для автоматического структурного анализа, позволяющий использовать ПЭВМ, цифровой фотоаппарат (или сканер) и микроскоп

В цифровом виде исследуемое изображение представляется в виде большого количества точек – пикселей, расположенных последовательно в виде горизонтальных цепочек. Непосредственно файл содержит коды цветов пикселей, а их координаты получаются автоматически. Программа извлекает коды цветов, сравнивает с заданными пользователем значениями и, в зависимости от результата, добавляет к банку данных белой, либо черной фазы. Так собирается информация о количестве черной и белой фазы, процент серой фазы вычисляется как остаток. Гистограмма же белой или черной фазы получается путем линейного поиска одноцветных цепочек пикселей, с вычислением их длины и последующей сортировкой по размерам. Сканирование изображения ведется в горизонтальном направлении большое число раз (порядка нескольких сотен), а количество точек для белой и черной фазы (порядка нескольких десятков тысяч точек) сортируется и суммируется.

Интерфейс программы (рис. 1) представлен окном выбора каталогов, списком файлов, полями вывода результатов обработки, линейками задания уровня сигнала для белой и черной фазы и т. д. Программа имеет ряд настроек, которые, например, позволяют строить гистограмму по белой или черной фазе, изменять уровень интенсивности сигнала, задавать коэффициент увеличения изображения.

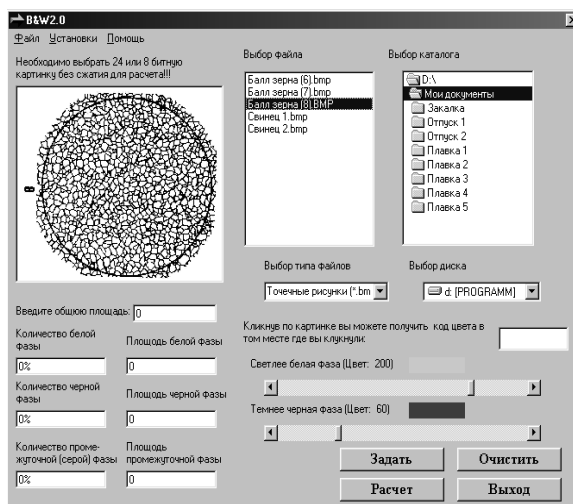


Рис. 1 Интерфейс программы

Для практического проведения компьютерного анализа структуры выполняется следующий порядок действий:

1. Подготовка микроструктуры для фотографиярования.
2. Съемка микроструктуры цифровым фотоаппаратом или сканирование с готовой фотографии.
3. Запись цифровой информации о структуре на винчестер ПЭВМ
4. Настройка программы для расчета соответствующих структурных составляющих и проведение структурного анализа

Результаты структурного анализа выводятся как в текстовый файл, так и в файл Excel для дальнейшей обработки пользователем.

К достоинствам предлагаемого программного продукта можно отнести его относительную дешевизну и простоту (программа русскоязычна и имеет подробную документацию). Из недостатков следует упомянуть зависимость точности получаемых результатов от качества (контрастности) получаемых изображений. Хотя с помощью некоторых программ работы с графикой (Adobe Photoshop, Corel Draw и т.д.) можно получить необходимый уровень контрастности.

В качестве примера, в таблице приведены результаты структурного анализа литого инструментального сплава железа с углеродом и ванадием, микроструктура которого приведена на рис.2

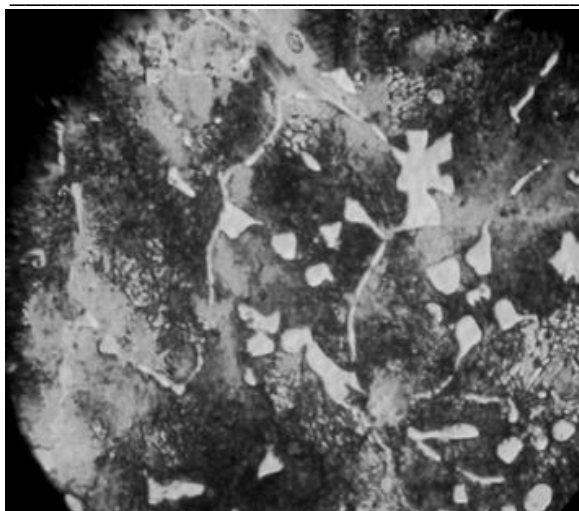


Рис.2. Микроструктура литого сплава.

Таблица 1. Результаты анализа структуры

Белая фаза (карбидная)-	14%
Черная матрица -	46%
Серая матрица -	40%
Средний размер карбидов	1,37 мкм
Дисперсия	0,09
Коэффициент вариации	0,02
Интервал (мкм)	Количество частиц в интервале
0 - 1 (1)	4968
1 - 2 (2)	1495
2 - 3 (3)	649
3 - 4 (4)	357
4 - 5 (5)	272
5 - 6 (6)	205
6 - 7 (7)	100
7 - 8 (8)	43
8 - 9 (9)	15
9 - 10 (10)	13

Время проведения анализа структуры, приведенной на рис.2, составило 35 сек.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 596-600.

3. Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.
4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.
5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы брос10-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.
6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнолитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.
7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.
8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.
9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.
10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.
11. Мартюшев Н.В. Триботехнические свойства свинцовосодержащих бронз // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2012. Т. 55. № 5-2. С. 201-204.
12. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Параметры дендритной структуры заготовок сегментных колец компрессоров ядерной промышленности // *Цветные металлы*. 2012. № 10. С. 100-103.
13. Мартюшев Н.В., Мельников А.Г., Веселов С.В., Терентьев Д.С., Семенов И.В. Режимы активации порошков меди и оксида алюминия в шаровой мельнице // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2012. № 3. С. 103-106.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ СИГНАЛА ФАЗ В КОМПЬЮТЕРНОМ АНАЛИЗЕ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ

Дроздов Ю.Ю.

Томский политехнический университет

yud@tpu.ru

Компьютерный анализ структуры материалов в настоящее время активно развивается и имеет достаточно хорошую перспективу. Теоретические основы количественного анализа разработаны Салтыковым С.А. [1], однако его использование затруднялось отсутствием быстродействующих ЭВМ.

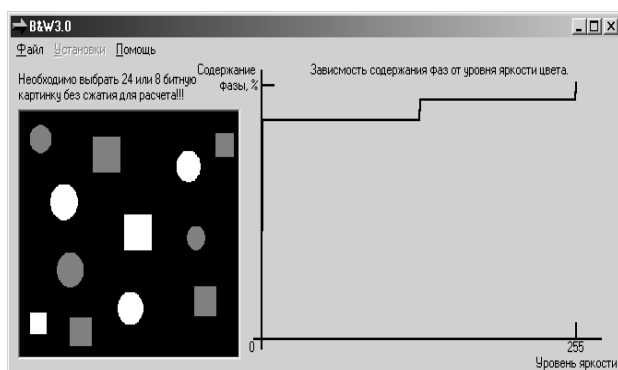


Рис. 1. График зависимости количества фаз рисованной структуры от уровня яркости фаз.

В настоящее время на рынке программных продуктов существует несколько программ по оценке количественных характеристик металлографической структуры [2,3]. Одной из проблем предлагаемых программ является определение принадлежности составляющих микроструктуры к той или иной фазе. На этапе микроанализа эта проблема решается созданием цветового или светового контраста составляющих микроструктуры при травлении шлифа. Если учесть, что каждый цвет при хранении информации в ЭВМ представлен виде чисел то для идентификации фаз необходимо определить нижнюю и верхнюю границы уровня яркости соответствующей фазы.

В настоящей работе рассматривается 3 возможных способа определения уровня сигнала фаз:

1. Точечный
2. Графический
3. Визуальный

При точечном методе в разработанной программе [3] уровень яркости определяется в нескольких точках на различных частицах одной и той же фазы нажатием левой кнопки мыши. Максимальный (для темной фазы) или минимальный (для светлой фазы) уровень будет определяющим для расчета. При этом могут возникать неточности из-за пропуска частиц фазы с более высоким или низким уровнем яркости.

При втором методе уровень яркости фаз определяется из графической зависимости количества фазы от уровня яркости. Графическая зависимость представляет собой интегральную характеристику количества фаз во всем интервале уровней яркости (от 0 до 255). Например, если черная фаза имеет уровень яркости 0, а серая 50 и выше, то графическая зависимость имеет вид прямой линии до значения 50 по абсциссе, а значение по ординате соответствует количеству черной фазы и т.д. В идеальном случае, например, для рисованной структуры, зависимость имеет вид ступенчатой кривой (рис. 1). Каждая ступень на графике означает переход от одной фазы к другой. Задача построения интегральной характеристики количества фаз автоматизирована и решается с помощью компьютера.

Для реальных структур эта зависимость будет иметь такой же характер, но на углах появятся закругления и наклон ступеней (рис.2). Радиус закруглений зависит от ширины переходной зоны для фаз с различной яркостью, а наклон вызван наличием интервала яркости для данной фазы. В рассматриваемом случае двухфазная структура состоит из небольшого количества темной фазы и матрицы серого цвета. Верхний уровень яркости для темной фазы и нижний уровень для матрицы

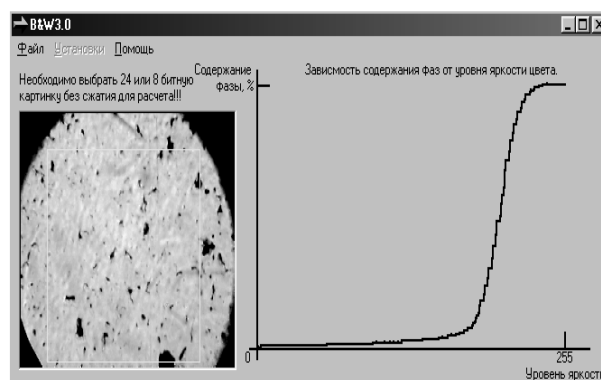


Рис.2. График зависимости количества фаз реальной структуры от уровня яркости.

определяется величиной уровня яркости соответствующей середине первой кривой сопряжения.

Для этого метода проведена работа по оценке влияния обработки изображения (изменение яркости и контрастности) с помощью программы FotoShop. В табл.1 приведены значения уровней яркости и контрастности и соответствующие им количество темной фазы реальной структуры рис.2.

Табл.1. Результаты компьютерного анализа микроструктуры

Уровень контрастность	
значение	% черной фазы
0	8,48
20	8,48
40	8,48
60	8,48
Уровень яркость	
значение	% черной фазы
0	8,48
20	8,48
40	4,34
60	2,58

Из таблицы следует, что изменение степени контрастности не оказывает влияние на содержание фаз, тогда как повышение уровня яркости приводит к уменьшению доли черной фазы. Таким образом, обработка изображения не приводит к повышению точности определения количественных характеристик структуры и, поэтому, главный упор необходимо делать на качество подготовки металлографического шлифа и его травления.

При втором методе так же существует некоторая (хотя и значительно меньшая чем при первом) неточность в определении уровня яркости фаз.

С этой точки зрения наиболее перспективным представляется третий метод. При определении уровня сигнала фазы визуальным методом предлагается следующий алгоритм: изменение уровня яркости вызывает перекодировку цвета фазы и пользователь меняет уровень яркости до тех пор, пока все частицы искомой фазы не изменят цвет. Таким образом, определяется верхний уровень для темной фазы и нижний для светлой. Верхний уровень для темной фазы является нижним для промежуточной фазы, а нижний уровень светлой фазы для промежуточной фазы будет верхним.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 596-600.

3. Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.
4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.
5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы брос10-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.
6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнолитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.
7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.
8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.
9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.
10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.
11. Мартюшев Н.В. Триботехнические свойства свинцовосодержащих бронз // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2012. Т. 55. № 5-2. С. 201-204.
12. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Параметры дендритной структуры заготовок сегментных колец компрессоров ядерной промышленности // *Цветные металлы*. 2012. № 10. С. 100-103.
13. Мартюшев Н.В., Мельников А.Г., Веселов С.В., Терентьев Д.С., Семенов И.В. Режимы активации порошков меди и оксида алюминия в шаровой мельнице // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2012. № 3. С. 103-106.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СРЕДЕ MATLAB С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНЦЕПЦИИ «ФИЗИЧЕСКОГО» МОДЕЛИРОВАНИЯ

М.Н. Морозов, П.А. Стрижак
Томский политехнический университет
tpu_chm@tpu.ru

Введение

В последнее время вопрос энергосбережения и повышения энерго- и ресурсоэффективности во всех сферах жизнедеятельности стал подниматься на различных уровнях [1,2]. Особое значение уделяют мероприятиям, направленным на повышение энергоэффективности зданий и сооружений административного и производственного назначений [3]. Тем не менее, общедоступные подходы к энергосбережению, предусматривающие внедрение наилучших доступных технологий, далеко не всегда позволяют достигать заявленных Государством целевых показателей энергосбережения. Эффективным решением, как показывает практика, становится внедрение автоматизированных систем управления зданием (АСУЗ).

К современным системам предъявляются серьезные требования касательно комфортного климата помещений [4] и достижению энергосберегающего эффекта. Для решения данных задач специалисты зачастую используют специализированное программное обеспечение (ПО), позволяющее моделировать функционирование даже целого здания. Как правило, стоимость такого ПО, наряду с проблемой интеграции со сторонними программными продуктами тормозит развитие нового направления в технике – энергомоделирования.

Matlab – эффективный инструмент энергомоделирования

Анализ программных продуктов для моделирования позволил выделить ПО Matlab. Выбор обусловлен наличием широких функциональных возможностей [5, 6]: инструменты для анализа динамики систем, связь с рабочей средой Workspace и другими приложениями пакета Matlab (в частности, Control System Toolbox), моделирование различных возмущений (детерминированных или случайных с соответствующими законами распределения) и ситуаций (штатных или нештатных, в том числе – аварийных), возникающих при эксплуатации технической системы.

Использование библиотеки приложения Simscape позволило применить концепцию «акаузального» (физического) моделирования [7].

«Физическое» моделирование с Simscape

Simscape – специализированная библиотека Simulink, содержащая набор блоков из различных областей техники – механические и гидравлические системы, электрические цепи, тепловые эффекты. Использование последних представляет определенный интерес для задачи энергомоделирования зданий и сооружений. Основное преимущество

применения Simscape заключается в «физическом» представлении объекта – модель имеет схожую структуру с реальным объектом, который можно разложить на физические процессы и элементы. Например, в основе математической модели помещения лежит закон сохранения энергии:

$$dE_B/dt = Q_{от} - Q_{огр},$$

$$E_B = V_B * \rho_B * c_B * T_B,$$

где E_B – внутренняя энергия воздушной среды помещения, Дж;

V_B – объем воздуха в рассматриваемом помещении, м³;

ρ_B – плотность воздуха, кг/м³;

c_B – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг*К);

T_B – температура воздуха внутри помещения, °С;

$Q_{от}$ – теплоступления в помещение от системы отопления, Вт;

$Q_{огр}$ – суммарные теплотери помещения через внешние ограждающие конструкции, Вт.

Энергомоделирование на базе Simulink позволяет использовать все преимущества данного приложения для разработки и настройки систем управления. Например, после реализации тепловой модели здания или помещения и расчета основных параметров инженерных систем, можно выполнить структурный и параметрический синтез системы управления теплоступлением.

Тем не менее, есть проблемы, связанные с созданием комплексных моделей, содержащих тепловые, гидравлические и механические функциональные блоки. Также в процессе работы выявлены недостатки касательно конфигурирования блоков, функционал которых программно ограничен разработчиками Simscape.

Для примера рассмотрим блок конвективной теплопередачи, представленный на рисунке 1. Математическая интерпретация блока описывается законом Ньютона-Рихмана:

$$q_k = k * A * dT,$$

где q_k – тепловой поток, Вт;

k – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К);

A – площадь поверхности теплоотдачи, м²;

dT – разность температур, °С.



Convective Heat
Transfer (Window-Atm)

Рис.1. Стандартный блок конвективной теплопередачи.

Таким образом, параметрами блока являются: коэффициент теплоотдачи, площадь поверхности и разность температур. Однако нет возможности динамически изменять данные параметры в процессе моделирования, что является существенным ограничением для задачи энергомоделирования.

Для решения проблемы разработан специализированный блок (подсистема) с «управляемыми» входами, представленный на рисунках 2 и 3. При этом сохранена возможность применения блока в стандартной «физической сети» Simscape. Использование такого блока позволяет динамически изменять входные параметры, что особенно важно при исследовании влияния ветровой нагрузки, инсоляционных процессов и температуры наружного воздуха на тепловой режим помещений, инженерные системы, а также на локальные системы регулирования.

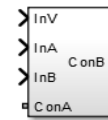


Рис.2. Маска подсистемы конвективной теплопередачи.

Заключение

Для решения задачи повышения энергоэффективности зданий и сооружений предлагается использование математического пакета Matlab с библиотекой Simscape, позволяющей реализовать концепцию «физического» моделирования. Такой подход открывает новые возможности в энергомоделировании относительно исследования эффективности систем управления и тепловых режимов помещений. В процессе разработки выявлены недостатки стандартных блоков Simscape. Проблема решена при помощи создания новых блоков и подсистем с «управляемыми» входами.

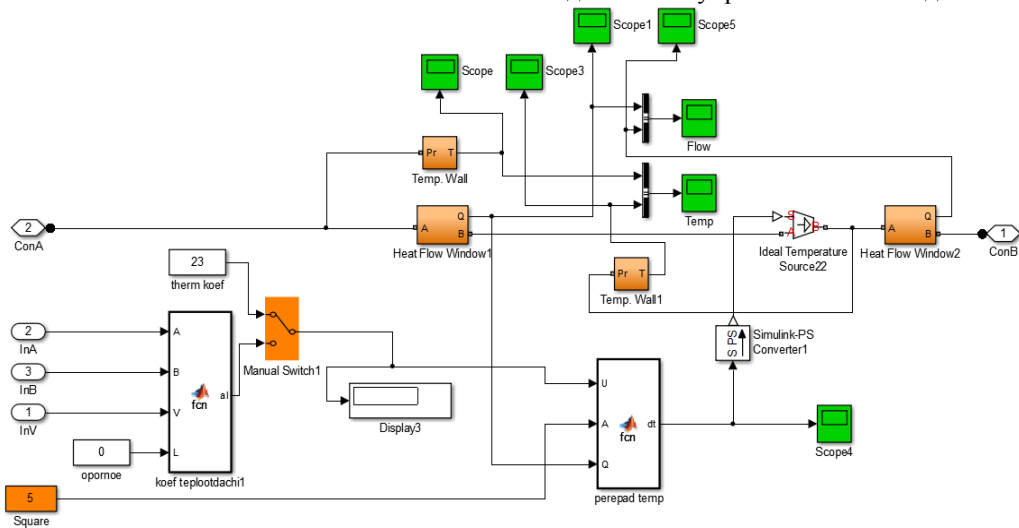


Рис.3. Подсистема конвективной теплопередачи с «управляемыми» входами

Литература

1. Дубягин Ю.П., Дубягина О.П., Марченко Е.М. Стратегия национальной безопасности России и ее соотносимость с энергетической безопасностью и ее важными системными составляющими: энергосбережением и водоподготовкой // Энергосбережение и водоподготовка. 2013. № 3(83). С. 11–16.
2. Парьгин А.Г., Волкова Т.А., Куличихин В.В. О энергонезависимости и надежности тепловых пунктов // Энергетик. 2013. № 3. С. 41–43.
3. Самарин О.Д., Гришневая Е.А. Повышение энергоэффективности зданий на основе интеллектуальных технологий // Энергосбережение и водоподготовка. 2011. № 5. С. 12–14.
4. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. М., 2004.
5. Добротин С.А., Прокопчук Е.Л. Синтез системы упреждающего управления процессом подачи тепла на отопление здания // Проблемы региональной энергетики. 2011. № 2. С. 53–65.
6. Солдатенков А.С., Потапенко А.Н., Глаголев С.Н. Исследование математической модели управления автоматизированным индивидуальным тепловым пунктом с типовыми регуляторами // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. № 1 (2). Том 14. С. 679–684.
7. Broman D., Fritzon P. Higher-order acausal models // 2-nd International workshop on equation-based object-oriented languages and tools. Paphos, Cyprus, July 8, 2008. P. 59–69.

НЕПРИЯТИЕ РИСКА ИНВЕСТОРОВ ПРИ ТОРГОВЛЕ ОПЦИОНАМИ

М.О. Кинева, О.Л. Крицкий
Томский политехнический университет
mariakineva@mail.ru

Введение

Фондовый рынок служит основой движения капитала, создавая рыночный механизм регулируемого его перераспределения в наиболее актуальные отрасли экономики путем работы с ценными бумагами. Исследование фондового рынка является жизненной необходимостью для России, именно он обеспечивает экономический рост, от которого зависит судьба и величие нашей страны, ее место в мировом сообществе.

Портфель ценных бумаг – это совокупность разнообразных финансовых инструментов и активов, которые сильно различаются по своим показателям риска и доходности и своей совокупности приносят максимальную доходность при минимальных рисках. На практике при построении портфеля периодически возникает необходимость хеджирования (ограничения) риска того или иного события на рынке, влекущего отрицательное изменение доходности портфеля. Одним из финансовых инструментов, позволяющих ограничить будущие потери путем отказа от будущей суперприбыли, являются фондовые опционы.

Опционом называется контракт, заключенный между двумя контрагентами, в соответствии с которым один из них предоставляет другому право купить определенный актив по фиксированной цене в рамках заданного периода времени (опцион "колл") или предоставляет право продать определенный актив по фиксированной цене в рамках заданного периода времени (опцион "пут"). Инвестор в течение реального времени должен принять решение о вложении им финансовых средств в рисковые или безрисковые активы на краткосрочный или долгосрочный период. Известно, что каждый инвестор поддается некоторому риску при вложении своих средств. Учитывая разнообразие человеческого характера и действующих внешних факторов, мы можем разделить профессиональных участников фондового рынка на риск-нейтральных, предпочитающих или отрицающих риск. В результате чего, те или иные действия инвесторов оказывают влияние на ликвидность или объем торговли ценными бумагами.

Целью данной работы является выявление отношения инвесторов к риску при торговле опционами. Результаты работы помогут нам понять, от чего зависит стремление к риску профессиональных участников рынка или его боязнь.

В данной работе вычисляется неприятие риска инвесторов. То есть склонность потребителей и инвесторов к принятию того или иного финансового решения в условиях риска. Коэффициент, который помогает инвестору принять решение о

вложении им финансовых средств в рисковые или безрисковые активы на краткосрочный или долгосрочный период, а так же позволяет разделить совокупность профессиональных участников фондового рынка на риск-нейтральных, предпочитающих или отрицающих риск, называется коэффициентом неприятия риска и обозначается a_t . Выведем формулу для расчета коэффициента неприятия риска. Пусть

$$\zeta_T = \exp\left(\int_t^T \frac{\mu-r}{\sigma} d\omega - \frac{1}{2} \int_t^T \left(\frac{\mu-r}{\sigma}\right)^2 dt\right)$$

- множитель Гирсанова. Известно [2], что для опционов европейского типа он вычисляется как

$$\zeta_T = c \left(\frac{S_T}{S_t}\right)^{-a_t}, \text{ где } c = \exp\left(\frac{(\mu-r)(\mu+r-\sigma^2)(T-t)}{2\sigma^2}\right)$$

Известно [2], что случай $a_t = 0$ определяет риск-нейтральное состояние инвестора. Пусть

$$\ln \frac{S_t}{S_{t-1}} = \lambda X_t,$$

λ – глубина рынка. Так как

$$\ln \left(\frac{S_T}{S_{T-1}} * \frac{S_{T-1}}{S_{T-2}} * \dots * \frac{S_{t+1}}{S_t}\right) = \ln \left(\frac{S_T}{S_t}\right)$$

$$\ln \left(\frac{S_T}{S_t}\right) = a_t \ln \frac{\zeta_T}{c}$$

Пусть

$$\alpha_t = \ln \frac{\zeta_t}{c},$$

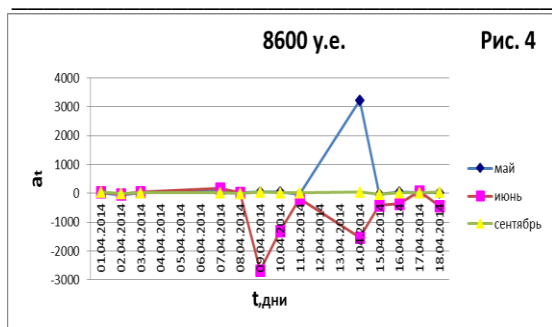
Тогда

$$a_t = \frac{1}{\alpha_t} \ln \frac{S_T}{S_t}$$

Случай $a_t=0$ определяет риск-нейтральное состояние инвесторов, случай $a_t>0$ определяет преобладание инвесторов склонных к риску, а случай $a_t<0$ – преобладание инвесторов, отрицающих риск.

В работе были использованы исторические данные за апрель 2014 года котировок европейских опционов "call" тайваньской фондовой биржи TAIEX, находящиеся в свободном доступе (www.taifex.com.tw). Был рассчитан коэффициент a_t для опционов со страйками 8600 у.е., 8800 у.е. и 9000 у.е., исполняющихся в мае, июне, сентябре.

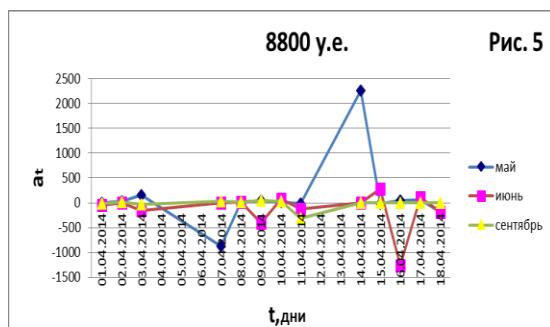
Из графика (рис. 4) видно, что значение коэффициента неприятия риска для страйка 8600 у.е. входит в интервал [-3000;4000].



Инвесторы были заинтересованы в покупке майских опционов, боялись риска при покупке июньских и были положительно настроены при покупке сентябрьских опционов.

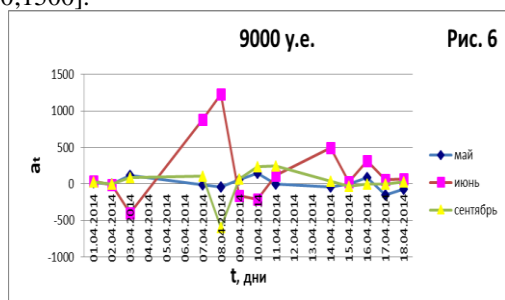
Так же можно сделать вывод о том, что инвесторы 9 апреля стремились купить июньские опционы, а 14 апреля продать майские опционы и продать так же июньские. В остальное все время на рынке прослеживается присутствие долгосрочных инвесторов, не производящих никаких действий.

Значение a_t для опциона со страйком 8800 у.е. (рис. 5) входит уже в значительно меньший интервал [-1500;2500].



Для опционов с разными сроками исполнения инвесторы ведут себя по-разному. Например, 14.04.2014 инвесторы майских опционов были предрасположены к риску, в то время как инвесторы июньских и сентябрьских опционов были нейтральны к риску. Можно подметить то, что на конец месяца наблюдается отрицание риска. Так же сделаем вывод, что 7 апреля у инвесторов было желание купить майские опционы, 9 и 16 апреля – купить июньские опционы, а 14 апреля – продать майские опционы.

Что касается опционов со страйком 9000 у.е., видно (рис. 6), что a_t варьируется в интервале [-1000;1500].



Можно сделать вывод, что 3 и 10 апреля инвесторы стремились купить июньские опционы, 8 апреля купить сентябрьские и продать июньские опционы. Так же желание продать июньские опционы наблюдалось 14 и 16 апреля.

Анализируя полученные данные, можно заметить, что 7 - 9 апреля наблюдается схожая высокая активность инвесторов. В связи с тем, что была выявлена повышенная активность инвесторов, желающих купить или продать опционы, рассчитаем прибыль, которую мы можем получить по результатам сделок : при покупке и продаже опционов исполняющихся в мае, июне, сентябре с различными страйками. В общей сумме удалось заработать 18 % при покупке и продаже опционов со страйком 8600 у.е., 25% при покупке и продаже опционов со страйком 8800 у.е. и 16% при покупке и продаже опционов со страйком 9000 у.е.

Выводы

Был проведен расчет и сравнительный анализ величины неприятия риска при различных страйках и с разным сроком исполнения. Рассчитана максимальная доходность по сделкам. Она не превосходила 18 % по опционам со страйком $E= 8600$ у.е. , 25 % - со страйком $E= 8800$ у.е. и 16 % - со страйком $E= 9000$ у.е. На основе данных расчетов была выявлена высокая активность инвесторов, которая позднее была связана с политическими событиями 7-9 апреля 2014 года, происходившими на Тайване. Обнаружено, что с ростом цены исполнения уменьшается число риск-нейтральных инвесторов. Кроме того, чем выше срок исполнения опциона, тем инвесторы становятся более чувствительны к риску.

Литература

1. Крицкий О.Л., Новосельцева Д.А. Использование соотношения call-put для расчета стохастической процентной ставки // нахождения улыбки волатильности *Экономика и предпринимательство*, № 5 (ч.2), 2014 г.
2. Ait-Sahalia, Andrew W. Lo (2000), Nonparametric risk manadment and implied risk aversion // *Journal of Econometrics* 94 (2000), 5-91.
3. Bick, Yacne A. On the consistency of the Black-Scholes model with a general equilibrium framework.// *Journal of Financial and Quantiative Analysis*, 22 (1987), 259-275.
4. Arrow, K.J. The role of securities in the optimal allocation of risk bearing.// *Review of Economic Studies*, 31 (1964), 91-96.

UNACCEPTANCE OF RISK OF INVESTORS IN CASE OF TRADE IN OPTIONS

M. O. Kineva, O. L. Kritsky
Tomsk Polytechnical University
mariakineva@mail.ru

Introduction

The stock market forms a capital movement basis, creating a market mechanism of its regulated redistribution in the most actual industries of economy by work with securities. Research of the stock market is vital need for Russia, it provides the economic growth on which the destiny and greatness of our country, its place in the world community depends.

The securities portfolio is a set of various financial instruments and assets which strongly differ on the indicators of risk and profitability and the set bring the maximum profitability in case of minimum risks. In practice in case of creation of a portfolio periodically there is a need of hedging (restriction) of risk of this or that event in the market attracting negative change of portfolio return. One of the financial instruments allowing to limit future losses by refusal of future superprofit are stock options.

The contract signed between two partners according to which one of them grants another the right to purchase a certain asset on fixed price within the set period of time (call option) is called as an option or grants the right to sell a certain asset on fixed price within the set period of time (put option). The investor during real time shall make the decision on an investment to them financial resources in risk or risk free assets for the short-term or long-term period. It is known that each investor gives in to some risk in case of an investment of the means. Considering a variety of human nature and the existing external factors, we can divide professional participants of the stock market into risk - neutral, preferring or denying risk. Therefore, these or those actions of investors have impact on liquidity or trade volume securities.

The investor during real time shall make the decision on an investment to them financial resources in risk or risk free assets for the short-term or long-term period. It is known that each investor gives in to some risk in case of an investment of the means. Considering a variety of human nature and the existing external factors, we can divide professional participants of the stock market into risk - neutral, preferring or denying risk. Therefore, these or those actions of investors have impact on liquidity or trade volume securities.

In this work unacceptance of risk of investors is calculated. That is tendency of consumers and investors to acceptance of this or that finance solution in the conditions of risk. The coefficient which helps the investor to make the decision on an investment to them financial resources in risk or risk free assets for the short-term or long-term period, and also allows to divide set of professional participants of the stock market into risk - neutral, preferring or denying risk, is called as coefficient of unacceptance of risk and is

designated a_t . We will remove a formula for calculation of coefficient of unacceptance of risk. Let

$$\zeta_T = \exp\left(\int_t^T \frac{\mu-r}{\sigma} d\omega - \frac{1}{2} \int_t^T \left(\frac{\mu-r}{\sigma}\right)^2 dt\right)$$

- Girsanov's multiplier. It is known [2] that for options of the European type it is calculated as

$$\zeta_T = c \left(\frac{S_T}{S_t}\right)^{-a_t}, \text{ где } c = \exp\left(\frac{(\mu-r)(\mu+r-\sigma^2)(T-t)}{2\sigma^2}\right)$$

It is known [2] that

$$\text{Ln} \frac{S_t}{S_{t-1}} = \lambda X_t,$$

λ - depth of the market. As

$$\text{Ln} \left(\frac{S_T}{S_{T-1}} * \frac{S_{T-1}}{S_{T-2}} * \dots * \frac{S_{t+1}}{S_t} \right) = \text{Ln} \left(\frac{S_T}{S_t} \right)$$

$$\text{Ln} \left(\frac{S_T}{S_t} \right) = a_t \text{Ln} \frac{\zeta_t}{c}$$

Let

$$a_t = \text{Ln} \frac{\zeta_t}{c},$$

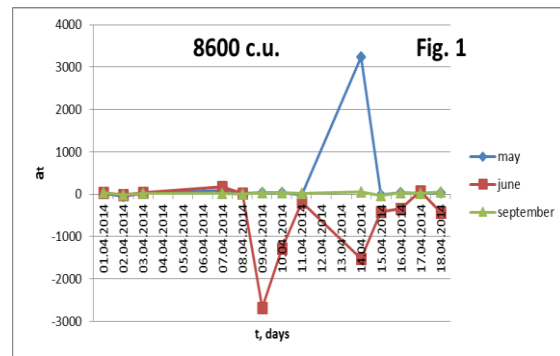
Then

$$a_t = \frac{1}{a_t} \text{Ln} \frac{S_T}{S_t}$$

The case of $a_t=0$ determines risk - the neutral condition of investors, $a_t>0$ determines prevalence of investors inclined to risk, and $a_t<0$ - prevalence of the investors denying risk.

In work the historical data for April, 2014 of quotations of the euro options "call" of the Taiwan stock exchange of TAIEX which are in an open entry (www.taifex.com.tw) were used. a_t coefficient for options with strikes of 8600 c.u., 8800 c.u. and 9000 c.u., performed in May, June, September was calculated.

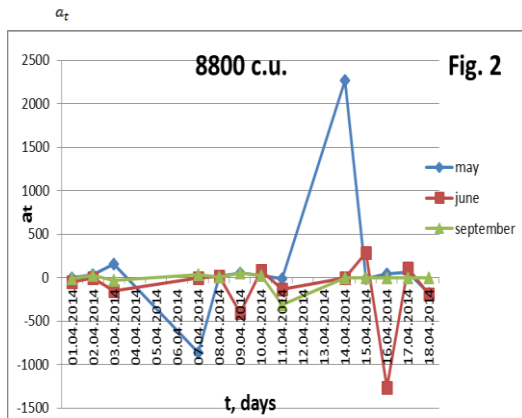
From the schedule (fig. 1) it is visible that value of coefficient of unacceptance of risk for a strike of 8600 c.u. is included into an interval [-3000; 4000].



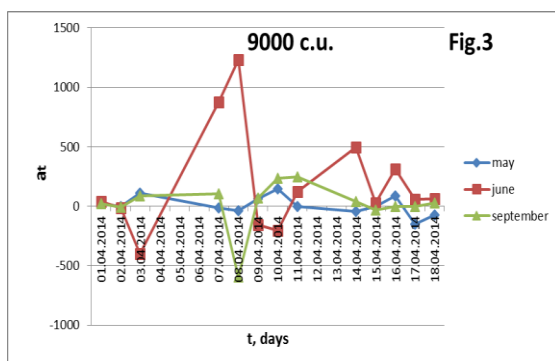
Investors were interested in purchase of May options, were afraid of risk upon purchase June and were positively adjusted upon purchase of September options.

It is also possible to draw a conclusion that investors aimed to purchase on April 9 June options, and on April 14 to sell May options and to sell the also June. In other all the time in the market presence of the long-term investors who aren't making any actions is traced.

a_t value for an option with a strike of 8800 c.u. (fig. 2) is included already into much smaller interval [-1500; 2500].



For options with different completion dates investors behave differently. For example, 14.04.2014 investors of May options were predisposed to risk while investors of June and September options were neutral to risk. It is possible to notice that for the end of month denial of risk is observed. Also we will draw a conclusion that on April 7 investors had a desire to purchase May options, on April 9 and 16 – to purchase June options, and on April 14 – to sell May options. As for options with a strike of 9000 c.u., it is visible (fig. 6) that a_t varies in an interval [-1000; 1500].



It is possible to draw a conclusion that on April 3 and 10 investors aimed to purchase June options, on April 8 to purchase September and to sell June options. Also the desire to sell June options was observed on April 14 and 16.

Analyzing the obtained data, it is possible to notice that similar high activity of investors is observed on April 7 - 9. Because hyperactivity of the investors wishing to purchase or sell options was revealed, we will calculate profit which we can receive by results of transactions: upon purchase and sale of the options which are performed in May, June, September with various strikes. In total amount it was succeeded to earn 18% upon purchase and sale of options with a strike of 8600 c.u., 25% upon purchase and sale of options with a strike of 8800 c.u. and 16% upon purchase and sale of options with a strike of 9000 c.u.

Conclusions

Calculation and the comparative analysis of size of unacceptance of risk in case of various strikes was carried out and with different completion date. The maximum profitability according to transactions is calculated. It didn't exceed 18% on options with a strike $E = 8600$ c.u., 25% - with a strike $E = 8800$ c.u. and 16% - with a strike $E = 9000$ c.u. On the basis of these calculations high activity of investors which was connected later with the political events on April 7-9, 2014 occurring on Taiwan was revealed. It is revealed that with growth of strike price the number risk - neutral investors decreases. Besides, than some of option, that investors become more sensitive to risk.

[1] Kritsky O. L., Novoseltseva D. A. Use of a ratio of call-put for calculation of a stochastic interest rate/stay of a smile of volatility Economy and entrepreneurship, No. 5 (ch.2), 2014.

[2] Ait-Sahalia, Andrew W. Lo (2000), Nonparametric risk managment and implied risk aversion // *Journal of Econometrics* 94 (2000), 5-91.

[3] Bick, Yacne A. On the consistency of the Black-Scholes model with a general equilibrium framework.// *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 22 (1987), 259-275.

[4] Arrow, K.J. The role of securities in the optimal allocation of risk bearing.// *Review of Economic Studies*, 31 (1964), 91-96.

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Кошелев Н.В.

Томский политехнический университет
kshlvnikita@yandex.ru

Введение

В последние годы IT-специалисты все чаще сталкиваются с проблемой «больших данных». С развитием цифровых технологий рост объемов данных увеличился в разы – каждый год появляется множество новых источников данных.

В качестве источников могут выступать непрерывно поступающие данные с измерительных устройств, события от радиочастотных идентификаторов, потоки сообщений из социальных сетей, метеорологические данные, данные дистанционного зондирования земли, потоки данных о местонахождении абонентов сетей сотовой связи, устройств аудио- и видеорегистрации. К примеру, датчики, установленные на авиадвигателе, генерируют около 10 Тб за полчаса. Примерно такие же потоки характерны для буровых установок и нефтеперерабатывающих комплексов. Только один сервис коротких сообщений Twitter, несмотря на ограничение длины сообщения в 140 символов, генерирует поток 8 Тб/сутки.[1]

Такие объемы данных создают ряд проблем: необходимо огромное количество времени для их обработки и достаточно большое хранилище для их хранения. Не смотря на то, что вычислительные мощности компьютеров растут каждый год, а стоимость хранения информации снижается, это не решает проблемы, так как вместе с развитием цифровых технологий, растет объем данных, которые эти технологии генерируют.

Соответственно, возникает необходимость создания технологии для эффективной обработки и хранения больших данных.

Требования к системе

Для того, чтобы система была эффективной и гибкой, она должна удовлетворять ряду требований. Исходя из того факта, что объем данных, которые предполагается хранить и обрабатывать, будет постоянно увеличиваться и конечный объем заранее не известен, следует, что система должна быть горизонтально масштабируема, т.е. должна иметь возможность неограниченного наращивания количества ресурсов.

Естественно, есть смысл обновлять аппаратную часть некоторых вычислительных узлов. Соответственно, система должна быть вертикально масштабируема, т.е. должна иметь возможность наращивания вычислительной мощности узлов.

На данный момент существует множество программных платформ, под управлением которых работают компьютеры, и каждая из них имеет свои достоинства и недостатки, кроссплатформенность системы позволит избавиться от зависи-

мости от той или иной платформы. Такая особенность может упростить масштабирование системы, благодаря увеличению количества поддерживаемых платформ.

В большинстве случаев большие данные – это неструктурированные данные. Следовательно, заранее неизвестно, какие задачи могут возникнуть. А это значит, что система должна быть гибкой, т.е. должна иметь возможность приспособиться к решению любых задач.

Архитектура

Исходя из приведенных требований сформирована архитектура системы представленная на рисунке 1.

Вся система разделена на 2 подсистемы:

1. Подсистема хранения данных;
2. Подсистема обработки данных.

Подсистема хранения данных исполняет роль распределенного хранилища, основная задача данной подсистемы состоит в сохранении данных и выдаче их по запросу.

Подсистема обработки исполняет роль вычислителя, который обрабатывает данные в хранилище. Основные вычислительные процессы выполняются именно этой подсистемой.

Каждая из подсистем состоит из двух основных компонентов:

1. Командный центр;
2. Узел;

Командный центр подсистемы обработки – это основной компонент системы. Он представляет собой главный сервер поддерживающий работоспособность всей системы. В задачи командного центра входит поддержка работы web-портала, сбор информации о доступных ресурсах и распределение нагрузки на множество узлов.

Командный центр подсистемы хранения так же является одной из важнейших элементов системы. Он занимается обслуживанием хранилища данных, т.е. предоставляет программный интерфейс для сохранения и доступа к данным.

Вычислительный узел (узел подсистемы обработки) – это любой компьютер, входящий в состав системы и предоставляющий часть своих ресурсов для обработки.

Узел подсистемы хранения только лишь хранит данные полученные от командного центра и выдает их по запросу.

Все взаимодействие пользователя с системой осуществляется через web-портал.

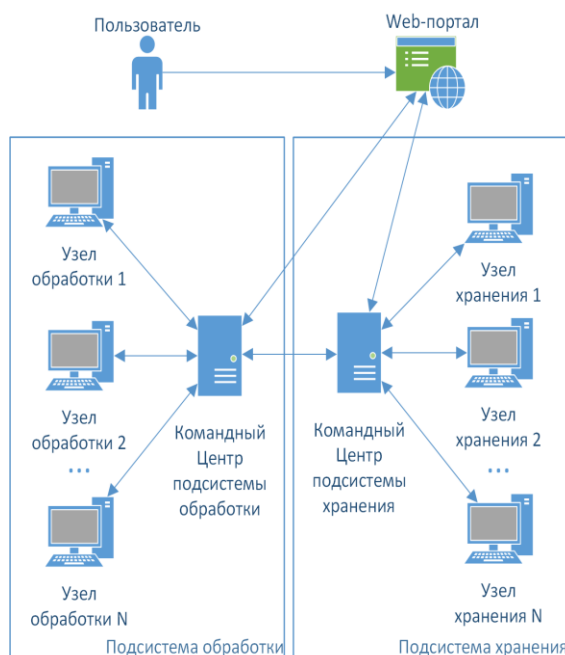


Рис.6. Архитектура системы

Web-портал – это сайт, предоставляющий пользователю функции и сервисы для работы с вычислительной системой. Представляет собой набор html-страниц со вставками программного кода на языке JavaScript.

Web-портал выполняет функцию графического интерфейса, предоставляющего пользователю простой и удобный доступ к системе. Так же портал формирует мета-описание задачи, которую составляет пользователь, в виде, пригодном для обработки ее командным центром.

Для создания новой задачи пользователю необходимо описать ряд инструкций в виде программного кода. Необходимы следующие инструкции:

- Инструкции распределения вычислительной нагрузки;
- Инструкции доступа к данным для узлов;
- Инструкции обработки данных для узлов.

Программный код, описывающий инструкции, должен быть написан с использованием стандартного набора функций, предоставляемого системой, и оформлен по правилам заданным системой.

Безопасность

Естественно, такая система должна быть хорошо защищена, так как данные хранящиеся и обрабатывающиеся в ней могут быть конфиденциальными. Поэтому система содержит набор мер, направленных на обеспечение безопасности данных.

Процедуры аутентификации и авторизации предотвращают несанкционированный доступ к данным посторонними лицами.

Так как передача информации осуществляется по сети Internet, необходимо обеспечить безопасность передачи и защитить канал передачи от перехвата. С этой целью все соединения шифруются по протоколу SSL/TLS.

Так же для защиты от перехвата соединение между командным центром и вычислительными узлами может осуществляться по разным заранее не известным портам. Данные передаются по порту сгенерированному случайным образом, который узлы получают от командного центра так же в зашифрованном виде.

Смена порта передачи данных может осуществляться как регулярно с определенным интервалом, так и по указанию администратора системы. В случае необходимости передачи конфиденциальных данных или данных повышенной секретности, возможно использование защищенного канала передачи (Virtual Private Network).

Применение

Архитектура системы построена таких образом, чтобы охватить как можно более широкий круг задач обработки и анализа больших объемов данных. Примером такой задачи может быть задача анализа данных приземных гидрометеорологических наблюдений получаемых с сети станций гидрометслужбы РФ.

Для повышения точности анализа и прогнозирования климата требуется обработка большого количества данных, собранных в прошедшие промежутки времени. К тому же новые данные поступают регулярно и их объем растет.

Так же данные поступающие с сети станций гидрометслужбы представлены в специализированном формате кодирования КН-01[2], следовательно, исходные данные требуют предварительной обработки, для последующего анализа.

Для решения задачи хранения и обработки такого рода данных, спроектированная система подходит особенно хорошо, так как масштабируемая архитектура позволяет легко решать задачи наращивания вычислительных ресурсов для постоянно растущего объема накопленных данных. Так же система предоставляет удобный и гибкий интерфейс для размещения новых данных в хранилище, а гибкая система создания задач позволяет обрабатывать новые данные любым способом.

Литература

1. КН-01//Википедия.[2014-2014]. Дата обновления: 08.01.2014. URL: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=60587158> (дата обращения: 08.09.2014);
2. Большие данные (Big Data) // Tadviser. [2014-2014]. Дата обновления: 14.03.2013. URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Большие_данные_\(Big_Data\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Большие_данные_(Big_Data)) (дата обращения: 08.09.2014).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТОИМОСТИ АКЦИЙ

Ю.В. Иванюк

Томский государственный университет

yuliya.ivanyuk.90@mail.ru

Введение

Задача прогнозирования финансовых временных рядов была и остается актуальной, поскольку предсказание является необходимым элементом любой инвестиционной деятельности, ведь сама идея инвестирования – вложения денег с целью получения дохода в будущем – основывается на идеи прогнозирования будущего. В последнее время, когда стали доступны мощные средства сбора и обработки информации, задача прогнозирования финансовых временных рядов также становится и одной из самых популярных задач для практического применения различных статистических методов.

Рассмотрим авторегрессионную AR(p) – модель

$$x_n = \sum_{k=1}^p \theta_k x_{n-k} + \varepsilon_n, \quad n = 1, 2, \dots \quad (1)$$

где (x_n) - наблюдаемые, (ε_n) - белый шум, θ_k - параметры.

Одной из основных задач является оценка параметров θ_k . Обычно для оценивания параметров вектора $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p)$ используют метод наименьших квадратов (МНК), определяемый формулами:

$$\theta(n) = (\theta_1(n), \theta_2(n), \dots, \theta_p(n))' = M_n^{-1} \sum_{k=1}^n X_{k-1} X_k \quad (2)$$

МНК - оценки являются асимптотически нормальными, если корни характеристического полинома $P(z) = z^p - \theta_1 z^{p-1} - \dots - \theta_p$ лежат внутри единичного круга, и состоятельными [1,6]. Если же корни попадают на границу, то асимптотическая нормальность нарушается.

Одной из модификаций МНК является метод последовательного оценивания. Он определяется заменой объема выборки n в (2) на момент останова $\tau(h) = \inf\{n \geq 1 : \|M_n^{-2}\|^{1/2} \leq h^{-1}\}$ где h - положительное число. Оценки, полученные по этому методу, являются асимптотически нормальными и на границе единичного круга [4,2], а так же они дают гарантированную среднеквадратичную точность в зависимости от уровня порога процедуры h .

Еще одним методом прогнозирования является критерий точки разладки.

Рассматривается AR(1) модель стоимости акций, которая имеет следующий вид:

$$X_t = \theta X_{t-1} + \varepsilon_t, \quad t = 1, 2, \dots, \quad (3)$$

где X_t - стационарный процесс, описывающий цену акций в момент времени t , θ - параметр сдвига, ε_t - гауссовский белый шум.

Построим критерий отношения правдоподобия для гипотезы H_0 , о том, что процесс (3) не имеет точки разладки

$$H_0 : X_t = \theta X_{t-1} + \varepsilon_t, \quad t = 1, 2, \dots$$

против альтернативы H_1

$$H_1 : \exists k, \text{ такое, что } X_t = \begin{cases} \theta_0 X_{t-1} + \varepsilon_t, & t \leq k \\ \theta_1 X_{t-1} + \varepsilon_t, & k < t \leq n \end{cases}$$

где $\theta_0 \neq \theta_1$ и k - момент времени, в который происходит разрыв [3]. Критическая область имеет вид: $\{\lambda_k(X) < c\}$. Постоянная c выбирается из условия $P\{\lambda_k(X) < c\} = \alpha$, где α - уровень ошибки 1-го рода, а λ_k - отношение правдоподобия, имеющее следующий вид:

$$\lambda_k = L_0(\hat{\sigma}_n^2, \hat{\theta}_0) / L_1(\hat{\sigma}_k^2, \hat{\theta}_{0k}, \hat{\theta}_{1k}) = (\hat{\sigma}_k^2 / \hat{\sigma}_n^2)^{n-1/2}.$$

В качестве статистики критерия Λ_k рассмотрим функцию: $\Lambda_k = -2 \ln \lambda_k = (n-1)(\ln \hat{\sigma}_n^2 - \ln \hat{\sigma}_k^2)$.

Если нулевая гипотеза ложна, то есть в некоторый момент времени k происходит разрыв, то величина $\hat{\sigma}_n^2$ больше, чем $\hat{\sigma}_k^2$, что делает λ_k маленьким, и наоборот, делает Λ_k большим.

В результате нулевую гипотезу следует отвергнуть, если $|\Lambda_k|$ слишком велико. За момент разладки k в этом случае следует принять тот момент времени, когда наблюдения Λ_k являются наибольшими.

Таким образом, после незначительных преобразований, статистику критерия и оценку точки разладки можно записать в виде:

$$\Lambda_n = \max_{2 \leq k \leq n-1} |\Lambda_k| = \max_{2 \leq k \leq n-1} |(n-1)(\ln \hat{\sigma}_n^2 - \ln \hat{\sigma}_k^2)|$$

$$\hat{k} = \arg\{k; \Lambda_n = \max_{2 \leq k \leq n-1} |\Lambda_k|\}.$$

Для оценивания предельного распределения λ_k , используется следующая теорема. [5]

Теорема: Если гипотеза H_0 (об отсутствии разладки) верна, то

$$P[(\sigma^{-2} \Lambda_n - b_n(1)) / a_n(1) \leq x] \rightarrow \exp(-2e^{-x/2}),$$

$$(4)$$

где $\Lambda_n = \max_{2 < k \leq n-1} |\Lambda_k|$ является статистикой отношения правдоподобия,

$$b_n(1) = \frac{(2 \ln \ln n + (1/2) \ln \ln \ln n - \ln \Gamma(1/2))^2}{2 \ln \ln n}$$

$$a_n(1) = \sqrt{\frac{b_n(1)}{2 \ln \ln n}} = \frac{(2 \ln \ln n + (1/2) \ln \ln \ln n - \ln \Gamma(1/2))}{2 \ln \ln n},$$

являются константами нормализации и $\Gamma(\cdot)$ - гамма функция, $\Gamma(1/2) = \sqrt{\pi}$.

Результаты

Для прогнозирования стоимости акций рассмотрим модель авторегрессии первого порядка.

При оценивании параметра методом (МНК) имеем следующий результат: $\theta = 1,00199704$. Прогноз стоимости акций на следующий момент времени выглядит следующим образом:

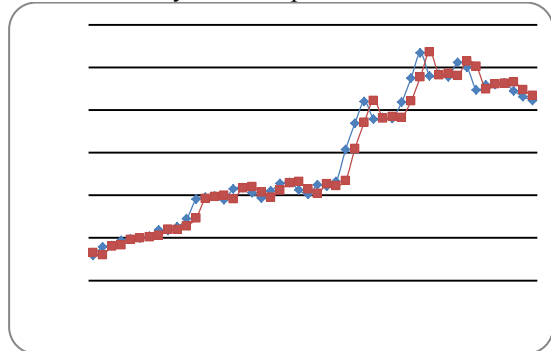


Рис. 1. Прогнозирование цен акций, где - действительные цены акций, а - цены акций, смоделированные по AR(1) модели.

Сумма квадратов ошибок прогноза в данном случае $Q = 0,175988$ руб.

При оценивании параметра последовательной модификацией МНК при пороговом значении $h=470$ получим момент остановки $\tau = 287$ и оценку параметра $\theta = 1,00127684$. Прогноз представлен на рисунке:

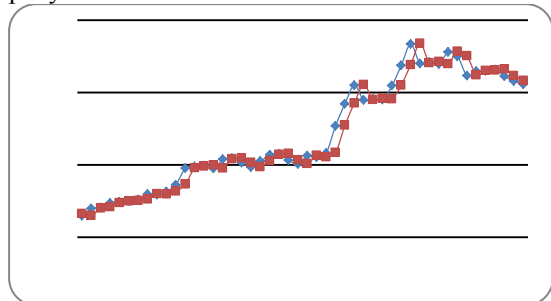


Рис. 2. Прогнозирование цен акций, где - действительные цены акций, а - цены акций, смоделированные по AR(1) модели.

Сумма квадратов ошибок прогноза в данном случае $Q = 0,176315$ руб.

Форма графиков позволяет предположить, что точка разладки существует. При исследовании критерия, была принята гипотеза H_1 о том, что точка разрыва существует. Разрыв происходит на сороковом шаге: $\hat{k} = 40$. Прогноз стоимости акций на следующую дату при гипотезе H_1 о том, что разладка существует, представлен на рисунке:

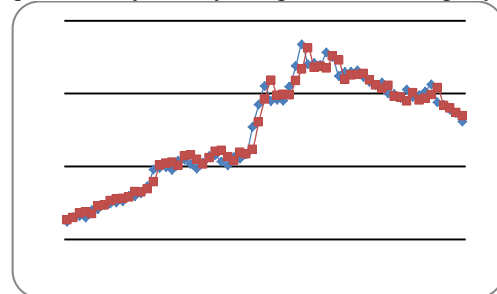


Рис. 3. Прогнозирование цен акций, где - действительные цены акций, а - цены акций, смоделированные по AR(1) модели при наличии точки разладки.

Сумма квадратов ошибок прогноза в данном случае $Q = 0,172342$ руб.

Заключение

В работе было проведено моделирование стоимости акций Сбербанка России 2004 года с помощью процессов авторегрессии первого порядка. Для прогноза стоимости акций использовались авторегрессионные модели с параметрами, оцененными как классическим методом наименьших квадратов, так и его последовательной модификацией. Наблюдения за процессом стоимости акций были исследованы на наличие разладки, а также было произведено прогнозирование стоимости акций с учетом ее наличия.

Для данных 2004 года, как видно из результатов, лучшей оказалась модель авторегрессии первого порядка с моментом разладки.

Литература

1. Андерсон Т.В.. Статистический анализ временных рядов. Изд-во Мир. Москва. 1976г.
2. Кашковский Д.В., Конев В.В.. Последовательная идентификация линейной динамической системы со случайными параметрами. Автоматика и телемеханика. 2008 г. 82-93 с.
3. Fang Yuan. Tests for Change-Point of the AR(1) Model. Minnesota. 2003.
4. Galtchouk L, Konev V.. One asymptotic normality of sequential LS-estimate for unstable autoregressive process AR(p).
5. Davis, R., Huang, D., and Yao, Y. Testing for a Change in the Parameter Values and Order of an Autoregressive Model. The Annals of Statistics, Vol. 23, № 1, стр. 282-304, 1995г.
6. Lai T.L., Wei C.Z.. Assymptotic Properties of General Autoregressive Models and Strong Consistency of Least-Squares Estimates of Their Parameters. Gurnal of multivariate analysis 13, 1-23. 1983..

ПРИМЕНЕНИЕ СИНГУЛЯРНОГО ГЕНЕРАТОРА ФУНКЦИЙ КАНДИДАТОВ В КРОССКОРРЕЛЯЦИОННЫХ МЕТОДАХ ОЦЕНИВАНИЯ ЧАСТОТЫ ОСНОВНОГО ТОНА РЕЧИ

Д.А. Вольф, руководитель: д.т.н., проф. Р.В. Мещеряков
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
runsolar@mail.ru

Введение

Предметом данного исследования является процесс оценивания одного из основных параметров устной речи – частоты колебаний голосовых связок при произнесении вокализованной речи, называемой основным тоном – F_0 (величина обратная периоду $T_0 = 1/F_0$), кросскорреляционными методами.

В настоящее время популярными алгоритмами оценивания частоты основного тона (ЧОТ) речевого сигнала являются RAPR, YIN и SWIPE [1-3]. Популярность перечисленных алгоритмов обусловлена хорошей функциональностью, низким процентом грубых ошибок и наличием свободно распространяемых версий их реализаций.

Большинство современных оценщиков основного тона (в том числе и перечисленные) состоят из трех основных модулей (рис. 1): 1 – модуль предобработки или приведения сигнала к требуемым характеристикам, 2 – генератор кандидатов действительного искомого периода основного тона, 3 – модуль постобработки или выбор наилучшего кандидата с последующим уточнением значения частоты основного тона.

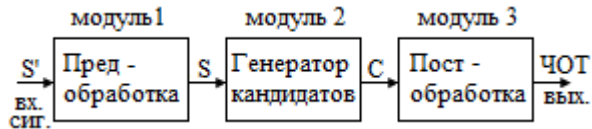


Рис.1. Схема типового оценщика основного тона

Исследование основных модулей кросскорреляционных оценщиков основного тона речи показывает, что наибольшее количество математических операций осуществляется в модуле генерации кандидатов ЧОТ. В связи с этим фактом данный модуль выбран в качестве объекта модификации с целью повышения эффективности кросскорреляционных методов оценивания.

Целью данной работы являлось снижение вычислительной сложности оценивания частоты основного тона речи в кросскорреляционных методах на 40-60%.

В качестве новизны данной работы представляется применение нового оригинального численного метода в акустики – сингулярного спектрального анализа речи. Отметим, что предварительная апробация численного метода сингулярного спектрального анализа к речевым сигналам представлена в работе Вольф [4].

Генератор кандидатов ЧОТ

Генератор кандидатов частоты основного тона речи в кросскорреляционных методах можно описать следующей обобщенной моделью (рис. 2):

1) Блок SINгенератора (Блок 1) – генератор гармонических функций синуса или косинуса в границах существования частоты основного тона речи (f_{min}, f_{max}), описываемый следующим выражением:

$$SIN_{n,k} = \cos[2\pi k \Delta t n], n = \overline{0, N}, k = \overline{f_{min}, f_{max}}, (1)$$

где входные данные: k – порядковый номер предполагаемой частоты, n – порядковый номер отсчета, Δt – период дискретизации, выходные данные: SIN – матрица гармонических функций $N \times f_{max}$. По теореме Котельникова имеем $f_{max} = 2N$;

2) Блок кросскоррелятора (Блок 2) – определяющий кандидатов периода основного тона на основе нормализованной кросскорреляционной функции (НККФ), позволяющей оценить степень периодичности сигнала в зависимости от задержки сигнала в отсчетах

$$R_{k,p} = \frac{\sum_{n=0}^{N-k-1} S_n SIN_{n+k,p}}{\sqrt{\sum_{n=0}^{N-k-1} S_n^2 SIN_{n+k,p}^2}}, k = \overline{0, N}, p = \overline{f_{min}, f_{max}}, (2)$$

где входные данные: S – сигнал после предобработки (необязательно) сигнала S' , SIN – матрица гармонических функций, выходные данные: R – матрица результатов НККФ.

3) Блок спектрального анализатора (Блок 3) – математически описывается как процедура быстрого преобразования Фурье

$$C^{<k>} = FFT(R^{<k>}), k = \overline{f_{min}, f_{max}}, (3)$$

где C – матрица результатов быстрого преобразования Фурье ряда R .

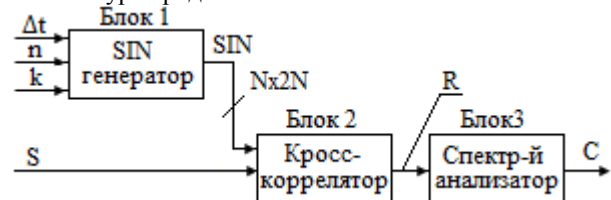


Рис.2. Обобщенная модель типового генератора кандидатов частоты основного тона речи

Адекватность и достоверность представленной модели типового кросскорреляционного генератора кандидатов ЧОТ приводится в работе [5].

Очевидную вычислительную сложность данного генератора составляют $f_{max} \cdot f_{min}$ операций нор-

мированных сверток (2) и операций FFT (3) ряда длины N . Далее осуществлена постановка и решение задачи сокращения числа $f_{max}f_{min}$ операций до $M \ll f_{max}f_{min}$, где M – число действительных источников (возбудителей) квазигармонических сигналов содержащихся в тракте речеобразования (резонансных полостей).

Сингулярный генератор кандидатов ЧОТ

В качестве решения снижения числа $f_{max}f_{min}$ операций сверток (2) и FFT (3) предложена замена блока SINгенератора (1) на блок генератора сингулярного спектра (ГСС) входного сигнала S (рис. 3). В задачу блока ГСС входит преобразование одномерного временного ряда S в многомерный временной ряд $QSIN$ с последующим применением к полученному ряду метода главных компонент. Итог, на выходе ГСС пучок квазигармонических функций, сумма которых представляет собой фильтрованный сигнал S . Формально блок ГСС описывается следующим выражением:

$$QSIN^{<n>} = QSSA(S), n = 0, M \ll N,$$

где $QSIN$ – сингулярный спектр временных рядов состоящий из квазигармонических функций, $QSSA$ – функция сингулярного спектра анализа с учетом устранения таких аддитивных компонент как тренд и шум.

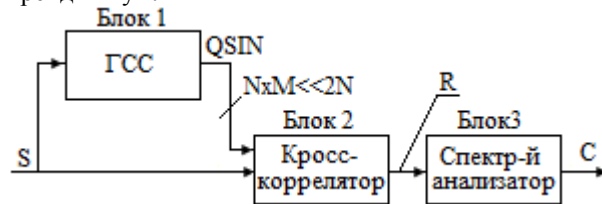


Рис.3. Обобщенная модель сингулярного генератора кандидатов частоты основного тона речи

Полученная модификация генератора кандидатов частоты основного тона речи обеспечивает существенное сокращение входных (опускаются параметрические данные) и выходных связей (число выходных данных M снижается до количества главных компонент), тем самым минимизируется число математических операций в Блоках 2 и 3.

Результаты

Адекватность и достоверность типовой модели кросскорреляционного генератора кандидатов ЧОТ оценена в выше указанных работах, следовательно, первая модель генератора принималась в качестве эталонной. Поставленный эксперимент показал, что замена SINгенератора на ГСС в схеме генератора кандидатов ЧОТ в целом не повлияло на конечные результаты детектирования ЧОТ. Однако был достигнут один из ожидаемых эффектов «бесплатной» фильтрации – в виде значительного подавления эффектов Гиббса – растекание спектра (рис. 4 и 5, форманты F0 и F1 соответственно кратны) т.к. исходный сигнал не подвергался специальной обработке. Это указывает

на отсутствие необходимости использования модуля 1 (рис. 1)

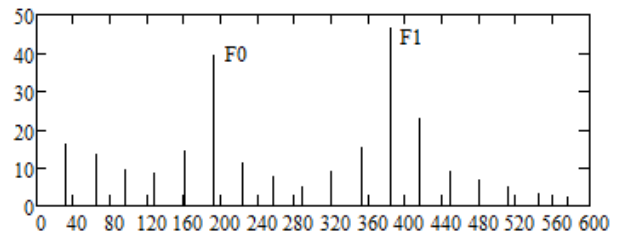


Рис. 4. График АЧХ гласной [e] с SINгенератором.

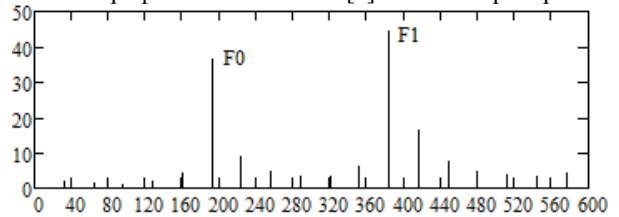


Рис. 5. График АЧХ гласной [e] с ГСС

Для $N=256$ (при частоте дискретизации 8кГц), $f_{max}=512$ (пусть $f_{min}=50$), число сверток и FFT операций в блоках 2 и 3 равняется 462. Для выбранного диапазона (f_{min}, f_{max}) $M = 10$. Математическая сложность генерации сингулярного спектра эквивалентна 2-м операциям сверток. Несложно оценить, что вычислительная эффективность после модификации составляет 260%.

Заключение

Обобщая выше изложенное, очевидна существенная польза от применения блока ГСС в схемах генерации кандидатов ЧОТ речи кросскорреляционными методами, а, следовательно, и подтверждается практическая значимость использования оригинального численного метода сингулярного спектрального анализа речи в приложениях акустики.

Литература

1. Talkin D. A Robust Algorithm for Tracking (RAPT) // Entropic Research Laboratory Suite 202 // 600 Pennsylvania Ave. S.E. // U.S.A.: Washington D.C. 20003, 1995. —P.495–518.
2. Cheveigne A., Kawahara H. YIN, a fundamental frequency estimator for speech and music // Journal Acoust. Soc. Am., vol. 111, no. 4, 2002. —P.1917–1930.
3. Camacho A., Harris J.G. A sawtooth waveform inspired pitch estimator for speech and music // Journal Acoust. Soc. Am., vol. 123, no. 4, 2008. — P.1638–1652.
4. Вольф Д.А. Выделение частоты основного тона речи методом сингулярного спектрального анализа // Системы управления и информационные технологии, №2.1(56), 2014. —С.114–120.
5. Азаров И.С., Вашкевич М.И., Петровский А.А. Алгоритм оценки мгновенной частоты основного тона речевого сигнала // Цифровая обработка сигналов, №4, 2012. —С.49–57.

ДВОЙСТВЕННАЯ РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ НЕКОРРЕКТНОЙ ЗАДАЧИ НЕИНВАЗИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ

А.К. Васечко

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
230023, Беларусь, г.Гродно, ул. Ожешко, 22

yasechko@grsu.by

Рассмотрим задачу неинвазивной диагностики объектов с контрастной проводимостью. Пусть тело Ω имеет цилиндрическую форму, неподвижно и не содержит постоянных магнитов и ферромагнетиков. На границе тела ω , образованной поперечным сечением, расположены электроды, через которые ток проникает в тело и с которых он измеряется. Распределение тока внутри и на границе полученной системы имеет вид:

$$\nabla \cdot (\sigma \cdot \nabla u) = 0, x \in \Omega \quad (1)$$

$$u + z_\ell \sigma \frac{\partial u}{\partial \nu} = U_\ell, \quad x \in e_\ell, \ell = 1, 2, \dots, L \quad (2)$$

$$\int_{e_\ell} \sigma \frac{\partial u}{\partial \nu} dS = I_\ell, \quad x \in e_\ell, \ell = 1, 2, \dots, L \quad (3)$$

$$\sigma \frac{\partial u}{\partial \nu} = 0, \quad x \in \partial\Omega \setminus \bigcup_{\ell=1}^L e_\ell, \quad (4)$$

Кроме того, необходимы следующие два условия для тока на электродах и измеренного напряжения, чтобы гарантировать существование и единственность результата:

$$\sum_{\ell=1}^L I_\ell = 0, \quad \sum_{\ell=1}^L U_\ell = 0. \quad (5)$$

Здесь Ω – исследуемое тело, L – число электродов на поверхности тела, e_ℓ – ℓ -тый электрод, x – элементарный участок исследуемой модели, σ – проводимость, z_ℓ – контактное сопротивление между ℓ -тым электродом и телом, $u = u(x)$ – это напряжение, которое возникает на элементарном участке, U_ℓ – напряжение, измеряемое с электродов, I_ℓ – ток, проникаемый с электродов.

В математической физике принято деление задач на прямые и обратные в зависимости от их ориентации относительно причинно-следственной связи. В прямых задачах необходимо по причине определить следствие, в обратных задачах, наоборот – по следствию нужно восстановить причину. Можно доказать, что для любой пары $(v, V), v \in H^1(\Omega), V \in R^L$ задача (1)-(5) может быть представлена уравнением

$$\int_{\Omega} \sigma \nabla u \cdot \nabla v dx + \sum_{\ell=1}^L \frac{1}{z_\ell} \int_{e_\ell} (u - U_\ell)(v - V_\ell) dS = \sum_{\ell=1}^L I_\ell V_\ell,$$

которое будем рассматривать как уравнение

$$V = U\rho + \varepsilon, \quad (6)$$

где V – измеряемое напряжение на электродах,

ρ – искомое сопротивление в каждой точке области, ε – погрешность измерений.

Непредсказуемость погрешности измерений V может привести к тому, что матрица U будет плохо обусловленной, то есть нарушается устойчивость решения ρ и не выполняется третье условие корректности по Адамару, поэтому далее будем рассматривать задачу как некорректно поставленную.

Для получения единственного решения обратной задачи восстановления неизвестных значений ρ по наблюдениям (6) можно воспользоваться методом минимизации функционала Тихонова [1]:

$$\min_{\rho} \{ \|V - U\rho\|^2 + \alpha \|L\rho\|^2 \}, \quad (7)$$

где L – постоянная весовая матрица регуляризации, α – параметр регуляризации.

Не нарушая общности рассуждений задача (7) будет эквивалентна следующей:

$$\phi(\rho) \rightarrow \min, \quad \frac{1}{2} \|V - U\rho\|^2 = \frac{\varepsilon^2}{2}, \quad (8)$$

где $\phi(\rho) = \alpha \|L\rho\|^2, \rho \in R^n$.

Обозначим $h: R^n \rightarrow R$ – функционал

$$h(\rho) = \frac{1}{2} \|V - U\rho\|^2$$

и область D – подмножество R^n определим так

$$D = \{ \rho \in R^n \mid h(\rho) \leq \frac{\varepsilon^2}{2} \}.$$

Пусть выполняются следующие условия:

У1. $\phi: R^n \rightarrow R$ дважды непрерывно дифференцируема.

У2. $\phi(\rho) \geq 0, \phi(0) \geq 0$.

У3. ϕ – выпуклый функционал.

У4. $Null\{\phi\} \cap D = \emptyset$, где $Null\{\phi\}$ – нуль пространства ϕ .

У5. $U \in R^{m \times n}, m \geq n$.

Наряду с задачей (8) рассмотрим следующую задачу:

$$\phi(\rho) \rightarrow \min, \quad h(\rho) \leq \frac{\varepsilon^2}{2} \quad (9)$$

Теорема 1. Пусть выполняется условие У1. Тогда (9) имеет решение.

Теорема 2. Пусть выполняется условия У1-У4. Тогда если ρ – решение (9), то $h(\rho) = \frac{\varepsilon^2}{2}$.

Следствие 1. Из теоремы 2 следует, что задача (8) эквивалентна (9).

Теорема 3. Пусть выполняется условия У1-У5. Тогда решение ρ задачи (9) единственное.

Теорема 4. Пусть ρ – решение задачи (9), а λ – множитель Лагранжа. Тогда $\lambda > 0$.

Теорема 5. Пусть выполняется условия У1-У5. Тогда задача регуляризации (8) имеет единственное решение ρ^* с положительным множителем Лагранжа λ^* .

В случае линейных обратных задач, которые сводятся к эквивалентным линейно выпуклым оптимизационным задачам, для их решения на основе двойственной регуляризации достаточно конструкции классической функции Лагранжа. В нелинейных случаях необходимо использовать конструкции модифицированных функций Лагранжа, т.е. обычных функций Лагранжа с добавленными к ним штрафными слагаемыми того или иного вида [2]. Рассмотрим здесь один из возможных случаев построения функции Лагранжа:

$$\nabla_{\rho} L(\rho, \lambda) = 0, \quad h(\rho) - \frac{\varepsilon^2}{2} = 0 \quad (10)$$

где функция Лагранжа $L: R^n \rightarrow R$ будет

$$L(\rho, \lambda) = \phi(\rho) + \lambda(h(\rho) - \frac{\varepsilon^2}{2})$$

Рассмотрим итерационную процедуру решения (10):

$$\rho_{k+1} = \rho_k + \alpha_k \Delta \rho_k$$

$$\lambda_{k+1} = \lambda_k + \alpha_k \Delta \lambda_k$$

где направление $(\Delta \rho_k, \Delta \lambda_k) \in R^{n+1}$ задается по формулам:

$$\Delta \rho_k = -\nabla_{\rho} L(\rho_k, \lambda_k)$$

$$\Delta \lambda_k = h(\rho_k) - \frac{\varepsilon^2}{2}$$

Шаг итерации – скалярная величина $\alpha_k > 0$, такая что:

$$\alpha_k = \arg \min_{\alpha} \{m(\rho_k + \alpha_k \Delta \rho_k, \lambda_k + \alpha_k \Delta \lambda_k)\}$$

где функция $m(\rho, \lambda)$ определена по формуле:

$$m(\rho, \lambda) = \frac{1}{2} \left(\|\nabla_{\rho} L(\rho, \lambda)\|^2 + \left| h(\rho_k) - \frac{\varepsilon^2}{2} \right|^2 \right) - \gamma L(\rho, \lambda)$$

Заметим, что в качестве выбора шагового множителя α_k можно использовать правило Армихо:

$$m(\rho_k + \alpha_k \Delta \rho_k, \lambda_k + \alpha_k \Delta \lambda_k) \leq$$

$$\leq m(\rho_k, \lambda_k) + \mu \alpha_k (\Delta \rho_k, \Delta \lambda_k)^t \nabla_{(x, \lambda)} m(\rho_k, \lambda_k)$$

где $\mu = 10^{-4}$.

Процесс итерации будет остановлен, как только будут выполнены следующие критерии:

$$1) k \geq k_{\max}$$

$$2) \left\| \begin{pmatrix} \nabla_{\rho} L(\rho_k, \lambda_k) \\ h(\rho_k) - \frac{\varepsilon^2}{2} \end{pmatrix} \right\| \leq \tau_1 \left\| \begin{pmatrix} \nabla_{\rho} L(\rho_0, \lambda_0) \\ h(\rho_0) - \frac{\varepsilon^2}{2} \end{pmatrix} \right\|$$

$$3) \left\| \alpha_k \begin{pmatrix} \Delta \rho_k \\ \Delta \lambda_k \end{pmatrix} \right\| \leq \tau_2$$

$$4) |\alpha_k \Delta \lambda_k| \leq \tau_3$$

где k_{\max} – максимальное число допустимых итераций, τ_1, τ_2, τ_3 – заданные погрешности.

Критерии 1)-3) являются стандартными для метода Лагранжа, критерий 4) необходим для того чтобы отбросить итерации, которые не влияют существенно на сходимость. Таким образом, данный метод позволит получить λ_{k+1} , такое что исходная задача (6) может рассматриваться как задача безусловной минимизации:

$$\min_{\rho} \left\{ \phi(\rho) + \frac{\lambda_{k+1}}{2} \|U\rho - V\|^2 \right\}$$

Таким образом, получаем следующий алгоритм:

1. Вычисляем начальное приближение $(\rho_0, \lambda_0) \in R^{n+1}$; $k = 0$.

REPEAT

2. Вычисляем

$$\Delta \rho_k = -\nabla_{\rho} L(\rho_k, \lambda_k), \quad \Delta \lambda_k = h(\rho_k) - \frac{\varepsilon^2}{2}$$

3. Находим первое α_k из последовательности

$\left\{ 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \dots, \frac{1}{2^i}, \dots \right\}$ такое что:

$$m(\rho_k + \alpha_k \Delta \rho_k, \lambda_k + \alpha_k \Delta \lambda_k) \leq$$

$$\leq m(\rho_k, \lambda_k) + \mu \alpha_k (\Delta \rho_k, \Delta \lambda_k)^t \nabla_{(x, \lambda)} m(\rho_k, \lambda_k)$$

где $\mu = 10^{-4}$.

4. Определяем

$$\rho_{k+1} = \rho_k + \alpha_k \Delta \rho_k$$

$$\lambda_{k+1} = \lambda_k + \alpha_k \Delta \lambda_k$$

5. Устанавливаем $k = k + 1$ и возвращаемся к шагу 2.

UNTIL критерии останова () выполнены.

■

■

Литература

1. Гайкович К.П., Кутерин Ф.А., Смирнов А.И., Сумин М.И. Двойственная регуляризация в обратной задаче УНЧ зондирования земной коры // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2009. – №1. – С.47–52.

2. Сумин М.И. Регуляризованный двойственный метод решения нелинейной задачи математического программирования // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. – 2007. – Т.47. – №5. – С.794–814.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОЛИРОВАННЫХ РЕЧЕВЫХ КОМАНД

А.А. Филяков, А.В. Лукьянчикова, В.Е. Гай

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

andreyfilyakov@gmail.com

Введение

Задача распознавания образов является одной из наиболее актуальных задач теоретической информатики. В рамках данной общей задачи выделяются распознавание зрительных образов (изображений), слуховых образов (речи) и т.д.

Существует две формулировки задачи распознавания: в узком и широком смыслах. [1]. В узком смысле задача распознавания сводится к построению классификатора, в широком - к распознаванию в условиях априорной неопределенности (в данном случае не известны множество признаков и множество классов).

Проблемы, связанные с применением существующих методов распознавания образов [2]:

1. Проблема формирования исходного описания.
2. Проблема формирования системы признаков.
3. Проблема принятия решений в условиях априорной неопределенности.

Теория активного восприятия предлагает решение описанных проблем. [1].

Данная работа посвящена созданию аппаратно-программной робототехнической системы, работа которой будет основана на голосовом управлении с использованием распознавания речевых сигналов на базе теории активного восприятия.

Структура робототехнического устройства

В классическом варианте своей реализации робототехническая система, управляемая человеком непосредственно и взаимодействующая с окружающей средой, включает в себя следующие подсистемы (модули): управляющую, информационно-измерительную (сенсорную), систему связи, исполнительную (моторную). [3].

Информационно-измерительная подсистема - подсистема, которая воспринимает сигналы управления от оператора (человека) и передает их в подсистему управления. В данном случае информационно-измерительная подсистема будет представлять из себя микрофон.

Управляющая подсистема - подсистема, которая на основании поступающих в нее команд и заложенной заранее программы формирует поведение робота. В данном случае управляющую подсистему целесообразно разделить на два модуля по функциональному принципу: определитель команды и непосредственно управляющее устройство. Это вызвано тем, что голосовая команда должна пройти важнейший этап распознавания прежде, чем она будет передана в управляющее

устройство. С программной точки зрения устройство, распознающее команды, должно быть даже сложнее, чем само управляющее устройство. О реализации распознавания речевых команд будет рассказано далее.

Один из вариантов реализации робототехнической системы предусматривает объединение информационно-измерительной подсистемы и устройства распознавания команд в рамках смартфона/планшетного компьютера, т.е. использование встроенного микрофона гаджета и реализацию программной части системы распознавания голосовых команд в виде мобильного приложения. В качестве устройства управления робототехнической системой будет использована микросхема серии Arduino.

Исполнительная подсистема - подсистема, которая непосредственно выполняет команды, переданные оператором. В данном случае она будет состоять из каркаса, мотора и колесной части.

Подсистема связи - подсистема, которая отвечает за передачу данных между всеми остальными подсистемами робота. В данном случае она будет включать в себя каналы передачи данных различного типа.

Структурная схема робототехнической системы представлена на рисунке 1.

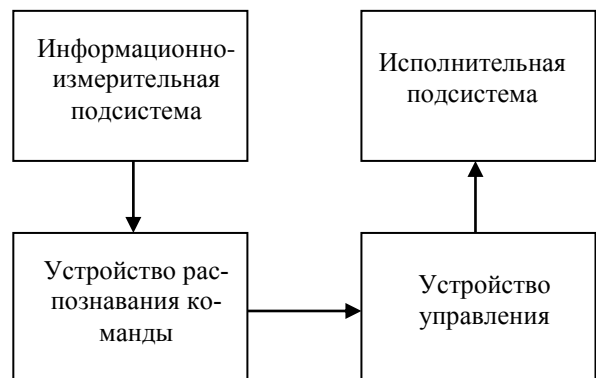


Рис. 1. Структурная схема робототехнического устройства.

Метод распознавания речевых сигналов на основе теории активного восприятия

В теории активного восприятия описывается метод грубо-точного анализа, который используется для распознавания изображений.

Существуют несколько этапов решения задачи распознавания:

1. Предварительная обработка звукового сигнала;
2. Вычисление признаков;
3. Принятие решения (классификация);

Рассмотрим, как реализованы эти этапы с точки зрения теории активного восприятия.

Предварительная обработка

На данном этапе в условиях априорной неопределённости происходит процесс раскрытия неопределённости звукового сигнала, заключающийся в дихотомии области определения звукового сигнала G на равные части. Результатом последовательного применения операции дихотомии является пирамидальная структура (см. рисунок 2, i – уровень разложения, j – номер области на i -ом уровне, T – длительность сигнала).

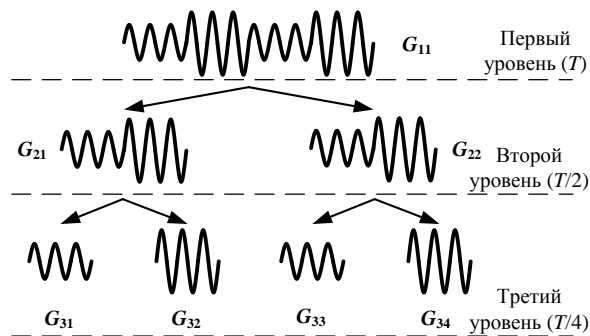


Рис. 2. Пирамида описания сигнала.

Вычисление признаков

Для подобласти $G_{ij} \subseteq G$ признаковое описание предлагаемым методом будет выполняться так:

1) отсчёты сигнала, относящиеся к подобласти G_{ij} , разбиваются на множество сегментов $S = \{s_k\}$, $k = \overline{1, N}$, где N – число сегментов в подобласти G_{ij} ;

2) к каждому сегменту s_k применяется U -преобразование (U -преобразование является базовым в теории активного восприятия), в результате формируется спектральное представление каждого сегмента: $u_k = U[s_k]$, $\mathbf{u} = \{u_k\}$, где U – оператор вычисления U -преобразования;

3) по вычисленному спектральному представлению u_k сегмента s_k определяются замкнутые группы: $p_k = P[u_k]$, $\mathbf{p} = \{p_k\}$, где P – оператор вычисления замкнутых групп;

4) вычисляется гистограмма замкнутых групп: $d_{ij} = H[\mathbf{p}]$, где H – оператор формирования гистограммы замкнутых групп, которая и является признаковым описанием области G_{ij} .

Определить момент остановки процесса дихотомии позволяет критерий однородности: $E(d_{i,j}, d_{i+1,j}) < T$ (E – оператор вычисления евклидова расстояния). Для остановки процесса дихотомии важно, чтобы такое условие выполнялось для большинства областей.

Выполнение условия однородности означает, что однородный элемент на i -ом уровне (допустим, квазипериодический сигнал) разбит на два элемента на $i+1$ уровне. В результате, описание, сформированное на i -ом уровне можно использо-

вать в качестве окончательного описания анализируемого сигнала.

Отметим, что при проверке однородности сформированного признакового описания используется принцип рекурсии, т. е. к сигналу последовательно применяется одна и та же операция – дихотомия. Таким образом, для выявления структуры сложного сигнала применяется одна и та же операция.

Принятие решения (классификация)

Этап классификации основан на использовании метода сравнения с эталоном (см. рисунок 3, мера близости – евклидово расстояние):

В качестве результирующего класса выбирается класс того эталона, до которого расстояние от входного сигнала оказалось наименьшим.

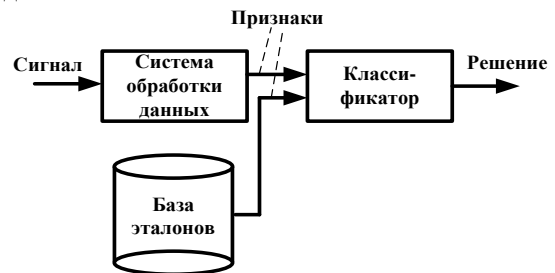


Рис. 3. Классификация принятого сигнала

Заключение

В данном докладе приведена концепция разработки аппаратно-программной робототехнической системы распознавания изолированных речевых команд на базе теории активного восприятия. Работы по созданию указанной системы были начаты в 2014 г. в Нижегородском государственном техническом университете им. Р.Е. Алексева на кафедре "Вычислительные системы и технологии" студентами Филяковым А.А. и Лукьянчиковой А.В. под руководством к.т.н. Гая В.Е.

На май-июнь 2015 г. запланировано создание рабочего образца данной робототехнической системы.

Литература

1. Утробин В.А. Элементы теории активного восприятия изображений / В.А. Утробин // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексева. - 2010. - Т. 81. - №2. - С. 61-69.

2. Утробин В.А. Информационные модели системы зрительного восприятия для задач компьютерной обработки изображений: учебное пособие / В.А. Утробин. - Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексева, 2001. - 234 с.

3. Основы робототехники и общие сведения о роботах. Устройство роботов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gruppa-prolif.ru/content/view/28/50/>

4. Загоруйко Н.Г. Методы распознавания и их применение / Н.Г. Загоруйко. - М.: Советское радио, 1972. - 208 с.

ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ КЕРАМИКИ МАРКИ GREEN TARE 951 И СЕРЕБРЯНОЙ ПАСТЫ 6148 ФИРМЫ DU PONT НА ПАРМЕТРЫ СИГНАЛА МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ

И.Д. Зырин, В.М. Карабан

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
igorpnk@mail.ru

Введение

При проектировании перспективных космических аппаратов (КА) отечественного производства для обеспечения современных требований и повышения количества функциональных возможностей конструктора используют в бортовой радиоэлектронной аппаратуре (РЭА) керамические печатные платы и проводят их исследования и испытания [1]. Самая широко применяемая керамика, применяемая как основание печатных плат это DuPont 951 Green Tare.

Ранние исследования печатных плат на основе из стеклотекстолита показали, что шероховатость поверхности проводника и основания может вызывать существенные искажения в передаваемом сигнале [2]. Технологии зарубежных производителей позволяют получать поверхность керамических печатных плат с очень низкой степенью шероховатости [3]. Однако российские технологии на данный момент не обладают подобными качествами. Следовательно, применение нового материала российского производства требует более тщательного исследования влияния шероховатости поверхности керамической печатной платы на характеристики сигнала.

Исследования

Для достижения поставленной цели были получены фотографии поверхности методом сканирующей электронной микроскопии (Scanning Electron Microscope) поверхности проводника из серебряной пасты 6148 Ag (см. Рисунок 1) под различным увеличением.

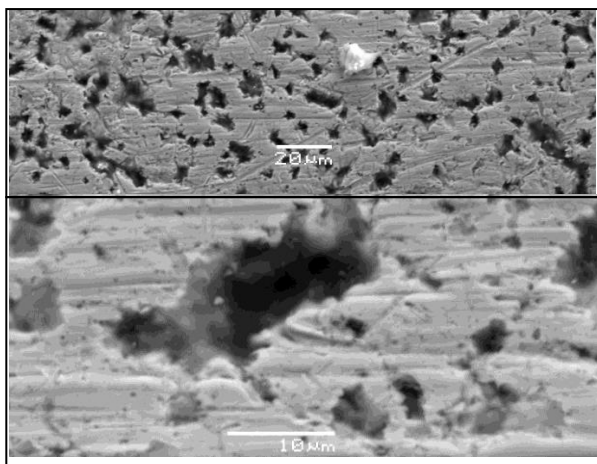


Рис. 1. SEM фотографии поверхности поверхности проводника

Существующие модели описания шероховатости поверхности, а именно модель П.Хурая [2] (Huray surface roughness model) и модель Гроссе [4] (Groiss model), интегрируемые в расчетную среду не позволяют описать шероховатость полученной формы. Следовательно, для проведения дальнейшего исследования влияния неровности поверхности на основе полученных SEM фотографий построены эквивалентная имитационная модель неровностей проводника (см. Рисунок 2) и идеальная микрополосковая линия передачи длиной 0,25 мм.

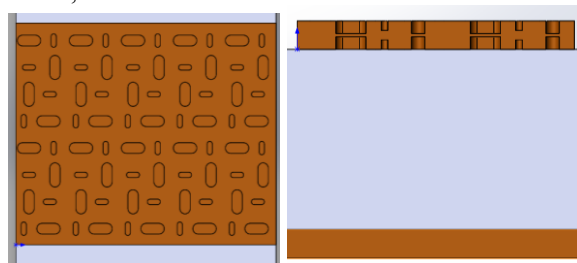


Рис. 2. Эквивалентная модель неровности поверхности

Модель распространения электрического поля в проводнике показана на рисунке 3.

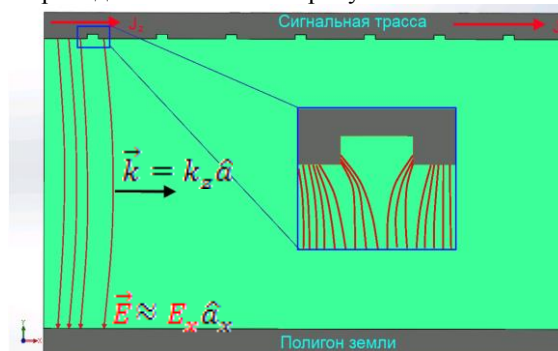


Рис. 3. Модель распространения электрического поля в диэлектрике с учетом шероховатости.

Напряженность электрического поля в микрополосковой линии при наличии неровностей поверхности сигнальной трассы показан на рисунке 4, и распределение тока в проводнике см. рисунок 5.

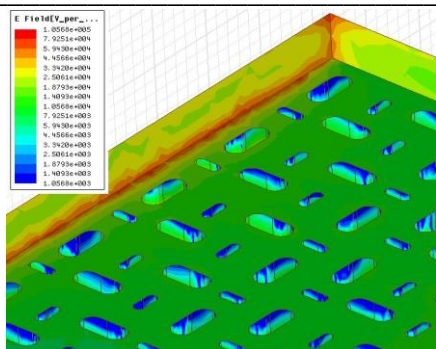


Рис. 4. Электрическое поле в проводнике.

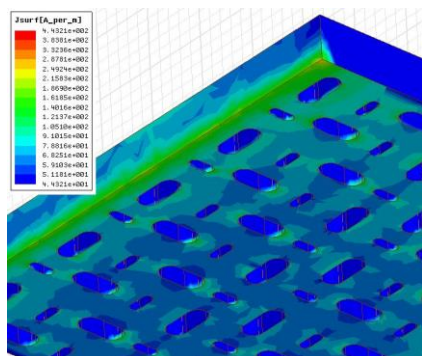


Рис. 5. Распределение тока в проводнике.

На основе трехмерных эквивалентных имитационных моделей полосковой и микрополосковой линий передач проведены численные эксперименты в диапазоне частот от 0 до 80 ГГц с использованием программного продукта ANSYS HFSS [9] поскольку большинство разрабатываемых современных устройств, усилители, сумматоры, разветвители, смесители, работают в данном диапазоне:

Для проведения полноволнового расчета с учетом шероховатости поверхности проводника длиной 0,25м потребовалось 275092 элементов сетки, а для идеальной линии 3080 элементов. Так же на подготовку трехмерной модели ушло значительное количество времени. Следовательно, для учета шероховатости использование трехмерного моделирования поверхности очень затратно по требованиям ко времени и аппаратным характеристикам вычислительной станции, и необходима разработка математической модели шероховатости керамических печатных плат.

Результаты электромагнитного моделирования в ходе экспериментов показаны в виде графиков на рисунке 6. На частоте 60 ГГц разница между шероховатой и идеальной линиями передачи составила -0,0081db при длине проводника 0,25мм.

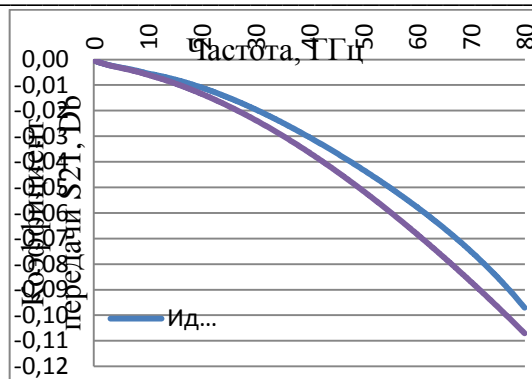


Рис. 6. График коэффициента передачи от частоты для двух типов микрополосковой линии передачи.

Проведенные численные эксперименты показали, что шероховатость поверхности вносит значительные дополнительные потери в передаваемый сигнал на частотах выше 10ГГц.

Заключение

Результаты проведенных исследований показали, что при проектировании печатных плат на основе керамики необходимо учитывать шероховатость поверхности, однако, для этого необходимо разработать математическую модель.

Полученные результаты позволяют оценить степень влияния шероховатости поверхности на передаваемый сигнал.

Работа выполнена в рамках реализации постановления Правительства РФ от 09.04.2010г. №218 и гранта Президента РФ №МК-2474.2013.8.

Источники

1. Моделирование и испытание плат на основе LTCC технологии для бортовой аппаратуры космических аппаратов / А.А. Хвалько, С.Б. Сунцов, В.М. Карабан, В.П. Алексеев // XVII Научно-техническая конференция «Электронные и электромеханические системы и устройства». Труды конференции. 22–23 апреля 2010 г. – Томск: ОАО «НПЦ "Полус».

2. P.G. Huray, S.G. Pytel, S.H. Hall, F. Oluwafemi, R.I. Mellitz, D. Hua, and P. Ye, “Fundamentals of a 3-D “Snowball” Model for Surface Roughness Power Losses”, 11th Annual IEEE SPI Proceedings, May 13 – 16, 2007.

3. K. Stefan, H.Marcel,S. Alfons, R. Andreas Viscous Flow as the Driving Force for the Densification of Low-Temperature Co-Fired Ceramics.

4. B. Curran, Ndip, I., Guttowski, S., Reichl, H., "On the quantification and improvement of the models for surface roughness," presented at IEEE Workshop on Signal Propagation on Interconnects, SPI '09, Strasbourg, France, 2009

ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМ

Нгуен Ван Ты, Дмитриева Т. Л.

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет
nguyentuad@gmail.com

Введение

Постановку задачи оптимизации примем в форме задачи нелинейного математического программирования (НМП):

$$\text{найти } \min f(x, P(x)), \quad x \in E^{nx} \quad (1)$$

при ограничениях

$$g_j(x, P(x)) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m; \quad (2)$$

$$x_i^L \leq x_i \leq x_i^U, \quad i = 1, 2, \dots, nx. \quad (3)$$

Здесь $\{X\}$ – вектор варьируемых параметров на интервале $\{X^L\} - \{X^U\}$. Функции ограничений g_j связаны с варьируемыми параметрами x через параметры состояния $P(x)$:

$$\{P(x)\} = \varphi(\delta, M, Q, N, \sigma), \quad (4)$$

куда могут входить узловые перемещения (δ), внутренние силовые факторы (M, Q, N), напряжения (σ) и т.д., определяемые решением уравнения метода конечных элементов в линейной постановке.

Рассмотрим случай оптимизации железобетонной статически неопределимой рамы, когда расчётные усилия меняются в зависимости от соотношения параметров сечений. Будем варьировать геометрическими параметрами сечений с учетом армирования.

В качестве критерия оптимальности будем рассматривать минимум приведенного объёма железобетонной рамы. Поэтому целевая функция $f(x)$ определяется по формуле:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n (A_i + \alpha A_{si} + \alpha' A'_{si}) L_i \quad (5)$$

где n - число элемента, A_i, L_i - площадь сечения и длина i -го элемента, A_{si}, A'_{si} - площадь сечения арматуры i -го элемента в растянутой зоне и сжатой зоне, $\alpha = E_s / E_b$ - коэффициент приведения арматуры к бетону для растянутой зоне, $\alpha' = E'_s / E_b$ - коэффициент приведения арматуры к бетону для сжатой зоне.

Алгоритм решения задачи оптимизации рамы

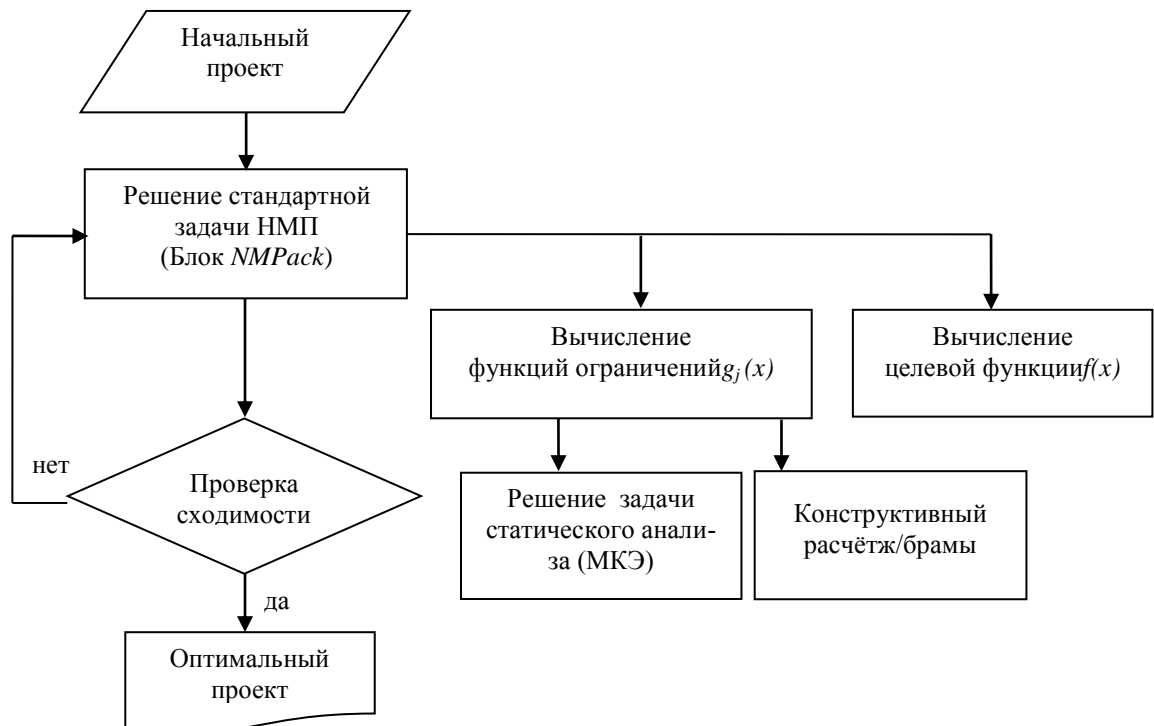


Рис.1. Блок-схема алгоритма оптимального проектирования железобетонной рамы

Рассмотрим алгоритм решения задачи нелинейного математического программирования, реализованный в блоке *NMPack*. Условно-экстремальная задача (1-3) приводится к задаче на безусловный экстремум с использованием функции Лагранжа F_L , а также её модификации - функции F_p [4,5].

Функцию Лагранжа для задачи (1-3) запишем в виде [2]:

$$F_L = f(x) + \{Y\}^T [\Lambda] \{g\}, \quad (6)$$

где $\{Y\}$ – вектор двойственных переменных (или множителей Лагранжа); $[\Lambda]$ – диагональная матрица булевых переменных, $\Lambda_{jj} = 1$, если $j \in M_{\text{ПА}}$, в противном случае $\Lambda_{jj} = 0$, где $M_{\text{ПА}}$ – множество потенциально активных ограничений. Пассивные ограничения, принимаются равными нулю, поэтому поиск вектора $\{Y\}$ осуществляется в редуцированном пространстве потенциально активных ограничений.

Модифицированная функция Лагранжа F_p принята в следующем виде [1]:

$$F_p = k_f F_L + 0,5 \{g\}^T [\Lambda] [k] \{g\} + 0,5 k_f \{Y\}^T (\Lambda - [I]) \{\Delta Z\}, \quad (7)$$

где k_f – нормирующий множитель, введенный для повышения устойчивости вычислений; ΔZ – величина сдвига ограничений, $[k]$ – диагональная матрица штрафных коэффициентов;

$[I]$ – единичная матрица. Элементы матрицы $[\Lambda]$ определяются из условия:

$$\text{если } g_j + \Delta Z_j > 0, \text{ то } \Lambda_{jj} = 1, \text{ иначе } \Lambda_{jj} = 0. \quad (8)$$

Алгоритм решения задачи (1-3), оперирующий с функцией F_p , включает в себя на каждой итерации t попеременно две основных процедуры: определение вектора прямых переменных $\{X^{t+1}\}$ и определение вектора двойственных переменных $\{Y^{t+1}\}$.

Оптимальный проект соответствует условию стационарности этой функции по переменным X и Y :

$$\max_Y \min_X F_p(X, Y). \quad (9)$$

Критерием окончания итерационного процесса являлись проверки

$$\left| X^{t+1} - X^t \right| \leq \varepsilon_x \left| X^t \right|, \quad \left| g \right| \leq \varepsilon_g, \quad (10)$$

где $\left| g \right|$ – множество потенциально активных ограничений; $\varepsilon_x, \varepsilon_g$ – заданная точность вычислений; t – номер итерации [2]. Кроме того, установлено предельное число итераций решения задачи (9) и максимальное число обращений к целевой функции и функциям ограничений.

Железобетонная рама рассчитывается по первой группе предельных состояний, поэтому будем использовать линейную КЭ модель [3].

$$[K] \{\delta\} = \{F\} \quad (11)$$

Здесь $[K]$ матрица жесткости системы, $\{F\}$ – вектор внешней нагрузки, $\{\delta\}$ – вектор узловых перемещений стержневой системы.

Заключение

1. Решение тестовой задачи оптимизации железобетонной рамы показало эффективность разработанного алгоритма оптимального проектирования, дающего оптимальный результат на малом числе итераций.
2. Тестирование алгоритма оптимизации путем использования различных начальных точек подтвердило единственность полученных результатов при достаточно высокой скорости сходимости.
3. Принятая модель вычислительного алгоритма оптимального проектирования железобетонных рам обеспечивает независимую работу основных её блоков, что позволяет дополнять каждый блок (например, расширять список проверок в конструктивном расчете железобетонных конструкций).

Литература

1. Дмитриева Т.Л., Безделев В.В. Использование многометодной стратегии оптимизации в проектировании строительных конструкций. Известия вузов. Строительство, № 2, 2010, С. 90-95.
2. Дмитриева Т.Л. Параметрическая оптимизация в проектировании конструкций, подверженных статическому и динамическому воздействию: монография. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. 176с.
3. Дмитриева Т.Л. Методика и алгоритмы решения задач строительной механики с использованием программных средств. Часть 1. Расчет плоских рам в программе MATHCAD. Вестник Иркутского государственного технического университета, 2013, № 11 (82). С. 153-160.
4. Бертсекас Д. Условная оптимизация и методы множителей Лагранжа. М.: Радио и связь, 1987. 400 с.
5. Гольштейн Е.Г., Третьяков Н.В. Модифицированные функции Лагранжа и методы оптимизации. М.: Наука, 1989. 400 с.

ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ЛОГИКИ В УПРАВЛЕНИИ ЗНАНИЯМИ

Н.И. Рахымбаева, Г.Ж. Рахымбаева, О.К. Турманов, Р.Ж. Амержанова
Карагандинский государственный технический университет
imanbakytovna@gmail.com

Введение

Новое направление в науке связано с изучением математической и философской логики, и конструированием новой компьютерной логики.

Термин «конструирование» означает процесс составления композиции чего-либо. Так как конструирование невозможно без использования соответствующего инструментария и, вероятно, данная деятельность является наиболее инструментально-насыщенной. Конструирование использует результаты проектирования, а результаты процесса конструирования использует процесс тестирования.

Конструирование логики в программной инженерии это систематический, измеримый подход к развитию, оперированию и обслуживанию, который интегрирует принципы математики, информатики и компьютерных наук. Процесс конструирования логики описывает детальное создание логики посредством комбинации кодирования, верификации, тестирования и отладки. В начале процесса создается модель конструирования (construction model), где выявляются основные операции и результаты. Далее рассматриваются этапы разработки, выборы методологии и условия для построения логики. Эта часть называется планированием конструирования (construction planning). Следующий шаг это определение языка конструирования (construction language), где выявляются формы коммуникаций человека с компьютером. После выполнения всех необходимых шагов проектирования, начинается этап кодирования (coding). На этом этапе применяются техники и технологии для создания новой логики. Для предотвращения ошибок в коде (логике), в момент кодирования используются формы тестирования (construction testing), такие как модульное тестирование (unit testing) и интеграционное тестирование (integration testing). Немаловажными моментами в конструировании являются повторное использование (reuse) продукта, качество его построения (construction quality) и интеграция отдельных сконструированных процедур (логик) [1].

В философской (общей, формальной и традиционной) логике, в начале, рассматриваются законы логики. Затем излагаются понятие, суждение, умозаключение и доказательство. Математическая логика (символическая и теоретическая) начинается с исчисления высказываний и ядром её является теория доказательств. Созидающая логика, комлогия, содержит в себе задачи философской и математической логики, позволяя работать с рассуждениями и вычислениями. Комлогия

включает в себя компьютерную логику в той её части, которая построена на базе языка программирования, но дистанцируется от той, так называемой, «компьютерной логики», которая провозглашается логикой в компьютерных науках вообще. Она начинается с языка, определения и построения высказываний и непрерывного ввода понятий. Ядром комлогии является слово, а методы – это дедуктивное построение и показательство.

Главные особенности компьютерной логики: понятия представляются в виде определений, что исключает двусмысленности при истолковании и какие-либо парадоксы. При этом определения не теряют гибкости, ибо могут находиться в разных словарях; всё проверяется и строго показанный результат соответствия реальности не требует содержательной перепроверки при применении; при конструировании языка, возможно, дать чёткое и однозначное истолкование его высказываний, которое может быть простым и понятным, решая основную задачу логической семантики.

Основные комлогические операции тернарной логики

Логическая аргументация и показательства для комлогических операции проводится на базе языка программирования 4th FORTH. Один из источников (эксперт) сообщает, что ЭТО - истина, второй эксперт подтверждает это. Тогда на выход проходит истина. Один из экспертов сообщает, что ЭТО - ложь, второй подтверждает это. Тогда на выход проходит ложь. Если мнения экспертов не совпадают на выходе возникает неопределенность, которую назовём “UNKNOWN” (неизвестно). Далее определим обозначения для значений: истина (TRUE -1), ложь (FALSE 0), неизвестность (UNKNOWN 1). Тогда таблица истинности при возникновении неизвестности примет вид, показанный в таблице 1.

Таблица 1. Таблица истинности неизвестности

Вход 1	Вход 2	Выход
-1	-1	-1
0	0	0
-1	0	1
0	-1	1

Отрицание в логике — унарная операция над суждениями, результатом которой является суждение (в известном смысле) «противоположное» исходному [2]. Отрицание истины – ложь, отрицание лжи – истина. Отрицать неизвестное бессмысленно, оно просто проходит на выход в соответствии с таблицей истинности, приведённой в таблице 2.

Конъюнкция по своей сути является логическим умножением и имеет обозначение – «И» («AND») [3]. Эта операция возможна в различных системах счисления, то есть она может быть как бинарной, так и n-арной операцией. Конъюнкция TAND обладает следующими свойствами:

Таблица 2. Таблица истинности отрицания

Вход	Выход
False	True
True	False
Unknown	Unknown

- если хотя бы на одном из входов 0 (ноль), то на выходе также 0 (ноль);
- при отсутствии 0 (ноль) на входах, если хотя бы на одном из входов 1 (единица), то на выходе также 1 (единица);
- на выходе -1 (минус единица) тогда, и только тогда, когда на всех входах -1 (минус единица).

Дизъюнкция – это, иными словами, логическое сложение, логическое «ИЛИ», включающее «ИЛИ», иногда просто «ИЛИ» («OR») [4]. Эта операция по своему применению приближена к значению союза «ИЛИ». Дизъюнкция, так как и конъюнкция, является бинарной и n-арной операцией. Дизъюнкция TOR обладает следующими свойствами:

- если хотя бы на одном из входов -1 (минус единица), то на выходе также -1 (минус единица);
- при отсутствии -1 (минус единица) на входах, если хотя бы на одном из входов 1 (единица), то на выходе также 1;
- на выходе 0 (ноль) тогда, и только тогда, когда на всех входах 0 (ноль).

Исключающее ИЛИ – булева функция, а также логическая и битовая операция («XOR») [5]. Исключающее ИЛИ TEXOR обладает следующими свойствами:

- на выходе 0 (ноль) тогда, и только тогда, когда на всех входах одинаковые значения;
- если значения всех входов не равны друг другу (разные), то на выходе -1 (минус единица);
- во всех остальных случаях на выходе будет 1 (единица).

Импликация (лат. *implicatio* — связь) — бинарная логическая связка, по своему применению приближенная к союзам «если... то...». [6] Рассмотрим прямую импликацию для тернарной логики. Импликация TИМР, показанная на рисунке 1, обладает следующими свойствами:

- если второе и первое значение входа равно 0 (ноль), а третье значение равно 1 (единица), то на выходе также 1 (единица);
- если второе и первое значение входа равно 0 (ноль), а третье значение равно -1 (минус единица) или 0 (ноль), то на выходе будет -;
- если второе значение входа равно 0 (ноль), а первое значение равно -1 (минус единица) или 1 (единица), то на выходе будет 0 (ноль);

- во всех остальных случаях значение на выходе будет зависеть от третьего значения на входе, то есть:

- о если третье значение входа равно -1 (минус единица), то на выходе также -1 (минус единица);
- о если третье значение входа равно 1 (единица), то на выходе также 1 (единица);
- о если третье значение входа равно 0 (ноль), то на выходе также 0 (ноль).

Эквиваленция (или эквивалентность) — двуместная логическая операция. [3]. Эквивалентность TEQU, показанная на рисунке 3, обладает следующими свойствами:

- на выходе 0 (ноль) тогда, и только тогда, когда значения всех входов не равны друг другу (разные);
- если значения всех трех входов равны друг другу (одинаковы), то на выходе -1 (минус единица);
- во всех остальных случаях на выходе будет 1 (единица).

Другими словами, свойства эквивалентности это отрицание свойства исключающее ИЛИ.

Заключение

При изложении комлогики [7] использовались существующие логические операции в языке программирования. Представленные комлогические операции позволяют реально исследовать законы, теоремы и формулы тернарной логики, включая правила вывода и силлогизмы. Они характеризуются тем, что имеют три входа и обеспечивают возможность экспертной оценки силлогизмов новых типов. Таким образом, открывается возможность создания нового научного направления – конструирование логик для различных применений с непосредственной проверкой их в информационных технологиях.

Литература

1. Липаев, В.В. Программная инженерия. Методологические основы [Текст]: Учеб. / В. В. Липаев ; Гос. ун-т — Высшая школа экономики. — М. : ТЕИС, 2006. — 608 с. — 1000 экз.
2. Энциклопедия эпистемологии и философии науки. М.: «Канон+», РООИ «Реабилитация». И.Т. Касавин. 2009.
3. Словарь по логике. — М.: Туманит, изд. центр ВЛАДОС. А.А.Ивин, А.Л.Никифоров. 1997
4. Гетманова А. Д. Учебник по логике. Серия: Российский лицей. М., 1994.
5. Элемент Исключающее ИЛИ Автор Белов А. В. 18.04.2008 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mirmk.net/content/view/24/28/>, свободный
6. Ивин А.А. Импликации и модальности. М.: ИФ РАН, 2004.
7. Омар М.Т. Комлогия. Караганда: Изд-во КарГТУ. 2009.- 152 с.

ДИАГНОСТИКА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ СИГНАЛОВ ВИБРАЦИИ

Ле Ван Туан

Научный руководитель: Казьмин В.П., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, г. Томск

visaosang89@gmail.com

Введение

В последние десятилетия резко возросло количество используемых автомобилей, что в свою очередь привело к увеличению выбросов выхлопных газов в окружающую среду. Отклонение параметров двигателя внутреннего сгорания (ДВС) от заводских приводит к ухудшению сгорания топлива и увеличению выбросов отработанных газов.

ДВС – энергетическая машина, преобразующая тепловую энергию, выделяющуюся в результате сгорания топлива в механическую работу. На отечественных автомобилях установлены поршневые ДВС. Двигатель внутреннего сгорания состоит из механизмов и систем, выполняющих определенные функции [1].

Типичными неисправностями ДВС являются следующие: увеличенные зазоры клапанов, износ сальников клапанов или направляющих клапанов, износ или повреждение привода распределительного вала, уменьшение компрессии в результате износа цилиндропоршневой группы и т.д. [2]. На текущий момент времени разработано много способов диагностики неисправностей ДВС, например: по составу выхлопных газов, по шумам, издаваемым ДВС в процессе работы и т.д.. Разработаны и используются специализированные компьютеризированные диагностические комплексы (мотортестеры) [3]. Для диагностики неисправностей ДВС используются различные методы, в том числе на основе расчета частотно-временной корреляционной функции [4].

Частотно-временная корреляционная функция

Частотно-временная корреляционная функция позволяет установить взаимосвязь сигналов не только во временном домене, а также и в частотном. На практике автокорреляционная функция, используя преобразование Фурье, находится по следующему выражению:

$$K(\tau) = F^{-1} \left[F(x_i) F^*(x_i) \right],$$

где F – прямое дискретное преобразование Фурье сигнала x_i , F^* – комплексно-сопряженное значение результатов прямого дис-

кретного преобразования, F^{-1} – обратное дискретное преобразование Фурье.

Согласно [5] перед вычислением произведения $F(x_i) F^*(x_i)$ предварительно формируют m его копий M^k , $k = 0, \dots, m-1$, при этом весь спектр кроме k -ой части обнуляется. В результате обратного преобразования Фурье каждой из этих копий получают частотно-временную автокорреляционную [5].

Рассмотрим применение частотно-временной корреляционной функции при исследовании сигналов вибрации двигателя K20A- Honda [6]. В поставленных экспериментах исследовано состояние агрегатов двигателя в штатном состоянии и с неисправностью. Исходные сигналы вибрации получены с использованием вибропреобразователя ДН-3, с частотой дискретизации 44100 Гц, при частоте вращения коленчатого вала 3000 об/мин. Анализ сигналов проведен с использованием специализированной программы [7]. Съём сигналов вибрации ДВС осуществлялся в нескольких точках показанных на рисунке 1, полученные частотно-временные корреляционные функции приведены на рисунке 2.



Рис. 1. Положения, где сняты сигналы

В штатном режиме работы ДВС на частотно-временной корреляционной функции отчетливо видны моменты воспламенения смеси в цилиндрах.

Неисправность ДВС была получена отключением форсунки первого цилиндра. На рисунке 3 представлена частотно-временная корреляционная функция на которой отчетливо видны 3 яркие точки, соответствующие воспламенению смеси в цилиндрах 2,3,4.

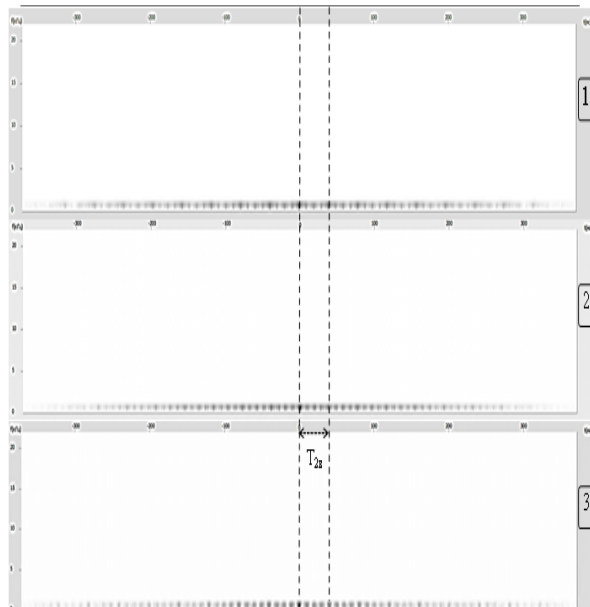


Рис.2. Частотно-временные автокорреляционные функции

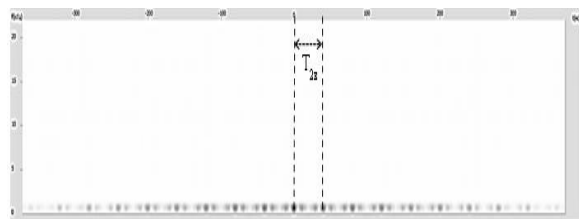


Рис.3. Частотно-временная автокорреляционная функция ДВС с неисправностью

Полученный результат позволяет утверждать, что частотно-временную корреляционную функцию можно использовать для диагностики ДВС. Для полноты исследований состояния работы дви-

гателя и его диагностики необходимо провести другие эксперименты.

Вывод

В данной работе рассмотрена возможность использования частотно-временной автокорреляционной функции для диагностики ДВС, приведены результаты анализа сигналов вибрации ДВС в штатном режиме и с неисправностью.

Литература

1. В.К. Вахламов, М.Г. Шатров, А.А. Юрчевский Автомобили: теория и конструкция автомобиля и двигателя. – М: Издательский центр «Академия», 2003. – 816 с.
2. Автошкола [Электронный ресурс]. Основные неисправности двигателей внутреннего сгорания. – Режим доступа: <http://www.autoshcool.ru/2334-osnovnye-neispravnosti-dvigatelay-vnutrennego-sgoraniya.html>, свободный
3. Пахомов А.А. Применение мотортестера «MotoDoc II» в диагностике отечественных автомобилей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.chiptuner.ru/content/pub_08, свободный
4. В.С. Аврамчук, В.П. Казьмин Анализ сигналов вибрации двигателя внутреннего сгорания // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323. – № 5. – С. 69–73.
5. Аврамчук В.С. Определение наличия гармонических составляющих и их частот в дискретных сигналах на основе автокорреляционной функции // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 5. – С. 113–116.
6. Хонда двигатели K20, K24. Устройство, техническое обслуживание и ремонт. – М.: Легион-Автодата, 2008. - 264 с.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012616731. «Частотно-временной автокорреляционный анализ сигналов» / Аврамчук В.С, Лунева Е.Е., 26 июля 2012..

МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS

Алтынбаев А.А., Манабаев К.К.
Томский политехнический университет
altynbaev_aset@mail.ru

ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет, является довольно популярной у специалистов в сфере автоматических инженерных расчётов и конечно-элементного решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций (включая нестационарные геометрически и физически нелинейные задачи контактного взаимодействия элементов конструкций), задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей. Моделирование и анализ в некоторых областях промышленности позволяет избежать дорогостоящих и длительных циклов разработки типа «проектирование — изготовление — испытания».

В качестве стратегического партнёра фирма сотрудничает со многими компаниями, помогая им провести необходимые изменения. Предлагаемые фирмой ANSYS Inc. средства численного моделирования и анализа совместимы с некоторыми другими пакетами, работают на различных ОС. Программная система ANSYS сопрягается с известными CAD-системами ASCON, CATIA, Pro/ENGINEER, SolidEdge, SolidWorks, Autodesk Inventor и некоторыми другими.

Основная идея метода конечных элементов состоит в том, что любую непрерывную величину (перемещение, температура, давление и т. п.) можно аппроксимировать моделью, состоящей из отдельных элементов (участков). На каждом из этих элементов исследуемая непрерывная величина аппроксимируется кусочно-непрерывной функцией, которая строится на значениях исследуемой непрерывной величины в конечном числе точек рассматриваемого элемента.

В общем случае непрерывная величина заранее неизвестна, и нужно определить значения этой величины в некоторых внутренних точках области. Дискретную модель, однако, очень легко построить, если сначала предположить, что известны числовые значения этой величины в некоторых внутренних точках области (в дальнейшем эти точки мы назовем «узлами»). После этого можно перейти к общему случаю.

Чаще всего при построении дискретной модели непрерывной величины поступают следующим образом:

Область определения непрерывной величины разбивается на конечное число подобластей, называемых элементами. Эти элементы имеют

общие узловые точки и в совокупности аппроксимируют форму области.

В рассматриваемой области фиксируется конечное число точек. Эти точки называются узловыми точками или просто узлами.

Значение непрерывной величины в каждой узловой точке первоначально считается известным, однако необходимо помнить, что эти значения в действительности еще предстоит определить путем наложения на них дополнительных ограничений в зависимости от физической сущности задачи.

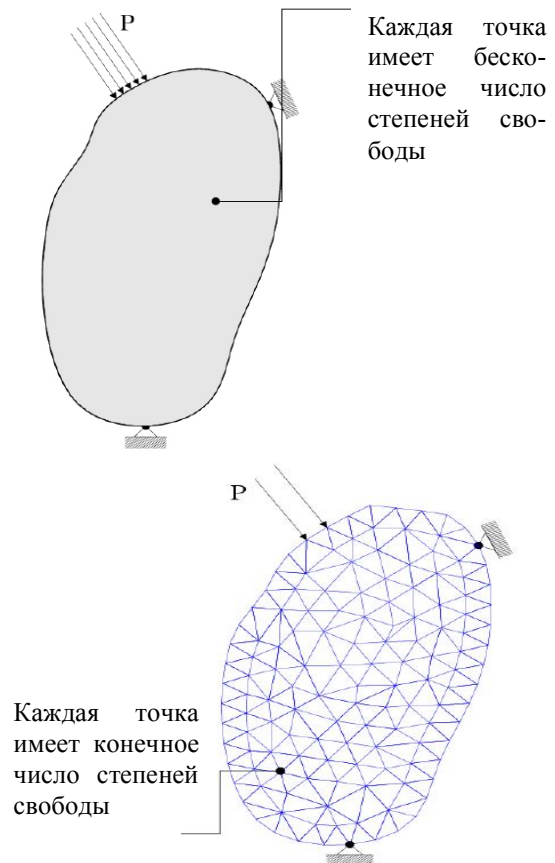


Рис.1. Построение модели в ANSYS.

Используя значения исследуемой непрерывной величины в узловых точках и ту или иную аппроксимирующую функцию, определяют значение исследуемой величины внутри области. Аппроксимирующие функции чаще всего выбираются в виде линейных, квадратичных или кубических полиномов. Для каждого элемента можно подбирать свой полином, но полиномы подбираются таким образом, чтобы сохранить непрерывность величины вдоль границ элемента. Этот по-

лином, связанный с данным элементом, называют «функцией элемента».

Как следует из основной концепции МКЭ, вся модель конструкции (или отдельной ее части) делится на множество конечных элементов, соединенных между собой в вершинах (узлах) (рис. 1а, б). Силы действуют в узлах. Конечный элемент не является «абсолютно жестким» телом.

Имеются несколько наиболее употребительных типов конечных элементов (рис. 2в): брус (А), стержень (В), тонкая пластина или оболочка (С), двумерное или трехмерное тело (D). Естественно, что при построении модели могут быть использованы не один, а несколько типов элементов.

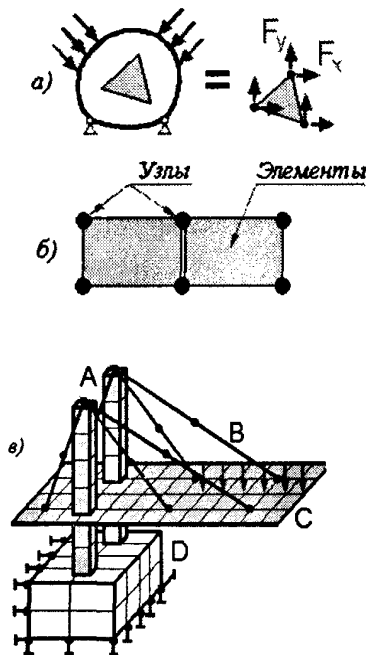


Рис.2. Конечные элементы модели в ANSYS.

Заключение

На основании вышесказанного можно вывести следующий алгоритм использования ANSYS

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ В ANSYS

Построение модели задачи.

Задание свойств материала.

Определение граничных условий.

Задание нагрузки.

Выбор узла, по которому будет вестись сравнение аналитического решения и МКЭ.

Анализ погрешности.

Построение модели задачи

Задание свойств материала

Определение граничных условий

Задание нагрузки

Выбор узла, по которому будет вестись сравнение аналитического решения и МКЭ.

Анализ погрешности.

Литература

1. Пашков Е.Н. Определение времени автоматической балансировки ротора при установившейся скорости // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 476-482.
2. Саруев Л.А., Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Кузнецов И.В. Силовой механизм сваебойной машины // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 482-485.
3. Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Юровский П.Г. Повышение эффективности бурения шпуров применением безбойковой гидроимпульсной системы // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 521-527.
4. Зиякаев Г.Р., Пашков Е.Н., Урниш В.В. Влияние трения на точность автоматической балансировки роторов // В мире научных открытий. 2013. № 10.1 (46). С. 104-117.
5. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // Фундаментальные исследования. 2012. № 6-3. С. 596-600.
6. // Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития. 2012. № 1. С. 225-229.
7. Мартюшев Н.В. Использование информационных технологий в образовательном процессе // В мире научных открытий. 2012. № 5. С. 25-38.
8. 2012. № 5.1. С. 208-220.
9. Мартюшев Н.В. Сетевые информационные технологии в образовании // В мире научных открытий. 2012. № 5. С. 25-38.
10. Мартюшев Н.В. Триботехнические свойства свинцовосодержащих бронз // Известия высших учебных заведений. Физика. 2012. Т. 55. № 5-2. С. 201-204.
11. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // Литейное производство. 2008. № 5. С. 10-11.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМОВ БУРОВЫХ МАШИН

Коровкин П.В.

Томский политехнический университет
epashkov@tpu.ru

Забойные гидроударные буровые машины. Общие сведения.

Гидроударные машины имеют широкую область распространения в буровом деле. Обширный диапазон применений гидроударных машин обусловлен тем, что такие механизмы являются одним из основных источников роста всех производственно-технических показателей бурения.

Наиболее часто гидроударники используются как вспомогательное звено, способствующее более интенсивному разрушению горных пород на забое – гидроударники для ударно-вращательного и вращательно-ударного бурения.

Кроме того, гидроударники могут использоваться как самостоятельные машины, являясь главным техническим элементом в процессе проходки скважин – гидроударники для ликвидации аварий в скважинах и для ударно-вибрационного бурения скважин в неплотных породах.

Основной отличительной особенностью ударно-вращательного способа бурения является возможность реализации на забое суммарного воздействия ударных импульсов, осевого давления и крутящего момента. Это обеспечивает снижение энергоёмкости процесса разрушения пород и, как следствие – повышенную эффективность проходки скважин при пересечении, прежде всего, крепких пород. Так, например, гидроударное бурение (ударно-вращательное или вращательно-ударное) коронками диаметром 76 мм обеспечивает увеличение механической скорости в 1,8...2,0 раза, повышение проходки за рейс в 1,5 раза и рост коммерческой скорости в 1,6 раза по сравнению с существующими способами бурения твердосплавными и алмазными коронками того же диаметра.

Одним из направлений повышения производительности бурения разведочно-эксплуатационных скважин на нефть и газ также может стать использование ударно-вращательного способа бурения взамен вращательного. Одной из предпосылок такого вывода являются исследования, которые проведены в НПО «Буровой техники» (ВНИИБТ). Основным вывод этих исследований состоит в том, что применение, например, таких гидроударников, как ВВО-5А, ВВО-145, ВВО-170 и др. при ударно-вращательном способе бурения по песчаникам, известнякам и твердым сланцам обеспечивает увеличение механической скорости бурения в 1,3-1,8 по сравнению с вращательным бурением в аналогичных условиях. Одновременно наблюдается рост проходки на долото на 25-30%. Учитывая, что стоимость долота составляет, в среднем 15-17 тыс. руб., имеет место

существенная экономия по материалам. Т.е., в общем случае, имеет место повышение тех параметров, которые определяют экономичность способа бурения скважин.

Практика показывает, что гидроударники, наряду с использованием для бурения разведочных скважин, могут успешно применяться и в других отраслях промышленности, а также на вспомогательных работах.

Имеется положительный опыт использования гидроударников для бурения скважин из подземных горных выработок. В отечественной и зарубежной практике морского бурового производства гидроударные машины по существу являются единственной технической базой реализации ударно-вибрационного однорейсового бурения подводных скважин на глубину до 10 м и более с вероятностью пересечения тяжелых грунтов.

Несомненный интерес представляет также возможность использования гидроударных машин для ликвидации и предупреждения прихватов бурового снаряда. Широко известно, что при наложении вибраций уменьшается коэффициент трения между контактирующими элементами (между наружной поверхностью бурового снаряда и расклинивающими его частицами породы), что способствует извлечению прихваченного в скважине инструмента.

Разнообразные условия применения, а также сложность рабочих процессов в гидроударных машинах, взаимосвязанных с процессами в подводном трубопроводе (колонне бурильных труб) и в скважине, обусловили большое разнообразие технических схем и особенностей конструкции гидроударных машин.

В общем случае, гидроударники представляют собой импульсную систему со свободно движущимся поршнем-бойком, перемещающимся между наковальной и верхним ограничителем, который может быть как жестким, так и упругим. В зависимости от направленности гидравлического воздействия на поршень гидроударники можно разделить на две основные группы:

1. Гидроударники одинарного действия с одной рабочей полостью цилиндра, у которых один ход бойка совершается под действием промывочной жидкости, другой – за счет силы пружины или собственного веса бойка;

2. Гидроударники двойного действия, с двумя рабочими полостями цилиндра, у которых возвратно-поступательное движение бойка обеспечивается энергией потока жидкости без участия пружин.

Приведенное разделение гидроударников является весьма обобщенным. Так, в группе машин одинарного действия в зависимости от способа совершения активного хода бойка выделены механизмы прямого и обратного действия.

Гидроударники прямого действия (рис.1,а) характеризуются тем, что в них эффективная энергия от источника (бурового насоса) отбирается на рабочем ходе. При этом часть ее передается бойку, а часть накапливается в пружине, за счет которой обеспечивается холостой ход.

Гидроударники обратного действия характеризуются тем, что в них энергия потока отбирается на холостом ходе бойка и накапливается, в основном, в пружине (упругом элементе) в виде потенциальной энергии сжатия (рис.1,б). Разгон бойка и удар его по наковальне осуществляется под действием веса бойка и энергии упругого элемента. Подъем (взвод бойка с одновременным сжатием силовых пружин) – под действием давления жидкости, поступление которой в рабочую полость цилиндра регулируется распределительным устройством (РУ).

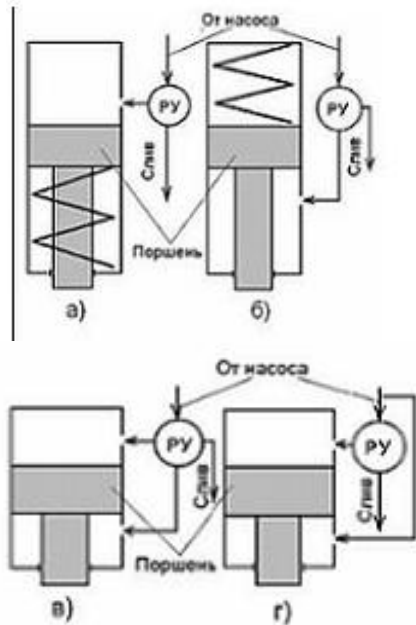


Рис. 1. Схемы гидроударных механизмов.

Гидроударники двойного действия по исполнению гидродвигателя и характеру рабочего процесса разделяются на два основных вида.

К первому виду можно отнести гидроударники, у которых имеются две рабочие полости цилиндра (рис.2,в), контролируемые водораспределительными устройствами.

Ко второму - гидроударники со ступенчатым (дифференциальным) поршнем, разделяющим цилиндр на две камеры, из которых только одна контролируется водораспределительным устройством (рис.1,г).

В работе проведен обзор гидроударных механизмов. Показаны основные особенности различных типов таких механизмов. Выявлено, что в ряде случаев в качестве рабочего тела в такого рода механизмах может использоваться промышленная жидкость. Большое разнообразие применяемых конструкций гидроударных механизмов обусловлено различными условиями их эксплуатации.

Литература

1. Пашков Е.Н. Определение времени автоматической балансировки ротора при установившейся скорости // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 476-482.
2. Саруев Л.А., Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Кузнецов И.В. Силовой механизм свабойной машины // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 482-485.
3. Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Юровский П.Г. Повышение эффективности бурения шпуров применением безбойковой гидроимпульсной системы // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 521-527.
4. Зиякаев Г.Р., Пашков Е.Н., Урниш В.В. Влияние трения на точность автоматической балансировки роторов // В мире научных открытий. 2013. № 10.1 (46). С. 104-117.
5. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // Фундаментальные исследования. 2012. № 6-3. С. 596-600.
6. // Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития. 2012. № 1. С. 225-229.
7. Мартюшев Н.В. Использование информационных технологий в образовательном процессе // В мире научных открытий. 2012. № 5. С. 25-38.
8. 2012. № 5.1. С. 208-220.
9. Мартюшев Н.В. Сетевые информационные технологии в образовании // В мире научных открытий. 2012. № 5. С. 201-204.
10. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2008. № 3. С. 19-23.
11. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // Литейное производство. 2008. № 5. С. 10-11.

АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ И ОЦЕНКА ЕГО ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ С ПОМОЩЬЮ ФИНАНСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Ганская И. О.

Научный руководитель: Крицкий О. Л.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: irgans@mail.ru

Введение

Финансовое состояние – это способность предприятия субсидировать свое функционирование. Его описывает материальное благосостояние финансовыми ресурсами, которые необходимы для нормальной работы предприятия, их платежеспособностью и финансовой устойчивостью, целесообразным и эффективным использованием и размещением, а так же финансовыми взаимоотношениями с иными физическими и юридическими лицами [1].

Цель данной работы – провести анализ финансового состояния предприятия и оценка его финансовой устойчивости с помощью финансовых коэффициентов.

Финансовое состояние предприятия в рыночной экономике воссоздает конечные итоги его активности. Именно они интересуют собственников (акционеров) предприятия, его компаньона, так же налоговые учреждения. Это определяет необходимость осуществления анализа финансового состояния экономического субъекта и повышает роль такого анализа в экономическом процессе.

На практике под финансовым состоянием предприятия понимают набор форм и индикаторов финансовой отчетности, которые отражают финансовую устойчивость, деловую активность, рентабельность предприятия и платежеспособность.

Анализ относительных показателей финансовой устойчивости

При проведении анализа финансовой устойчивости по относительным показателям на предприятии «Водпроект» (г. Семей, Республика Казахстан) можно отметить следующее: Коэффициент автономии составляет 0,56, что значительно ниже нормы (0,7).

Коэффициент зависимости увеличился за анализируемый период с 0,44 до 0,74, что свидетельствует об увеличении зависимости предприятия от заемных источников. Следовательно снизился коэффициент финансирования с 1,29 на начало до 0,35 на конец анализируемого периода.

Коэффициент обеспеченности собственными источниками финансирования имеет отрицательное значение, что говорит о большой нехватке собственных источников финансирования.

Коэффициент финансовой устойчивости составлял 0,56 на начало и 0,27 на конец анализируемого периода при норме (0,6), что говорит о финансовой неустойчивости предприятия «Водпроект».

Анализ вероятности банкротства. Оценка вероятности банкротства

Банкротство – это неспособность предприятия погасить свои обязательства в полной сумме и в назначенный срок из-за дефицита денежных средств и невозможности его восполнения из других источников.

Удельный вес оборотного капитала в активах определяется коэффициентом банкротства:

$$K_{\text{банкротства}} = \frac{\text{Чистый оборотный капитал}}{\text{Актив баланса}}$$

Таблица 1. Расчет коэффициента прогноза вероятности банкротства

Наимение показателя	На 01.01.2009 г.	На 01.01.2010 г.	На 01.01.2011 г.	На 01.01.2012 г.	На 01.01.2013 г.	На 01.01.2014 г.	Норма
	Коэффициент прогноза банкротства	-0,09	0,08	-0,17	0,19	-0,2	

Значение коэффициента прогноза вероятности банкротства отрицательное, что свидетельствует о максимальной вероятности банкротства предприятия «Водпроект».

Чем выше значение показателя, тем ниже возможность банкротства. Рекомендуемое значение – более 0.

Коэффициенты восстановления и платежеспособности

Таблица 2. Коэффициенты восстановления и платежеспособности

Показатель	На	На
	01.01.2012г.	01.01.2013г.
1. Коэфф-т текущей ликвидности	0,63	0,57
2. Коэфф-т обеспеченности собственными ср-ми	-0,61	-0,78
3. Коэфф-т восстановления платежеспособности	0,31	

Основным показателем, характеризующим наличие реальной возможности у предприятия «Водпроект» восстановить (либо утратить) свою платежеспособность в течение определенного периода, является коэффициент восстановления (утраты) платежеспособности.

Коэффициент восстановления платежеспособности, принимающий значение меньше 1, рассчитанный на период, равный 6 месяцам, свидетельствует о том, что у предприятия в ближайшее время нет реальной возможности восстановить платежеспособность.

Линейная регрессия

Построение регрессионной модели для финансового коэффициента. Данные взяты из таблиц платежеспособности на начало и конец года за период с 2009 года по 2013 год.

Таблица 3. Регрессионная модель

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,935686496
R-квадрат	0,875509218
Нормированный R-квадрат	0,87173677
Стандартная ошибка	0,187990712
Наблюдения	35

В итоге было получено уравнение вида:

$$y=0,016+0,963*x$$

Множественный коэффициент корреляции R=0,93;

Стандартная ошибка S=0,19.

Таблица 4. Дисперсионный анализ

Дисперсионный анализ	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	1	8,201820387	8,201820387	232,0798683	1,72297E-16
Остаток	33	9,368057143			
Итого	34				
	Коэфф-ты	Станд-ая ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95% / Верхние 95%
Y-пересечение	0,016462359	0,032294934	0,509750504	0,613618671	0,0492420082166
Переменная X 1	0,963579132	0,063251183	15,23416779	1,72297E-16	0,8348931092264

Данная регрессия предполагает, что существует линейная зависимость между переменными в уравнении и нормальное распределение остатков.

Заключение

В работе проведен финансовый анализ финансового состояния предприятия.

На основании анализа относительных показателей финансовой устойчивости следует вывод, что финансовое состояние ТОО «Водпроект» является кризисным; коэффициенты рентабельности отрицательны.

В целом в ТОО «Водпроект» очень высокая вероятность банкротства. Коэффициент восстановления платежеспособности, принимающий значение меньше 1, который рассчитан на период, равный 6 месяцам, говорит о том, что у предприятия в ближайшее время нет возможности восстановить платежеспособность. В текущей деятельности особое внимание следует уделить вопросам снижения себестоимости продукции, дебиторской задолженности.

Список литературы

1. Грищенко О. В. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРГУ, 2000. 112с.
2. Гусаров В. М. Статистика: Учеб. пособие для вузов – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 436с.
3. Салин В. Н., Кудряшова С. И. Система национальных счетов: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 272с.

РАЗРАБОТКА ПОДОГРЕВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ, УПРАВЛЯЕМОЙ ПРОГРАММНЫМ КОНТРОЛЛЕРОМ

А.А. Кабанец

Научный руководитель – к.ф.-м.н., Д.В.Постников
Омский государственный технический университе
petroleum-95@mail.ru

Одной из причин взятие этой темы как научного исследования послужили климатические условия Сибири и крайнего севера. Так как мы живем в Западной Сибири с довольно суровыми зимами. Для России остается важной и актуальной проблема применения ГСМ на технике при низких температурах. Территория страны имеет большие регионы с продолжительными зимами, где хранение и эксплуатация техники проводится при низких температурах.

Для обеспечения готовности техники в этих условиях, необходимо чтобы применяемые топлива свободно прокачивались в топливных системах при низких температурах окружающего воздуха в данных климатических зонах.

Это тема затрагивает одну из самых актуальных проблем на сегодняшнее время - транспорт. Как известно многие фирмы работающие на севере и Сибири имеют множество проблем с эксплуатацией специализированной техники из-за низких температур окружающей среды (от -45 до -64). Это связано с эксплуатацией транспортных средств, не предназначенных к данным климатическим условиям.

Основной целью нашей работы является разработать модель на основе которой будет обеспечиваться эксплуатация транспортных средств на летних сортах дизельных топлив и масел в условиях низких температур.

Проведенные исследования:

1) низкотемпературных свойств дизельных топлив и масел

2) условия прокачиваемости дизельного топлива

3) конструкции системы подачи

Планируемые исследования :

1) полной сборки подогревательной системы

2) детального анализа износа автомобильных запчастей

(при перепадах температуры)

Планом данной научной работы является:
- разработка тактической модели (Основной целью разработки служит внедрение устройств экономически выгодных для регионов Сибири и дальнего севера);

- исследование факторов влияющих на прокачиваемость дизельного топлива (температура и фильтры тонкой очистки);

- анализ способов и устройств применения дизельного топлива при низких температурах;

- разработка системы обеспечения применения дизельного топлива при низких температурах на специализированной технике;

- технико-экономический анализ (внедрение данной разработки с большей экономической эффективностью);

Объект исследования:

В данной научной работе проведен анализ низкотемпературных свойств дизельных топлив и масел, совершенствование устройства обеспечивающего применение летних дизельных топлив и масел в условиях низких температур на специализированной технике.

Факторы влияющие на прокачиваемость ДТ:

Вязкость ДТ (вязкость при 20 °С для летних сортов в пределах 3,0÷6,0 сСт, для зимних сортов 1,8÷5,0 сСт, для арктических 1,5÷4,0 сСт.)

Температура помутнения и застывания (Дизельное топливо выпускается согласно ГОСТ 305-82 трех марок: Л – летнее, применяемое при температуре окружающей среды не ниже 0°С, З – зимнее до – 30°С, А – арктическое до – 50°С.)

Условия прокачиваемости ДТ (свойства дизтоплива, обеспечивающие бесперебойную подачу дизтоплива в цилиндры в необходимом количестве.

Определяется вязкостью, низкотемпературными характеристиками, содержанием механических примесей, смол и других загрязнений, влияющих на прохождение топлива через фильтр).

Конструкция систем подачи (Система подачи топлива — в двигателях внутреннего сгорания служит для подачи топлива из топливного бака к топливной рейке избыток топлива через регулятор давления возвращается в бак.)

Разработка системы обеспечения применения ДТ и масел в условиях низких температур:

-Исходные данные для разработки системы

-Измерение и регулирование температур

-Промышленные виды позисторов, осуществляющие измерение и регулирование температур

-Разработка системы и проведение стендовых испытаний

-Расчет технико-экономического анализа

При низких температурах дизельное топливо становится более вязким, в нем начинают образовываться парафины, что затрудняет работу всей топливной системы. Самыми уязвимыми местами автомобиля является фильтр тонкой очистки, топ-

ливная магистраль и топливный бак. Подогрев дизельного топлива в зимний период позволяет уменьшить вязкость дизельного топлива, предотвратить парафинизацию в топливной системе двигателя автомобиля.

В качестве примера для установки подогревательной системы рассмотрим специализированное транспортное средство УРАЛ. На котором был установлен бандажный подогреватель топливного фильтра, существующий в двух вариантах, мощностью 12В и 24В (в зависимости от размера фильтра), то есть чем больше габаритные размеры фильтра тем больше должна быть мощность. Так же на транспортном средстве был установлен подогрев топливной системы (подогреватели проточные и ленточный по всей длине магистрали), в топливном баке данного транспортного средства был установлен подогреваемый топливозаборник, который обеспечивает подогрев ДТ на начальном уровне. Был установлен подогрев фильтров сепараторов. Эта установка дает возможность улавливать загрязнения ДТ на начальном этапе движения

Подогреватели НОМАКОН™ ПД-200 устанавливаются между посадочной головкой двигателя и корпусом топливного фильтра и подключаются к бортовой электросети автомобиля. В случае ручного управления выключатель с индикацией устанавливается в кабине водителя.

Подогреватель сохраняет работоспособность при изменении напряжения питания в пределах 85-125 % от номинального напряжения. Срок службы подогревателя не менее 5 лет, средняя наработка на отказ не менее 3000 ч.

В зависимости от температуры окружающей среды рекомендуемая длительность предпускового разогрева фильтра от аккумулятора составляет 5-10 минут. В режиме маршевого разогрева при работающем двигателе ориентировочно потребуются одна минута для повышения на 1 градус температуры дизельного топлива.

Основные возможности :

1. Отслеживание работоспособности подогревательных элементов
2. Ручное и автоматическое управление подогревательными процессами
3. Автономная работа при заглушенном двигателе

С данными компаниями ведутся переговоры о дальнейшем сотрудничестве:

ООО «ВЕРАТРАНС», -ООО «А-Сервис», ООО «ЮТС», -ООО «ЛиСА-Транс», -ООО «Велес»

Все заводы по производству подогревательного оборудования находятся в городах России.

Экономическая выгода:

По трудовому кодексу РФ рабочий день должен быть 8 часов. Остальное время машины работают на холостом ходу. Из расчета, что транспортное средство Урал на холостом ходу использует 10 литров за 1 час, при этом работая 16 часов. Из этого следует, что за 16 часов сгорит 160 литров. Возьмем среднюю стоимость 1 литра зимнего ДТ за 30руб/л. Получается за 16 часов-4800 рублей. Без учета движение автомобиля во время работы. За месяц (30 дней)-144000 рублей и это без учета движения. Так же вследствие постоянной работы увеличивается износ рабочих частей двигателя. Из-за того что двигатель постоянно находится в рабочем режиме нуждается в постоянной поддержке уровня моторного масла и охлаждающей жидкости (тосол).

Средняя стоимость автоматической подогревательной системы –от 10000 до 15000 рублей. С подогревательной системой подогрев дт осуществляется в автономном режиме, за счет электроэнергии аккумулятора без расхода дт. С подогревательной системой целесообразней использовать летний сорт дт (цена за 1л-27рублей.), т.к система в автоматическом режиме поддерживает температуру дт. Подогревательная система полностью окупит себя за 4-5 суток. Расчеты представлены в таблице

Система	Вид топлива	Расход за 16 часов	Цена за литр	Затраты
Подогревательная	Зимнее/летнее	-	Зимняя-30 руб Летняя-27 руб	Стоимость установки 10-15тыс. руб
Без подогревательной	Зимнее/летнее	160 л	Зимняя-30 руб Летняя-27 руб	За 16 часов-4800 руб

Литература

1. Афанасьева Е. И., Тульчин И. К. Снижение расхода электроэнергии в электроустановках зданий. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 224 с.
2. Воробьев Л. А., Стриха И. И. Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве БССР. 1987. – 74 с.
3. Цигельман И. Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий. М.: Высш. шк., 1988. – 320 с.
4. Тарнижевский М. В., Афанасьева Е. И. Пути экономии электроэнергии в жилищно-коммунальном хозяйстве. Москва. Стройиздат. 1980. -274 с.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРАМЕТРИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ БРОНЗЫ БР. С 10

Семенков И.В.

Томский политехнический университет

semenkov@tpu.ru

Введение

Свинцовистые бронзы находят широкое применение для изготовления высоконагруженных ответственных подшипников (опорные и шатунные подшипники мощных турбин, авиационных моторов, дизелей и др.), работающих при больших удельных давлениях 250-300 кг/см² и при повышенных окружных скоростях (8-10 м/сек) [1]. Они обладают характерными свойствами, а именно: большой разницей в удельных весах компонентов, отсутствием смешиваемости меди и свинца в твердом виде и ограниченной растворимостью в жидком состоянии, в связи с чем данные бронзы склонны к ликвации свинца. В процессе кристаллизации свинец формируется в зависимости от условий охлаждения расплава [2].

Методика экспериментальных работ

В данной работе исследовали влияние скорости охлаждения на структуру свинцовистой бронзы Бр. С-10. Бронзу заливали при температуре 1150 °С в стальной кокиль. Отношение массы отливки к массе кокиля 1:10. Температура кокиля составляла 20, 200, 400, 600 и 800 °С. Расплав перегревали перед разливкой на 30...50°С, раскисляли фосфористой медью, а затем подстуживали до требуемой температуры. Температуру контролировали с помощью быстродействующего оптического пирометра ТПТ-90 с лазерным наведением фирмы Agema (Швеция). Металлографические исследования проводились на нетравленных шлифах с применением оптического микроскопа МИМ-8М и цифрового фотоаппарата MDC-1500 (Китай). Образцы для металлографических исследований вырезали из торца отливки, прилегающего к форме. Полученные отливки хорошо отличаются, друг от друга по цвету: цвет меняется от желтого (при температуре кокиля 20 °С) до черного (при температуре кокиля 800°С)

Для определения скорости охлаждения бронзы Бр. С-10 использовали высокоскоростной прибор «Термограф», разработанный на кафедре ПМЭ Томского политехнического университета. Прибор способен регистрировать 40 значений термо-э.д.с. в секунду и вносить в память 1600 показаний. Расчет скоростей охлаждения проводили по формуле:

$$V_{\text{охл}} = \frac{T_1 - T_2}{\tau_i}, \quad (1)$$

где $(T_1 - T_2)$ – заданный температурный интервал,

τ_i – время кристаллизации в данном интервале.

Согласно диаграмме состояния Cu-Pb [3], температура ликвидуса бинарной бронзы с содержанием 10% Pb лежит в пределах $1050 \pm 5^\circ\text{C}$.

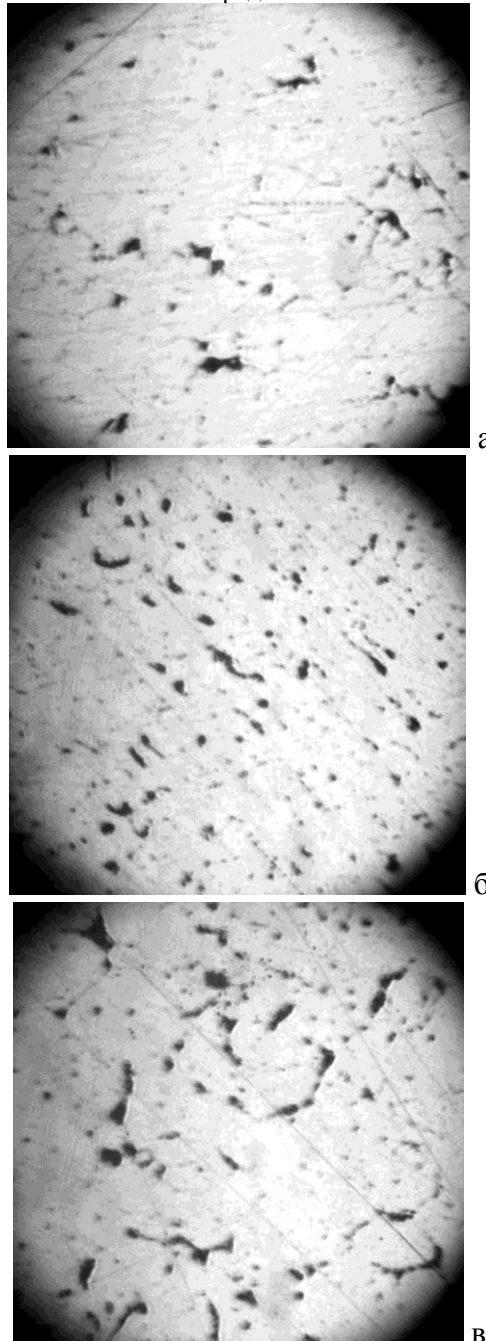


Рис. 1. Структура бронзы марки БрС10 полученная литьем в форму нагретую до: а - 200°С; б - 400°С; в - 600 °С

Обсуждение результатов

Температура солидуса Бр. С-10 равна 952 °С и совпадает с температурой монотектического преобразования.

За расчетный температурный интервал выбрали эффективный интервал кристаллизации бронзы Бр. С-10 (1050...952°), полагая, что в нем формируются кристаллы α – фазы, от строения которой, в конечном счете, зависит распределение и морфология легкоплавкой свинцовой составляющей.

Анализируя кривые охлаждения Бр. С-10 получаем, что наименьшая скорость охлаждения наблюдается при литье в кокиль нагретый до 800 °С, а наибольшая при литье в кокиль при комнатной температуре. Причем скорость охлаждения расплава при литье в холодный кокиль выше в 20 раз чем при литье в кокиль нагретый до 800 °С.

Проведенный металлографический анализ показал заметное различие в строении в зависимости от температуры нагрева кокиля. При низких температурах кокиля (20...200 °С) свинец формируется в виде многозвенных колоний преимущественно в виде мелких частиц с рваными неровными краями. При температуре кокиля 400 °С свинец представлен в виде округлых, равномерно распределенных в объеме частиц. При более высоких температурах кокиля (600...800 °С) частицы свинца более крупные, обнаруживается ликвация свинца, причем при температуре 800 °С появляются тонкие вытянутые свинцовые включения. Предполагается, что при очень медленном охлаждении частицы свинца оттесняются растущими зернами меди и располагаются по границам зерен меди в виде тонких прослоек. Визуально просматривается различие в объемной доли свинца: чем выше скорость охлаждения, тем меньше свинца.

Заключение

Таким образом, скорость охлаждения является значительным фактором, влияющим на распределение и морфологию легкоплавкой свинцовой фазы в свинцовистых бронзах. В соответствии с микроструктурным анализом, наиболее оптимальной представляется температура нагрева кокиля 400 °С. Полученные результаты позволяют проводить дальнейшие исследования и устанавливать зависимости механических свойств отливок из бронзы Бр. С-10 от скорости охлаждения расплава.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.

2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 596-600.

3. Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.

4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.

5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы брС10-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.

6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнolитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.

7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.

8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.

9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.

10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.

11. Мартюшев Н.В. Триботехнические свойства свинцовосодержащих бронз // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2012. Т. 55. № 5-2. С. 201-204.

12. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Параметры дендритной структуры заготовок сегментных колец компрессоров ядерной промышленности // *Цветные металлы*. 2012. № 10. С. 100-103.

13. Мартюшев Н.В., Мельников А.Г., Веселов С.В., Терентьев Д.С., Семенов И.В. Режимы активации порошков меди и оксида алюминия в шаровой мельнице // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2012. № 3. С. 103-106.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ И СТУДЕНТОВ ИФВТ

Мартюшев Н.В.

Томский политехнический университет

martjushev@tpu.ru

Введение

В 21 век начался с бурного развития информационных технологий и внедрения их во все сферы деятельности общества. Не явилась исключением и сфера образования. Появились новые электронные формы организации учебного процесса, взаимодействия между участниками этого процесса и новые системы учета и документооборота. Шагая в ногу со временем, Томский политехнический университет (ТПУ) внедрил ряд таких технологий в своей структуре. О некоторых таких технологиях реализованных на базе института физики высоких технологий (ИФВТ) ТПУ будет рассказано в этой статье.

В рамках Инновационной образовательной программы ТПУ в 2007-2008 гг. разработан корпоративный портал ТПУ на базе технологии Oracle Portal (<http://portal.tpu.ru>). Данный портал позволяет размещать информацию и электронные ресурсы на странице своего подразделения (ново-

сти, статьи, учебно-методические материалы, нормативные документы и т.д.). Дает возможность сотрудникам, преподавателям, студентам университета создавать свое персональное информационное поле - создавая свой персональный сайт, каждый может подключить себе необходимый набор ресурсов и сервисов, разместить свои файловые ресурсы и дать к ним категорированный доступ.

В рамках ИФВТ ТПУ данная технология использовалась для осуществления взаимодействия между студентами, молодыми учеными и руководителями, отвечающими за их научную деятельность.

Так при организации внутри университетских олимпиад положения, информационные письма и результаты размещались на специально созданных страницах портала. Оповещение потенциальных участников осуществлялось со ссылкой на стра-

Таблица 1. База данных ежегодных научных мероприятий

Название конференции	Статус	Дата окончания подачи материалов	Дата проведения	Город проведения	Платная бесплатная	Публикация	Направление
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ	Всерос.	01.04.10	06.04.10	Самара	1000р.	Статья ВАК	Надежность, металлоемкость, проблемы м/с
Гагаринские чтения	Межд.	01.04.10	06.04.10	Москва	Беспл.	Тезисы	Машиностроение
Новые материалы, наносистемы и нанотехнологии	Всерос.	-	30.04.10	Интернет конф.	Беспл.	Эл. Сборник	Материаловедение, нанотехнологии
Высокие технологии в современной науке и технике	Межд.	16.07.12	18.07.12	Томск	500 р.	Сборник трудов	Химия, электроразрядные технологии, моделирование
Современные проблемы машиностроения	Межд.	16.10.12	18.10.12	Томск	300 р.	Сборник трудов	Химия, электроразрядные технологии, моделирование
Современные технологии в науке и технике XXI века	Межд.	28.11.12	30.11.12	Москва	2000 р.	Сборник трудов	Педагогика, Физика, Инженерное дело, Приборостроение

ницы портала. Важным является то, что создание страниц портала содержащих информацию об олимпиадах осуществлялось не специальным отделом, а непосредственно организаторами этих олимпиад. Время на создание страниц содержащих информацию об олимпиадах не превышает одного часа.

В 2009 году для привлечения к научно-исследовательской работе студентов на портале была размещена информация о сотрудниках ИФВТ занимающихся такой работой и тематиками их научных изысканий. Технологии Oracle Portal-а в данном случае позволяют каждому преподавателю контролировать и изменять представленную о нем информацию самостоятельно.

При организации участия студентов и сотрудников ИФВТ занимающихся научной работой в различных конференциях, семинарах, конкурсах и грантах значительной проблемой было запаздывание информации об их проведении. Пока информация шла по цепочке “Получатель в ТПУ → Отдел НИРС → Деканат → Зав. Кафедрами → Потенциальные участники от ТПУ” до получателей она доходила со значительным опозданием и времени на написание статей или оформление грантов оставалось мало. Одним из решений данной проблемы использование Oracle Portal-а. На страницах ИФВТ была создана табличная база данных ежегодных мероприятий (конференций, грантов конкурсов и тд.) проводимых как в России, так и за её пределами (табл. 1).

Такая информация позволяет заранее подготовиться к мероприятиям. В будущем планируется ввести автоматическое информирование заинтересованных в участии лиц по электронной почте за некоторое время до прохождения мероприятия.

Внедрение электронного ресурса на основе технологий Oracle позволило повысить количество студентов участвующих в НИР в институте, а так же их активность. Возросло количество статей и заявок поданных на участие в конкурсах и грантах.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе //

Фундаментальные исследования. 2012. № 6-3. С. 596-600.

3. Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.

4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.

5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы брос10-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.

6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнолитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.

7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.

8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.

9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.

10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.

11. Мартюшев Н.В. Триботехнические свойства свинцовосодержащих бронз // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2012. Т. 55. № 5-2. С. 201-204.

12. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Параметры дендритной структуры заготовок сегментных колец компрессоров ядерной промышленности // *Цветные металлы*. 2012. № 10. С. 100-103.

13. Мартюшев Н.В., Мельников А.Г., Веселов С.В., Терентьев Д.С., Семенов И.В. Режимы активации порошков меди и оксида алюминия в шаровой мельнице // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2012. № 3. С. 103-106.

АЛГОРИМТ КАЧЕСТВА ОЦЕНКИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

А.В. Быков, М.В. Холманский, А.В. Аксенов

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет, г. Томск

E-mail: bykov_alexander@bk.ru

Введение

Объектом исследования является алгоритм качества оценки кластеризации.

Целью данной исследовательской работы является разработка приложения определяющего качество кластеризации с использованием алгоритма качества.

Для начала в своей работе хотим дать определение что такое кластеризация? Кластеризация – автоматическое разбиение элементов некоторого множества на группы в зависимости от их схожести (имеющие одинаковые элементы). Слово «кластеризация» имеет множество синонимов основными являются «таксономия», «автоматическая классификация», «обучение без учителя».

Весь процесс кластеризации зависит только от выбранного метода который всегда является итеративным. Он может стать увлекательным процессом и включать множество экспериментов, правильных построенных методов по выбору разнообразных параметров, например, меры расстояния, типа стандартизации переменных, количества кластеров и т.д. Однако эксперименты не должны быть самоцелью - ведь конечной целью кластеризации является получение содержательных сведений о структуре исследуемых данных. А именно получение результатов требующиеся для дальнейшей интерпретации, исследования и изучения свойств и характеристик объектов для возможности точного описания сформированных кластеров.

Также хотим отметить, что в результате применения разных методов кластерного анализа могут быть получены кластеры различной формы. Например, возможны кластеры "цепочного" типа, когда кластеры представлены длинными "цепочками", кластеры удлинённой формы, а некоторые методы могут создавать кластеры произвольной формы. Различные методы могут стремиться создавать кластеры определенных размеров (например, малых или крупных), либо предполагать в наборе данных наличие кластеров различного размера. Разные методы кластерного анализа особенно чувствительны к шумам или выбросам, другие - менее. В результате применения различных методов кластеризации могут быть получены неодинаковые результаты, это нормально и является особенностью работы того или иного алгоритма.

Проектирование алгоритма оценки качества.

В своей статье хотим рассмотреть алгоритм оценки качества – это алгоритм Кохонена.

Сеть Кохонена - это наверное одна из основных разновидностей нейронных сетей, которые используют неконтролируемое обучение. При таком

обучении обучающее множество состоит лишь из значений входных переменных, в процессе обучения нет сравнения выходов нейронов с эталонными значениями. Можно сказать, что такая сеть учится понимать структуру данных.

Сеть Кохонена использует следующую модель (рис. 1): сеть состоит из M нейронов, образующих прямоугольную решетку на плоскости — слой.

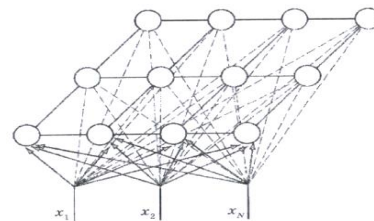


Рис. 1 - Модель сети Кохонена

К нейронам, расположенным в одном слое, представляющем собой двумерную плоскость, подходят нервные волокна, по которым поступает N -мерный входной сигнал. Каждый нейрон характеризуется своим положением в слое и весовым коэффициентом. Положение нейронов, в свою очередь, характеризуется некоторой метрикой и определяется топологией слоя, при которой соседние нейроны во время обучения влияют друг на друга сильнее, чем расположенные дальше. Каждый нейрон образует взвешенную сумму

входных сигналов с $w_{ij} > 0$, если синапсы

ускоряющие, и $w_{ij} < 0$ - если тормозящие.

Наличие связей между нейронами приводит к тому, что при возбуждении одного из них можно вычислить возбуждение остальных нейронов в слое, причем это возбуждение с увеличением расстояния от возбужденного нейрона уменьшается. Поэтому центр возникающей реакции слоя на полученное раздражение соответствует местоположению возбужденного нейрона. Изменение входного обучающего сигнала приводит к максимальному возбуждению другого нейрона и соответственно — к другой реакции слоя. Сеть Кохонена может рассматриваться как дальнейшее развитие LVQ (Learning Vector Quantization). Отличие их состоит в способах обучения.

Сеть Кохонена, в отличие от многослойной нейронной сети, очень проста; она представляет собой два слоя: входной и выходной. Элементы карты располагаются в некотором пространстве, как правило, двумерном.

Сеть Кохонена обучается методом последовательных приближений. В процессе обучения таких сетей на входы подаются данные, но сеть при этом подстраивается не под эталонное значение выхода, а под закономерности во входных данных. Начинается обучение с выбранного случайным образом выходного расположения центров.

В процессе последовательной подачи на вход сети обучающих примеров определяется наиболее схожий нейрон (тот, у которого скалярное произведение весов и поданного на вход вектора минимально). Этот нейрон объявляется победителем и является центром при подстройке весов у соседних нейронов. Такое правило обучения предполагает "соревновательное" обучение с учетом расстояния нейронов от "нейрона-победителя".

Обучение при этом заключается не в минимизации ошибки, а в подстройке весов (внутренних параметров нейронной сети) для наибольшего совпадения с входными данными.

Основной итерационный алгоритм Кохонена последовательно проходит ряд эпох, на каждой из которых обрабатывается один пример из обучающей выборки. Входные сигналы последовательно предъявляются сети, при этом желаемые выходные сигналы не определяются. После предъявления достаточного числа входных векторов синаптические веса сети становятся способны определить кластеры. Веса организуются так, что топологически близкие узлы чувствительны к похожим входным сигналам.

В результате работы алгоритма центр кластера устанавливается в определенной позиции, удовлетворительным образом кластеризующей примеры, для которых данный нейрон является "победителем". В результате обучения сети необходимо определить меру соседства нейронов, т.е. *окрестность* нейрона-победителя, которая представляет собой несколько нейронов, которые окружают нейрон-победитель.

Слой Кохонена состоит из некоторого количества n параллельно действующих линейных элементов. Все они имеют одинаковое число входов m и получают на свои входы один и тот же вектор входных сигналов $x = (x_1, \dots, x_m)$

На выходе j -го линейного элемента получаем сигнал

$$y_j = w_{j0} + \sum_{i=1}^m w_{ji} x_i$$

где w_{ji} — весовой коэффициент i -го входа j -го нейрона, w_{j0} — пороговой коэффициент.

После прохождения слоя линейных элементов сигналы посылаются на обработку по правилу «победитель забирает всё»: среди выходных сигналов y_j ищется максимальный; его номер

$$j_{\max} = \operatorname{argmax}_j \{y_j\}$$

Окончательно, на выходе сигнал с номером j_{\max} равен единице, остальные — нулю. Если максимум одновременно достигается для нескольких j_{\max} , то

либо принимают все соответствующие сигналы равными единице, либо только первый в списке (по соглашению). «Нейроны Кохонена можно воспринимать как набор электрических лампочек, так что для любого входного вектора загорается одна из них.»

В данной работе рассмотрено только вкратце два решения из поставленных задач, которые будут рассмотрены в полной исследовательской работе:

1. Сравнение индексов оценки качества кластеризации.
2. Разработка модели качества кластеризации.

Также хочется сказать, что было рассмотрен основной и очень распространённый алгоритм качества который и будет основным алгоритмом лежащий в проектирование предметной области и написание программы для определения качества кластеризации с использованием разных алгоритмов качества.

Список использованной литературы:

1. Руденко О.Г., Бодянский Е.В. Искусственные нейронные сети – Харьков, 2005.
2. Котов А., Красильников Н. Кластеризация данных. 2006.
3. Иерархический алгоритм [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www/csee/umbc/edu/nicolas/clustering/p264-jain.pdf>, свободный

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧИ ИНДЕКСАЦИИ ВИДЕОФАЙЛОВ

О.В. Балашова

Научный руководитель: С.В. Аксенов
Томский политехнический университет
helga1991@sibmail.com

Введение

В настоящее время в связи с непрерывным ростом графической информации существует потребность в различных средствах ее обработки. Одной из основных задач в области компьютерного зрения является задача извлечения информации из изображений. В широком смысле анализу подвергаются изображения, начиная с получаемых с помощью самолетных и спутниковых устройств и заканчивая биомедицинскими исследованиями. Применительно к современному пользователю анализу могут подвергаться различные видео файлы, фотографии, содержимое вебсайтов.

Различные средства просмотра файлов (редакторы, файловые менеджеры) позволяют пользователям производить множество манипуляций с видео и фотографиями, в частности хранить их по категориям и осуществлять навигацию. Но что, если пользователь хранит в единой папке огромное количество заранее никак не идентифицированных файлов? В таком случае манипуляция с ними значительно усложняется, и перед разработчиком стоит задача создания средства, упрощающего работу с видео-файлами и изображениями.

Постановка задачи

Требуется разработать структуру базу данных для некоторой системы. Система представляет своего рода хранилище данных (фотографий или видео), которое на основе содержимого файла присваивает ему идентифицирующий тег. Работу приложения можно продемонстрировать на следующем примере: пусть пользователь хранит в одной папке фотографии с похода в горы и фотографии отдыха на море. Система предусматривает анализ каждого изображения, в ходе которого каждому из них можно присвоить теги, отражающие содержимое файла (для нашего примера это могут быть такие теги как «горы», и «пляж»). Аналогично осуществляется анализ видео по предварительно отобраннным кадрам. В основе функционирования системы лежит текстурный анализ изображения, в частности получение текстурных характеристик, однозначно определяющих принадлежность региона изображения заданной текстуре. В рамках данной работы осуществляется проектирование базы данных для поставленной задачи. Для решения задачи используется концепция реляционных баз данных.

Реляционная база данных

Реляционная база данных представляет собой множество взаимосвязанных таблиц, каждая из которых содержит информацию об объектах определенного вида. Каждая строка таблицы содержит данные об одном объекте (например, автомобиле, компьютере, клиенте), а столбцы таблицы содержат различные характеристики этих объектов - атрибуты (например, номер двигателя, марка процессора, телефоны фирм или клиентов).

Строки таблицы называются записями. Все записи таблицы имеют одинаковую структуру - они состоят из полей (элементов данных), в которых хранятся атрибуты объекта. Каждое поле записи содержит одну характеристику объекта и представляет собой заданный тип данных (например, текстовая строка, число, дата). Для идентификации записей используется первичный ключ. Первичным ключом называется набор полей таблицы, комбинация значений которых однозначно определяет каждую запись в таблице. [1]

Выявление сущностей

В предполагаемой базе данных можно выделить 6 сущностей (видеофайл, сцена, кадр, текстура, текстурная характеристика, регион) и 4 кодификатора (формат видео, формат кадра, тип текстуры). Кодификаторы в данном случае служат для упрощения представления (рис. 1). Отношения между выявленными сущностями представлены на рис. (1)

Входное видео состоит из множества сцен, каждая из которых в свою очередь представлена совокупностью кадров. Кадр – это изображение в некотором формате, имеющее различные регионы. Принадлежность региона конкретной текстуре определяется значением его текстурной характеристики.

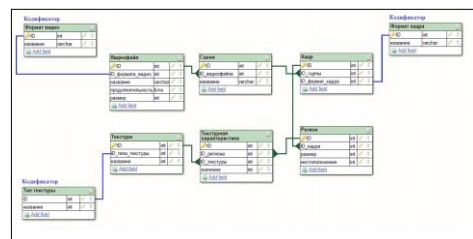


Рис. 4. Диаграмма базы данных

Описание сущностей и кодификаторов

Сущности:

- «Видео» - представляет исходный видеофайл определенного формата. Ключевой атрибут - ID, внешний ключ - ID_формата_видео. Каждый видеофайл представлен совокупность сцен, соответственно связь между сущностями «видео» и «сцена» 1:M. Для сущности «видео» используется кодификатор, хранящий названия различных форматов изображения.

- «Сцена» - сцена из видео (совокупность кадров); Ключевой атрибут - ID, внешний ключ - ID_видеофайла. Каждый сцена представлена совокупность кадров, соответственно связь между сущностями «сцена» и «кадр» 1:M

- «Кадр» - единичное изображение определенного формата; Ключевой атрибут - ID, внешние ключи - ID_сцены, ID_формата_кадра. Для сущности «кадр» используется кодификатор, хранящий названия различных форматов изображения. Кадр может быть разбит на множество регионов, таким образом связь между сущностями «кадр» и «регион» = 1:M

- «Регион» - конкретная область (объект) на кадре; Ключевой атрибут - ID, внешний ключ - ID_кадра. Регион - это область на кадре, которая в заданной задаче подвергается текстурному анализу. В каждом регионе может быть выделено множество текстурных характеристик. Связь между сущностями «регион» и «текстурная характеристика» = 1:M

- «Текстурная характеристика» - сущность, в которой для определенного региона заданная характеристика имеет определенное значение. Например, в некотором регионе характеристика «линия» имеет значения 100-200. Также данная таблица позволяет определить, какой текстуре принадлежит данный регион. Ключевой атрибут - ID, внешние ключи - ID_региона, ID_текстуры.

- «Текстура» - хранит названия текстур. На основе принадлежности региона заданной текстуре и названия текстур формируется название тегов в системе,

Кодификаторы:

- «Формат видео» - хранит названия различных форматов видеофайла

- «Формат кадра» - хранит названия форматов цифрового изображения

- «Тип текстуры» - хранит название класса для заданной конкретной текстуры. Например: такие текстуры как «леопард», «кошка» имеют тип «кошачьи», текстуры «волна», «брызги» - тип «вода».

Заключение

В данной работе была предложена модель базы данных для задачи индексации видеофайлов. Предложенная модель может найти свое применение при необходимости организовать процессы доступа к хранилищу данных. Основным недостатком предложенной реляционной модели является то, что если рассматриваемая задача требует хранения огромного объема данных, то для нее более актуальными являются сверхбольшие базы данных и хранилища данных, которые требуют особых подходов к логическому и системно-техническому проектированию.

Литература

1) Проектирование баз данных. Реляционная база данных и ее структура. [Электронный ресурс], - режим доступа:

http://sernam.ru/book_cbd.php?id=2

2) Основы проектирования реляционных баз данных [Электронный ресурс], - режим доступа:

<http://citforum.ru/database/dbguide/>

3) MySQL Workbench: практическое руководство по проектированию БД. [Электронный ресурс], - режим доступа:

<http://codeinlife.ru/web/mysql-workbench-prakticheskoe-rukovodstvo-po-proektirovaniyu-bd.html>

**СЕКЦИЯ 3.
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ И ВИРТУАЛЬНЫЕ
СИСТЕМЫ**

ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ РАЗОМКНУТЫХ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ

Яковлев А.С.

Научный руководитель: Малышенко А.М., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: alexyakovlev90@gmail.com

Одними из основных задач кинематического анализа и синтеза манипуляционных роботов являются прямая и обратная задачи кинематики. Решение прямой задачи базируется на определении положения в декартовом пространстве выбранной характеристической точки исходя из заданных обобщенных координат механизма. Такое решение, как правило, единственное и его поиск не представляет больших вычислительных или аналитических трудностей, т.к. методы решения подобных весьма хорошо проработаны и успешно используются [1,2]. Гораздо интереснее обстоят дела с решением обратной задачи кинематики, где необходимо вычислить значения всех обобщенных координат при известной позиции характеристической рабочей точки. С практической точки зрения такое решение представляет собой большую ценность нежели решение прямой задачи. Решение подобных задач играет огромную роль в компьютерной анимации, а также моделировании различных механизмов и прочих шарнирных объектов. Просматривая работы по данной теме можно обнаружить множество различных подходов, было предложено и сформулировано большое множество моделей и способов решения обратных задач из самых различных областей исследований.

Не смотря на то, что на сегодняшний день уже придумано и сформулировано огромное количество способов и методов решения обратной задачи кинематики, получение правдоподобных, плавных и реалистичных движений до сих пор ассоциируется со значительными сложностями среди специалистов робототехнического сообщества. Особое внимание посвящено данной проблеме в разделах науки, изучающих анимацию и моделирование механических систем.

Подробно ознакомившись с различными методами решения обратной задачи кинематики, можно сделать вывод, что все способы решения основаны на вычислении положения через оценивание в отдельности каждой индивидуальной степени свободы с целью решения поставленной задачи с заданными ограничениями.

Основная проблема решения обратной задачи связана с решением системы нелинейных уравнений. Для получения численного решения обратных задач кинематики, одним из первых был сформулирован подход, заключающийся в использовании матрицы Якоби для определения линейной аппроксимации решения [3,4]. Решения, полученные за счет использования определителя

упомянутой матрицы - Якобиана позволяют смоделировать движения характеристической рабочей точки или рабочего органа манипулятора при непрерывном изменении всей обобщенных координат всей кинематической системы за счет вращательных и поступательных движений. Наибольшую сложность при использовании Якобиана представляет его аппроксимированное вычисление. Для решения данной проблемы в 80-х годах была предложена серия методов "Jacobian Transpose", "Damped Least Squares" (DLS), "Damped Least Squares with Singular Value Decomposition" (SVD-DLS), "Selectively Damped Least Squares" (SDLS). Все перечисленные методы подробно описаны в [3-6].

Позднее в [7] проблема решения обратной задачи стала рассматриваться как проблема решения задачи оптимизации системы нелинейных уравнений и поиска локального минимума определяя при этом ограничения Декартового пространства. Рассматривая проблему в данном ключе, следует отметить, что огромной популярностью также пользовался метод алгоритм пошагового циклического координатного спуска (Cyclic Coordinate Descent (CCD) algorithm), который был впервые представлен общественности в [8]. Дополнения к данному методу в виде добавленных ограничений декартового пространства можно найти в [9]. Метод координатного спуска является итерационным и требует относительно небольшого количества вычислений для достижения приближенного оптимального решения для каждого сочленения. Но главным достоинством данного метода является отсутствие необходимости использования матричного исчисления при решении обратной задачи кинематики, это приводит к весьма быстрому достижению результата. Метод координатного спуска позднее был апробирован при определении структуры белка [10], а в настоящее время активно используется в создании анимации в индустрии компьютерных игр [11]. Все же, не смотря на удобство и большую проработанность данного метода, при моделировании решения обратной задачи кинематики можно столкнуться с проблемой нереалистичных движений с беспорядочными разрывами траектории движения характеристической рабочей точки.

Существует также отдельное семейство методов в основе которых лежит алгоритм Ньютона. Подобные методы также основаны на поиске оптимальной конфигурации кинематической цепи,

решая проблему поиска минимума. Такой подход позволяет добиться весьма плавных движений характеристической рабочей точки не допуская разрывов траектории движения. Наиболее известными реализациями алгоритма являются методы Бройдена, Повэлса, а также метод BFGS, названный в честь фамилий четырех ученых Broyden, Fletcher, Goldfarb и Shanno [12].

Альтернативный подход решения обратной задачи был предложен в [13]. С точки зрения вычислений данный подход является более эффективным чем ранее упомянутые методы и не вызывает проблем с сингулярностью.

Еще один метод вычисления обратной задачи получил название последовательного преобразования Монте Карло (Sequential Monte Carlo Method) [14]. Данный метод основан на представлении параметров кинематической цепи механизма в виде вектора вращений. Каждое вращение описано в виде системы гиперкомплексных чисел, образующих векторное четырехмерное пространство, называемых Кватернионами. С каждым сочленением можно связать от одного до трех вращений, в зависимости от степени подвижности. Суть метода заключается в аппроксимации движения частиц при заданных ограничениях. Следует отметить, что решение обратной задачи кинематики с использованием данного метода позволяет получить плавные движения, не испытывая проблем с сингулярностью. Однако помимо сложности в восприятии данный метод, являясь статистическим, требует большого количества вычислений.

Приняв во внимание все недостатки ранее описанных методов, наиболее удобным способом решения обратных задач на сегодняшний день стал новый приближенный итерационный алгоритм, получивший название FABRIK (Forward And Backward Reaching Inverse Kinematics) [15]. Данный метод был основан на так называемой технике "Follow-the-Leader (FTL)", изначально предназначенной для моделирования физики и движения веревки [16]. Не смотря на свое исходное назначения предложенный метод может быть с легкостью применен к последовательности звеньев соединенных между собой шарнирами, а значит и к кинематическим цепям манипуляционных механизмов. Впоследствии данная методика легла в основу алгоритма решения обратных задач кинематики FABRIK, определяя каждую итерацию метода.

Таким образом, наилучшим подходом к решению обратной задачи кинематики разомкнутых кинематических цепей является алгоритм FABRIK. Данный метод использует прямой и обратный итерационный подход, определяя позицию каждого сочленения через положение на линии.

Литература

1. J. Denavit, R.S. Hartenberg, A Kinematic Notation for Lower-Pair Mechanisms Based on Matrices,

ASME Journal of Applied Mechanisms, 22 (2) (1955) 215–221.

2. Яковлев А.С., Малышенко А.М. Программное обеспечение для автоматического формирования моделей кинематики в символьной и численной формах для механизмов с разомкнутыми кинематическими цепями и сочленениями третьего, четвертого и пятого классов// Свидетельство №2013615109.

3. W.A. Wolovich, H. Elliott, A computational technique for inverse kinematics, in: The 23rd IEEE Conf. on Decision and Control, vol. 23, 1984, pp. 1359–1363.

4. C.W. Wampler, Manipulator inverse kinematics solutions based on vector formulations and damped least-squares methods, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics 16 (1) (1986) 93–101.

5. J. Baillieul, Kinematic programming alternatives for redundant manipulators, in: Proc. of the IEEE International Conf. on Robotics and Automation, vol. 2, March 1985, pp. 722–728.

6. Y. Nakamura, H. Hanafusa, Inverse kinematic solutions with singularity robustness for robot manipulator control, Transactions ASME, Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control 108 (3) (1986) 163–171.

7. Jianmin Zhao, Norman I. Badler, Inverse kinematics positioning using nonlinear programming for highly articulated figures, ACM Transactions on Graphics (TOG) 13 (4) (1994) 313–336.

8. Li-Chun Tommy Wang, Chih Cheng Chen, A combined optimization method for solving the inverse kinematics problems of mechanical manipulators, IEEE Transactions on Robotics and Automation 7 (4) (1991) 489–499.

9. Chris Welman, Inverse Kinematics and Geometric Constraints for Articulated Figure Manipulation, Master Dissertation, Simon Fraser University, Department of Computer Science, 1993.

10. Adrian A. Canutescu, Roland L. Dunbrack, Cyclic coordinate descent: a robotics algorithm for protein loop closure, Protein Science 12 (5) (2003) 963–972.

11. Jeff Lander, Making kine more flexible, Game Developer 5 (3) (1998) 15–22.

12. Roger Fletcher, Practical Methods of Optimization, second ed., Wiley Interscience, New York, NY, USA, 1987.

13. Alexandre N. Pechev, Inverse kinematics without matrix inversion, in: Proc. of the 2008 IEEE International Conf. on Robotics and Automation, Pasadena, CA, USA, May 19–23 2008, pp. 2005–2012.

14. Nicolas Courty, Elise Arnaud. Sequential Monte Carlo Inverse Kinematics. Articulated Motion and Deformable Objects. 5th International Conference, AMDO 2008, Port d'Andratx, Mallorca, Spain, July 9-11, 2008, pp 1-10.

15. Andreas Aristidou, Joan Lasenby. FABRIK: A fast, iterative solver for the Inverse Kinematics problem. Graphical Models 73 (2011) 243–260.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫМИ ПОТОКАМИ ОБЪЕКТОВ ТЕЛЕМЕХАНИКИ СОВРЕМЕННЫХ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.Г. Зебзеев, А.М.Мальшенко
Томский политехнический университет
ZebzееvAG@nipineft.tomsk.ru

Для контроля и управления технологическими процессами добычи нефти и газа на удаленных объектах современных нефтегазодобывающих предприятий (НГДП) применяются системы телемеханики, входящие в состав автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Значительная удаленность объектов телемеханизации затрудняет организацию на всех участках высокоскоростной системы передачи данных. При этом для функций АСУТП и систем телемеханики НГДП, от несвоевременного выполнения которых могут зависеть безопасность и/или эффективность эксплуатации объекта, устанавливаются требования к показателям быстродействия. Состав и количественные значения требуемых показателей быстродействия зачастую устанавливаются эксплуатирующей организацией самостоятельно. Например, в работе [1] были рассмотрены требования НГДП по приемлемой частоте опроса всех объектов телемеханики (30 кустовых площадок за 30 секунд). Для объектов ОАО «НК «Роснефть» требованиями локально-нормативного стандарта Компании № ПЗ-04 СД-0038 «Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) нефтегазодобычи. Требования к функциональным характеристикам» [2] также устанавливаются ориентировочные значения некоторых показателей. Например, задержка в отображении спонтанно появляющихся сигналов предупредительной и аварийной сигнализации на экранах мониторов операторских станций – не более 1 секунды, периодичность опроса сигналов, обеспечивающая необходимую точность фиксации времени событий и значений аналоговых сигналов по отношению к системному времени программно-технического комплекса – не более 1 секунды. В дополнении к этому согласно требованиям ГОСТ Р 22.1.12-2005 «Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений» с изменением № 1 [3], утвержденным и введенным в действие Приказом Росстандарта от 01.06.2011 N 110-ст с 01.07.2011 для опасных производственных объектов необходима разработка структурированной системы мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (СМИС). СМИС необходима для контроля со стороны министерства чрезвычайных ситуаций (МЧС) дестабилизирующих факторов производства. Кроме того, по Федеральному закону 116-ФЗ «О промышленной безопас-

ности опасных производственных объектов» (в редакции от 02.07.2013, вступившими в силу с 01.07.2013) и ГОСТ Р 22.1.12-2005, оборудованию системой СМИС подлежат опасные производственные объекты всех классов опасности. Это означает, что с середины 2013 для большинства объектов нефтегазовой отрасли необходима передача в МЧС сигналов СМИС. Анализ технических условий от различных подразделений МЧС в процессе проектной деятельности ОАО «ТомскНИПИнефть» позволяет выделить типовые требования к каналу передачи данных СМИС. Так, максимальная сетевая задержка должна быть не более 250 миллисекунд. Для типовых схем организации связи на месторождениях (см. рис. 1), где передача данных с удаленных объектов осуществляется посредством опроса по радиоканалу, выполнение таких жестких требований без реализации эффективного управления сетевым трафиком не выполнимо. При этом для систем с протоколом передачи данных «по запросу» и вовсе в общем случае не реализуемо.



Рис. 1. Типовая схема организации связи НГДП

Очевидно, что при опросе всех параметров объектов телемеханики часто нет возможности получить требуемую информацию с приемлемой частотой. Однако часть параметров в определенный момент времени не является критической и данными параметрами можно пренебречь. Определение наиболее важных параметров регламентировано различными требованиями нормативной документации, в т.ч. по [2,3]. В основном это сигналы предупредительной и аварийной сигнализации. При различных условиях течения технологического процесса наиболее критичными могут являться различные параметры. Определение наиболее важных параметров технологического процесса является многокритериальной задачей, решение которой зависит от различных факторов, переменных во времени.

Для решения многокритериальных задач одним из наиболее подходящих методов является

метод с использованием генетических алгоритмов. Генетический алгоритм — это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искоемых параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию.

В работе [1] приведено решение по управлению сетевым трафиком без учета необходимости передачи сигналов СМИС в МЧС и выполнения требований стандарта [2] для объектов ОАО «НК «Роснефть», которые в настоящее время применимы для большого количества объектов нефтяной отрасли РФ. При реализации указанных дополнительных ограничений ко времени передачи сигналов необходимо учитывать приоритеты трафика. Это означает, что дополнительными критериями эффективности управления сетевыми потоками является своевременная (в пределах заданных границ времени) передача аварийных и предупреждающих сигналов в соответствии с назначенными приоритетами.

Таким образом, в каждый момент времени будет сформировано наиболее эффективное распределение сетевого трафика с удаленных объектов, что позволит увеличить частоту опроса наиболее важных параметров без существенной потери данных о технологическом процессе.

Проверка эффективности предложенного метода осуществлялась на математической модели, включающей в себя элементы кустовой площадки, контроллерного оборудования и системы передачи данных. Математическая модель была построена с использованием программного средства MATLAB. Для разработки модели сетевого потока был применен математический аппарат сетей Петри [4]. Среди основных преимуществ сетей Петри можно отметить то, что они позволяют с требуемой точностью представить ветвящиеся, параллельные процессы, обладают средствами анализа при моделировании процесса в реальном масштабе времени. Процесс моделирования можно условно разделить на две стадии:

- 1) формирование структуры и параметров модели на основе свойств исходной системы;
- 2) имитационные эксперименты для достижения требуемого значения показателя качества работы системы.

Качество работы системы (эффективность) оценивается по численным значениям выбранных критериев. Вектор наблюдения сети Петри представлен элементами вектора тех элементов, которые являются наблюдаемыми параметрами модели объекта управления. Вектор управления сети Петри представлен выходными значениями нейросети, воздействующими на сеть Петри. Совместное функционирование управляющей

нейросети и модели объекта в виде сети Петри отражено на рис. 2.

Предварительные результаты моделирования показали, что указанная методика может снизить время передачи данных с удаленных объектов до значений, требуемых нормативной документацией, причем и для тех случаев, когда система без управления сетевыми трафиками не отвечала указанным характеристикам.

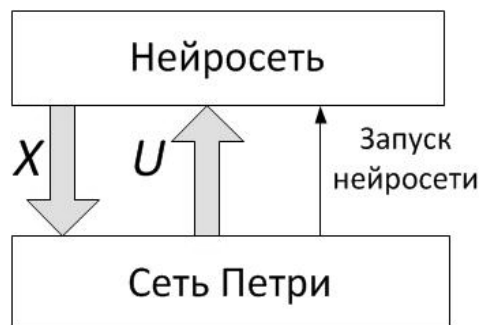


Рис. 2. Информационные потоки между сетью Петри и нейросетью

Вывод

Применение генетических алгоритмов для эффективного управления сетевыми трафиками позволяет выполнить жесткие требования действующих стандартов [2, 3]. Моделирование с использованием аппарата сетей Петри позволяет провести наглядную имитацию передачи параметров и продемонстрировать эффективность разработанных алгоритмов управления.

Список литературы

1. Журавлев Д.В., Зибзеев А.Г. «Оптимизация сетевых трафиков распределенных систем управления с использованием генетических алгоритмов». Сборник трудов IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Технологии Microsoft в теории и практике программирования»/Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – С. 49–51. Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=20314361>
2. Стандарт Компании ОАО «НК «Роснефть» № ПЗ-04 СД-0038 «Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) нефтегазодобычи. Требования к функциональным характеристикам», версия 2 (введен в действие с 25.07.2014 г.).
3. ГОСТ Р 22.1.12-2005 «Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений».
4. Бодянский Е.В. «Нейро-фаззи сети Петри в задачах моделирования сложных систем»/ Днепрпетровск.: Системные технологии, 2005. – 311 с.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО БАЛАНСИРОВКИ

В.В. Урниш

Томский политехнический университет
epashkov@tpu.ru

Одним из направлений современного развития машин и механизмов является увеличение линейных и угловых скоростей движения. Но с ростом угловых скоростей приходится сталкиваться с увеличением уровней вибраций, вызываемых вращением неуравновешенных роторов. Вредная вибрация нарушает планируемые конструктором законы движения машин, приводит к интенсивному износу деталей машин и подшипников, а в некоторых случаях и к авариям [1-4]. Вибрация может явиться источником ухудшения качества выпускаемой продукции. Также вибрация оказывает непосредственное влияние на человека. В большинстве случаев, проблемы высокой виброактивности довольно успешно решаются с помощью современных методов и средств балансировки вращающихся роторов, которые позволяют балансировать роторы по высокому классу точности. Но в некоторых типах машин, вектор дисбаланса в процессе эксплуатации постоянно меняет свою величину и направление. Поэтому для таких типов машин возникает необходимость в автоматической балансировке роторов.

В настоящее время в технике начали активно внедряться автобалансирующие устройства (АБУ) вращающихся роторов. Они позволяют снизить уровни вибраций приборов и машин, уменьшить износ подшипников и других вращающихся частей, что в конечном итоге приводит к увеличению срока службы приборов и машин. Как техническая операция, балансировка делится на два основных класса. Во-первых, это однократная балансировка, которую проводят сразу после изготовления и любого ремонта роторных машин. К тому же классу относится периодическая балансировка, проводимая так же и при эксплуатации машин. Для такой балансировки характерно отделение во времени процесса балансировки вращающихся частей от основного технологического процесса, в котором используется данное оборудование.

Современные методы и средства однократной балансировки позволяют довести конструктивную и технологическую составляющие дисбаланса вновь изготовленного или отремонтированного ротора до величины соответствующей допустимому уровню по классу точности балансировки. Указанные методы не позволяют осуществлять балансировку ротора на ходу во время его эксплуатации. Известно, что при работе роторной машины может возникать изменение дисбаланса, вызванное различными причинами: неравномерным износом опорных поверхностей, несимметричной деформацией под действием центробежных сил и

перепада температур, ослаблением соединений и т.п. Изменение дисбаланса носит в этом случае произвольный характер, случайный во времени. В центрифугах, стиральных машинах, сепараторах, шлифовальных станках и ручных шлифовальных машинах, а также многих других механизмах режимное изменение дисбаланса является следствием выполняемого ими технологического процесса. В этом случае целесообразно на ходу автоматически балансировать такие машины, остановка которых связана с большими энергетическими потерями. Всякая однократная балансировка роторов таких машин не решает полностью поставленной задачи. Для устранения режимного изменения дисбаланса роторов широко используют автоматические балансирующие устройства (АБУ).

Автобалансирующие устройства делятся на два типа: пассивные и активные. В пассивных АБУ корректирующие массы перемещаются свободно под действием внутренних сил, а в активных АБУ они перемещаются принудительно. Как первый, так и второй тип АБУ имеют свои преимущества и недостатки. Основное достоинство пассивных АБУ – их простота. Они не требуют подвода внешней энергии и сложной схемы управления. Но главный недостаток пассивных АБУ – устранение дисбаланса неуравновешенного ротора – происходит только на скоростях, превышающих критическую, т. е. в резонансной области. В АБУ активного типа корректирующие массы перемещаются принудительно специальными механизмами. Поэтому в таких АБУ важно учитывать дополнительно к перечисленным признакам еще и кинематическую схему движения корректирующих масс; необходимость применения регулирования скорости приводных устройств перемещения корректирующих масс, с целью обеспечения высокой точности балансировки; исключение перемещения масс между циклами балансировки, а также при пуске и остановке ротора. Так как в активных АБУ процесс балансировки не зависит от частоты вращения ротора, а скорость и траектория движения корректирующих масс определяется величиной неуравновешенности и зависят от кинематической схемы устройства, типа привода перемещения корректирующих масс и чувствительности измерительной системы, то очевидно, что активные АБУ позволяют добиться высокой точности установки балансировочных масс в положения, обеспечивающие максимально возможную сбалансированность ротора при соответствующей элементной базе. Активные АБУ строятся по принципу замкнутых систем автоматического управления и состоят из большого

числа отдельных блоков, выполняющих разные функции. В конечном итоге это приводит к большой сложности таких устройств, громоздкости и стоимости.

Активные АБУ различаются по методу поиска положений корректирующих масс на АБУ со случайным поиском и АБУ с направленным перемещением корректирующих масс. Устройства со случайным поиском построены так, что случайный поиск обеспечивает независимость их работы от частоты вращения ротора. Недостатком такой системы является то, что в силу случайного характера поиска время балансировки не постоянно, а дисбаланс может возрасти до неопределённой величины.

Устройства балансировки с направленным перемещением корректирующих масс не требуют измерения фаз дисбалансов и могут работать с измерительной системой, показывающей только наличие вибраций опор и изменение их амплитуды. При этом измерительная система является более простой и надёжной за счёт меньшего количества элементов выполняемых функций. Часто в качестве чувствительного элемента (датчика) измерительной системы используются механические или жидкостные элементы со свободным перемещением малых масс, что позволяет упростить конструкцию АБУ.

Выводы. В последнее время происходит дальнейшее развитие активных балансирующих устройств, совершенствуются и измерительная система, и система автоматического управления перемещением корректирующих масс, и механическая часть этих устройств. Наиболее простым, надёжным и эффективным способом улучшения свойств активных АБУ является совершенствование их конструкции, кинематической схемы, которые в свою очередь определяются типом используемого привода. Активные АБУ различных типов позволяют достичь высокой точности балансировки и быстродействия на любых частотах вращения ротора. Однако эти устройства имеют сложную конструкцию. Чем выше точность устройства, тем сложнее и совершеннее должны быть его составляющие части. Данный тип балансирующих устройств целесообразно применять на оборудовании, где требуется обеспечение высокой точности балансировки со стороны технологического процесса, где экономически целесообразно применение высокоточных измерительных систем, приводов, а также ЧПУ и ЭВМ.

Литература

1. Пашков Е.Н. Определение времени автоматической балансировки ротора при установившейся скорости // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 476-482.
2. Фаерман В. А. , Аврамчук В. С. Применение частотно-временной автокорреляционной функции для повышения эффективности вибродиагно-

стики [Электронный ресурс] // Современные техника и технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 т., Томск, 15-19 Апреля 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - Т. 2 - С. 379-381. - Режим доступа: <http://portal.tpu.ru:7777/science/konf/ctt/proceedings/2013>

3. Аврамчук В. С. , Лунева Е. Е. , Черемнов А. Г. Повышение эффективности использования аппаратных ресурсов ЭВМ при вычислении частотно-временной корреляционной функции [Электронный ресурс] // Интернет журнал Науковедение. - 2013 - №. 6 (19). - С. 1-10. - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/26TVN613.pdf>
4. Саруев Л.А., Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Кузнецов И.В. Силовой механизм свабойной машины // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 482-485.
5. Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Юровский П.Г. Повышение эффективности бурения шпуров применением безбойковой гидроимпульсной системы // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 521-527.
6. Зиякаев Г.Р., Пашков Е.Н., Урниш В.В. Влияние трения на точность автоматической балансировки роторов // В мире научных открытий. 2013. № 10.1 (46). С. 104-117.
7. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // Фундаментальные исследования. 2012. № 6-3. С. 596-600.
8. Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития. 2012. № 1. С. 225-229.
9. Мартюшев Н.В. Использование информационных технологий в образовательном процессе // В мире научных открытий. 2012. № 5. С. 25-38.
10. Мартюшев Н.В. Сетевые информационные технологии в образовании // В мире научных открытий. 2012. № 5.1. С. 208-220.
11. Мартюшев Н.В. Триботехнические свойства свинцовосодержащих бронз // Известия высших учебных заведений. Физика. 2012. Т. 55. № 5-2. С. 201-204.
12. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2008. № 3. С. 19-23.
13. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // Литейное производство. 2008. № 5. С. 10-11.

РАЗРАБОТКА ДРАЙВЕРА ДЛЯ ПРЯМОГО ДОСТУПА К ПОРТАМ ДЛЯ MICROSOFT WINDOWS 8.1 x86-x64

А.Г. Черемнов, В.С. Аврамчук
Томский политехнический университет
Научный руководитель: В.С. Аврамчук
8xandr@gmail.com

Задача непосредственного управления устройством очень сложна и требует высокого уровня детализации, по этой причине в состав устройств входит отдельная вычислительная система, называемая контроллером [1]. В контроллере устройства для управления имеется некоторое число регистров. Пространство портов ввода-вывода формируется из совокупности всех регистров устройств [1]. В операционных системах Windows регистры большинства устройств помещаются в специальное адресное пространство портов ввода-вывода (I/O port space) [1], располагаемое физически в оперативной памяти и виртуально в адресном пространстве операционной системы, в котором каждый регистр имеет адрес порта. В режиме ядра имеется доступ к специальным командам ввода-вывода, позволяющим осуществлять запись и чтение данных в регистры [2].

Информация об устройствах, подключенных к главной магистрали материнской платы, в том числе шине PCI или PCI Express (шины PCI и PCI Express подключаются к главной магистрали посредством мостовых схем), также хранится в адресном пространстве портов ввода-вывода операционной системы [1]. Безусловно, для опроса устройств, подключенных компьютеру можно использовать специальные функции WinAPI, но скорость их выполнения достаточно медленная, а получаемая информация об устройствах существенно ограничена [3,4]. Задачи требующие перевод работы нескольких устройств в режим DMA или Ultra DMA, например, посекторное копирование информации с поврежденного жесткого диска на другой накопитель также требуют прямого доступа к портам устройств.

Начиная с операционной системы Windows Vista, любая возможность прямого доступа к портам устройств закрыта [3], возможно, с целью повышения безопасности и устойчивости операционной системы.

Единственной возможной альтернативой является написание специального драйвера, который будет исполняться в режиме ядра операционной системы, заниматься опросом портов по требованию некоторого процесса. Отдельно отметим, что процесс должен выполняться в режиме пользователя. Также необходимо обеспечить безопасный обмен данными между драйвером и процессом в пользовательском режиме, с реализацией удобного интерфейса, третьему приложению.

Функциональная схема взаимодействия между драйвером и процессом приведена на рисунке 1.

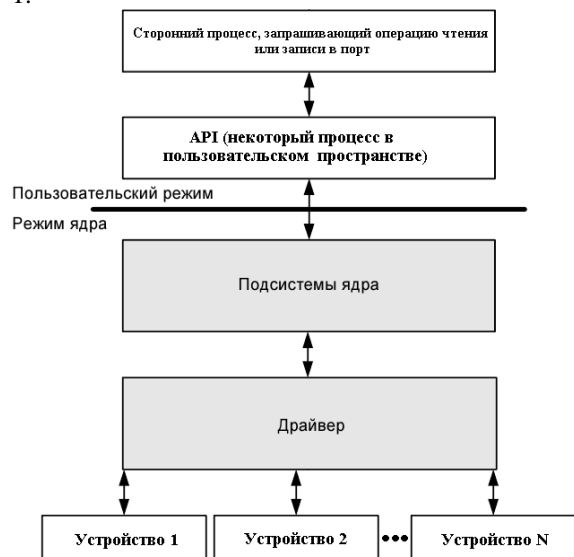


Рис. 1 Функциональная схема взаимодействия между драйвером и процессом

Под драйвером в данном случае понимается некоторый набор функций, вызываемых операционной системой при наступлении некоторых событий, приходящих от процесса, выполняемого в режиме пользователя.

В операционной системе Microsoft Windows 8.1 используется WDF (Windows Driver Foundation) драйверная модель [6].

User Mode Driver Framework (UMDF) и Kernel Mode Driver Framework (KMDF) являются основными элементами модели WDF. Поддержка современной программной объектно-ориентированной модели разработки драйверов для Microsoft Windows 8-8.1 обеспечивается наборами описанными в [5,6].

Существует огромное число типов драйверов, перечислим некоторые из них [5,7]:

- мини-драйвера;
- драйверы классов;
- фильтрующие драйвера;
- функциональные драйвера.

Драйвер прямого доступа к портам, был реализован как функциональный драйвер.

Поскольку, опрос портов может осуществляться несколькими сторонними процессами, существует проблема синхронизации работы драйвера. Возможным решением является использование ассемблерных ставок следующего вида:

```
__asm
{
    lock dec некоторая переменная,
уменьшаемая на единицу
}
или
__asm
{
    lock inc некоторая переменная,
увеличиваемая на единицу
}
```

Префикс lock позволяет безопасно выполнить команду, которая идёт за ним, так как блокирует процессы, пока выполняется команда [1].

Для опроса портов из-под ядра операционной системы создается виртуальное устройство GiveIO, ожидающие некоторые команды от стороннего процесса (API). Это устройство использует специальные механизмы внутри ядра Windows, позволяющие получить доступ к системному пространству операционной системы.

После завершения работы устройство удаляется. В качестве примера приведён фрагмент кода, осуществляющий удаление виртуального устройства.

```
void GiveIoUnload(IN PDRIVER_OBJECT
DriverObject)
{
    UNICODE_STRING DeviceLinkU-
nicodeString;
    NTSTATUS ntStatus;

    KdPrint(("Entering GiveIoUnload"));

    RtlInitUnicodeString
(&DeviceLinkUnicodeString,
L"\\DosDevices\\GiveIo");

    ntStatus = IoDeleteSymbolicLink
(&DeviceLinkUnicodeString);

    if (NT_SUCCESS(ntStatus))
    {
        IoDeleteDevice (DriverObject-
>DeviceObject);
    }
    else
    {
        KdPrint(("ERROR: IoDeleteSym-
bolicLink"));
    }

    KdPrint(("Leaving GiveIoUnload"));
}
```

Разница версий для 32-разрядных и 64-разрядным систем заключается лишь в некоторых разных системных вызовах операционной системы Windows, которые происходят внутри виртуального устройства GiveIO.

В процессе отладки использовались следующие инструменты:

- Static Driver Verifier (SDV);
- PReFast for Drivers (PFD).

PFD использовался для поверхностного анализа операций драйвера, проверялось наличие проблем переполнения буфера. SDV использовался для глубокой проверки исполнения кода. Этот инструмент позволяет отслеживать исполнение вызовов и функций через WDM.

Отдельно отметим, что PFD гораздо быстрее SDV, поскольку возможности SDV ограничены пределами одной функции.

Обработка прерываний стеком устройства осуществлена через IRP – пакеты. Функциональная схема обработки пакетов IRP стеком устройства приведена на рисунке 2 [5].

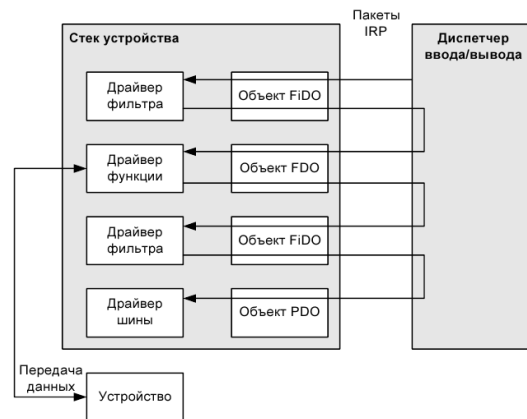


Рис. 2. Функциональная схема обработки пакетов IRP стеком устройства

Разработанный драйвер позволяет «напрямую» взаимодействовать с регистрами устройств.

Литература

1. Tanenbaum Andrew S. Structured Computer Organization. Sixth Edition. – University of Michigan, 2010. – p. 816.
2. Tanenbaum Andrew S. Modern Operating Systems. Third Edition. – University of Michigan, 2010. – p. 1120.
3. Microsoft Developer Network. MSDN Library. URL: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/default.aspx> (Дата обращения: 17.10.2014)
4. Джеффри Рихтер. Windows. Создание эффективных Win32 приложений с учётом специфики 64-разрядной версии Windows. . – М.: Питер, 2000. – с. 583.
5. Penny Orwick, Guy Smith. Developing Drivers with the Windows Driver Foundation. – Microsoft, 2008. – p. 880.
6. Windows Driver Kit (WDK). URL: <http://msdn.microsoft.com/en-US/library/windows/hardware/ff557573> (Дата обращения: 17.10.2014)
7. Комиссарова В. Программирование драйверов для Windows. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 256 с.

ВЫЧИСЛЕНИЕ БПФ НА МНОГОЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОРАХ С АРХИТЕКТУРАМИ INTEL И DSP-МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ С АРХИТЕКТУРОЙ ARM НА ВЫБОРКАХ ДО 4096 ЭЛЕМЕНТОВ

А.Г. Черемнов, В.С. Аврамчук
Томский политехнический университет
Научный руководитель: В.С. Аврамчук
8xandr@gmail.com

В наши дни в связи с непрерывным развитием вычислительной техники предъявляются повышенные требования к обработке больших массивов данных. Для эффективной обработки больших массивов данных используются многоядерные процессоры и высокопроизводительные микроконтроллеры.

В ЭВМ повышение производительности возможно за счёт увеличения тактовой частоты работы центрального процессора. В свою очередь дальнейшее увеличение тактовой частоты затруднено фундаментальными физическими ограничениями при изготовлении сверхбольших интегральных схем. На данный момент за счёт повышения количества вычислительных ядер достигается дальнейший рост производительности ЭВМ. Таким образом, одновременное использование несколько слабых процессоров позволяет получить мощность превышающую мощность одного мощного процессора. В этом случае сумма предельных производительностей вычислительных ядер будет определять предельную производительность всего центрального процессора [1]. Однако, подобный подход подразумевает и большие затраты на разработку программного обеспечения, эффективно использующего все вычислительные ядра.

Отметим, что возможности DSP, входящего в состав Cortex M4, позволяют параллельно выполнять четыре операции сложения/вычитания для 8-ми разрядных чисел или две операции сложения/вычитания с 16-ти разрядными операндами. Также реализовано умножение за один цикл, при этом для 16-ти разрядных чисел возможно параллельное исполнение двух операций [2].

Одной из наиболее распространённых задач цифровой обработки сигнала (ЦОС) является расчёт спектрального состава сигнала.

Задача заключается в вычислении дискретного преобразования Фурье (ДПФ).

В общем случае ДПФ можно выразить следующей формулой [3]:

$$b_k = \sum_{i=0}^{N-1} \left(a_i \cdot e^{-j \cdot \frac{2\pi}{N} \cdot i \cdot k} \right), \quad k = 0, \dots, N-1,$$

где

N – размер выборки сигнала, a_i – мгновенные значения сигнала, b_k – значения коэффициентов ряда Фурье.

Подобный расчёт ДПФ может быть сведён к расчёту быстрого преобразования Фурье (БПФ) [4].

В настоящее время существует огромное множество различных алгоритмов расчёта БПФ. Алгоритм Кули-Тьюки, который назван по имени его создателей Кули и Тьюки, является наиболее простым в понимании и реализации методом вычисления БПФ [5].

В этом способе дополнительная минимизация вычислительных операций достигается за счёт разбиения исходной анализируемой последовательности на две равные части. Разбиение необходимо продолжать до тех пор, пока количество исходных анализируемых отсчётов не станет равным 2 [4] (рис. 1).

Для $n=8$ подобное разбиение представлено на рисунке 2.

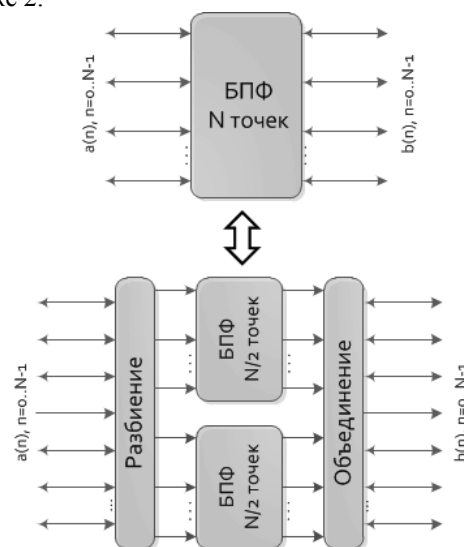


Рис. 1. Замена N-точечного БПФ двумя N/2-точечными БПФ

По алгоритму, описанному выше, были разработаны несколько программных реализаций, предназначенных для использования в контроллерах ARM Cortex M3 и M4 [6] и многоядерных центральных процессорах, имеющих архитектуры IA32-IA64.

В качестве среды разработки программного обеспечения для многоядерных процессоров с архитектурами IA32-64 использована Microsoft Visual Studio 2012 Professional и кроссплатформенная библиотека Intel TBB. Для реализации параллельного вычисления БПФ использован метод обхода рекурсии в ширину. Основное преимуще-

ство этого подхода перед предыдущими реализациями БПФ [7] заключается в отсутствии необходимости выполнения предварительного теста для определения оптимальных параметров «grainsize», показателя степени детализации задачи.

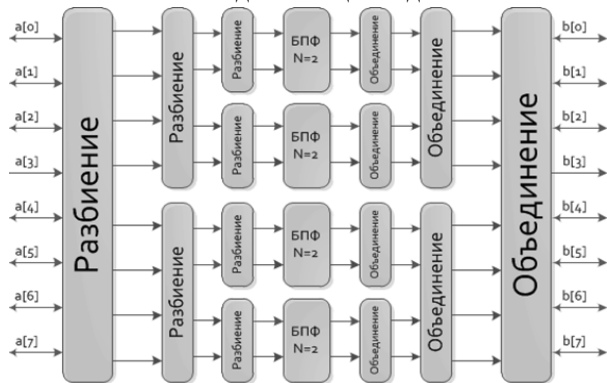


Рис. 2. Разбиение и объединение последовательности при N=8.

Экспериментальные исследования проведены на двух процессорах фирмы AMD: A10-4600M и FX-9590, на трех процессорах фирмы Intel: Core 2 Quad 6700, Xeon® 5160, Core i5-750 и двух DSP микроконтроллерах ARM Cortex M3 и Cortex M4.

Размер выборки N варьировался от 128 до 4096.

В качестве примера временные замеры вычисления частотно-временной корреляционной функции (1000 преобразований БПФ) на процессоре Intel Core i5-750 и ARM Cortex M4 приведены в таблице.

Таблица. Временные замеры

N	Intel Core i5-750, t_1 (мс)	ARM Cortex M4, t_2 (мс)	t_1/t_2
128	28,220±0,00132	0,262±0,00002	107
256	64,741±0,0026	0,594±0,00005	108
512	146,204±0,0039	1,329±0,00016	110
1024	278,712±0,0044	2,937±0,00041	94,8
2048	494,123±0,0046	6,435±0,00075	76,7
4096	934,111±0,0052	13,971±0,0021	66,8

На рисунке 3 приведено ускорение, полученное при использовании ARM Cortex M4, вместо контроллера Cortex M3 и 5-ти многоядерных процессоров.

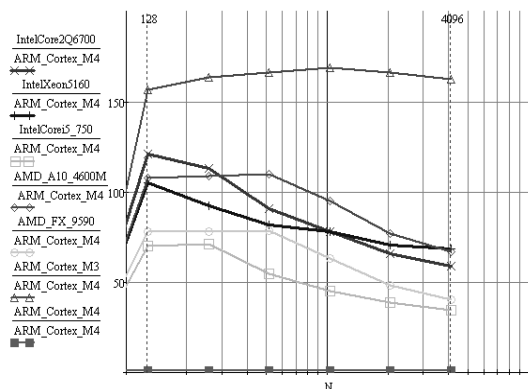


Рис.3. Относительное ускорение при использовании DSP микроконтроллера Cortex M4

Исходя из анализа полученных результатов, можно сделать вывод, что разработанные программы можно применять для анализа цифровых сигналов в режиме, приближенном к режиму реальному времени. Использование микроконтроллера ARM Cortex M4 позволяет добиться большей скорости вычисления БПФ.

Реализованные алгоритмы БПФ могут быть использованы в качестве базовых при расчете частотно-временных корреляционных функций [8-10].

Литература

1. Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления многоядерных процессорных систем. — М.: Издательство ННГУ, 2010. — С. 421
2. Справочное техническое руководство Cortex™-M4. URL: http://infocenter.arm.com/help/topic/com.arm.doc.ddi0439d/DDI0439D_cortex_m4_processor_r0p1_trm.pdf (дата обращения: 12.10.2014).
3. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов. — М.: Мир, 1989. — 448 с.
4. М. А. Павлейно, В. М. Ромаданов Спектральные преобразования в MatLab. — СПб, 2007. — С. 160
5. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. 2-е изд. — М.: Вильямс, 2008. — 992 с.
6. Буй Б.З. Реализация БПФ на микроконтроллерах с архитектурой ARM Cortex M4 // «Молодёжь и современные информационные технологии»: Труды XI Междунар. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. — Томск, 2013. — С. 52-53.
7. Аврамчук В.С., Лунева Е.Е., Черемнов А.Г. Способы повышения эффективности вычисления быстрого преобразования Фурье//Интернет-журнал «Наукоедение». 2013 №3 [Электронный ресурс]. - М. 2013. — Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/16tvn313.pdf>, свободный — Загл. с экрана.
8. Аврамчук В.С., Чан Вьет Тъяу. Частотно-временной корреляционный анализ цифровых сигналов // Известия Томского политехнического университета. — 2009. —Т. 315. — № 5. — С. 112–115.
9. Аврамчук В. С. Определение наличия гармонических составляющих и их частот в дискретных сигналах на основе автокорреляционной функции // Известия Томского политехнического университета. - 2012 - Т. 321 — №. 5 — С. 113–116.
10. Аврамчук В.С., Гончаров В.И., Чан Вьет Тъяу. Частотно-временной корреляционный анализ в задачах определения координат утечек в трубопроводах // Известия Томского политехнического университета. — 2010. — № 2. — С. 70–73.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ЦМУ С ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА AVR ATMEL ATMEGA 328PU

Усов Л.О., Тутов И. А.

Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30

E-mail: lou1@tpu.ru

Введение

При установке мебельного и декоративного освещения, часто возникает необходимость в установке многофункционального цветомузыкального устройства с возможностью удалённого управления режимами работы. А именно устройство должно иметь возможность работы в режиме ЦМУ (цветомузыкальной установки), так же контроллера управления освещением (яркость, цвет, ритмичность, выполнение заданных программ изменения RGB светодиодной ленты с мощностью 14,4 ватт/метр. Суммарная длина ленты около 30 метров.

Анализируя техническое задание, был проведен поиск альтернативных путей решения данной задачи. В ходе поиска устройств, отвечающих заданным требованиям, в интернете было найдено несколько таких устройств с ценой свыше 40\$. Данные устройства полностью удовлетворяли техническому заданию и имели достаточно простой интерфейс управления. В зависимости от модели, управление режимами работы этих устройств осуществлялось по радиоканалу или при помощи ИК пульта дистанционного управления. Однако, стоимость данных устройств была не совсем приемлемой для данного проекта. И было принято решение взяться за разработку собственного ЦМУ устройства.

Проектирование

Была изучена различная схемотехническая литература по проектированию устройств на базе контроллеров, и было принято решение за основу для построения ЦМУ использовать популярный контроллер ATMEGA 328PU с ценой около 3\$, который по своим техническим характеристикам идеально подходил для этого устройства.



Рис. 1. Контроллер ATMEGA 328PU.



Рис. 2. Принципиальная схема ЦМУ.

Решено использовать бесконтактный способ получения звукового сигнала, при помощи электретного микрофона. Такой тип микрофона обладает минимальными габаритами, что позволит выполнить ЦМУ в интегральном исполнении на печатной плате. Однако, микрофоны такого типа обладают не линейной АЧХ, в нашем случае не линейная АЧХ не является критичным параметром. Так же, сигнал с такого микрофона имеет низкий уровень сигнала на выходе, так как по документации включение такого микрофона осуществляется в смещении на 1,5 вольта. Из-за этого, принято решение использовать предварительный усилитель сигнала. Операционный усилитель на базе микросхемы TL072 будет увеличивать амплитуду сигнала микрофона в 11 раз.

Сразу же после включения в схему операционного усилителя возник вопрос, как добиться одинаково хорошей, а главное равномерной чувствительности на низкой и высокой громкости обрабатываемого сигнала. Появилась необходимость включения в схему автоматического регулятора уровня сигнала. На базе того же операционного усилителя TL072 был собран автоматический регулятор уровня сигнала (АРУ), который позволял сжимать выходной сигнал по амплитуде, тем самым сокращая динамический диапазон амплитуды звукового сигнала.

Следующей операцией обработки входного сигнала стало выделение необходимых звуковых частот. Обычно в подобных ЦМУ идет разделение на три полосы частот, нижние (обычно до 100-120 Гц), средние (от 300-1200 Гц), высокие (от 1500 Гц и выше). Выделение необходимых частот осуществляем при помощи пассивных фильтров первого (для НЧ и ВЧ) и второго (для СЧ) порядков.

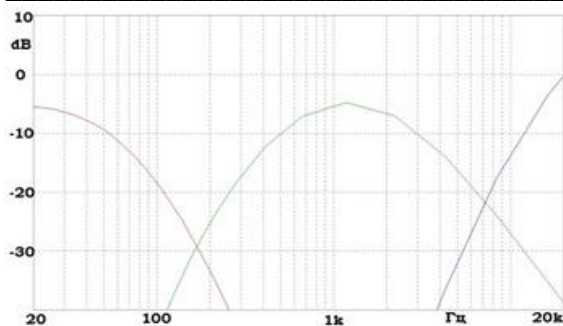


Рис. 3. АЧХ низкодобротных фильтров высоких низких и средних частот.

Отфильтрованные на фильтрах сигналы подаются на аналоговые входы микроконтроллера, где они подвергаются измерению и дальнейшей обработке по алгоритму записанной программы. Данные измерений записываются в соответствующие переменные.

Управление ЦМУ будет осуществляться с ИК пульта дистанционного управления. Поэтому на цифровой вход микроконтроллера заводим провод с ИК приемника.

Для управления тридцати-метровой светодиодной лентой с напряжением питания 12 вольт и расчетным номинальным током 36 ампер, в качестве силовых ключей выбраны MOSFET IRFHM830DTRPBF.

После моделирования ЦМУ в САПР ISIS PROTEUS разработана печатная плата.

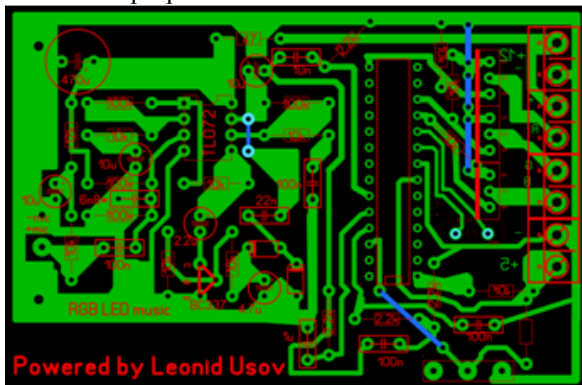


Рис. 4. Разводка печатной платы в CAD Sprint Layout 6.



Рис. 5. ЦМУ после сборки (без корпуса).
Заключительный этап создания ЦМУ написание и запись программы на контроллер. Для

написания программы будем использовать ARDUINO IDE. Среда разработки Arduino состоит из текстового редактора программного кода, области сообщений, окна вывода текста (консоли), панели инструментов с кнопками часто используемых команд и нескольких меню. Для загрузки программ и связи среда разработки подключается к аппаратной части Arduino.



Рис. 6. Написание скетча программы в среде разработки Arduino.

Заключительная стадия это запись программы на контроллер. Для этого используем отладочную плату Arduino. Помещаем контроллер в разъем платы и отправляем скетч на контроллер. После загрузки программы на контроллер делаем отладку.

Заклучение

После кропотливой отладки кода программы к работе устройства остались не большие недостатки. А именно - не четкая фильтрация сигнала. И перекрытия частотных диапазонов. Решением данной проблемы может стать использование высокодобротных фильтров.

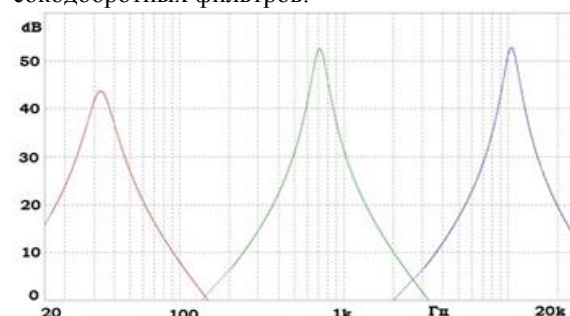


Рис. 7. АЧХ высокодобротных активных фильтров на ОУ.

Результатом работы является законченное рабочее устройство, выполняющее свои функции.

Литература

1. Arduino Uno. URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>.

УДАЛЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОМ

Курганов В.В., Боклаг Т.А.
Томский политехнический университет
boklag.tanya@mail.ru

В настоящей статье рассмотрены вопросы удалённого контроля материальных потоков технологической установки с помощью Web технологий и поставлена задача реализации полноценной системы управления на базе этой технологии.

Проблемы удалённого контроля и управления технологическими процессами в настоящее время являются актуальными по ряду причин. Во-первых, стремление производителей снизить финансовые затраты сокращением технологического персонала, во вторых, невозможность или высокая стоимость использования персонала в труднодоступных районах севера нашей области, в третьих, необходимость контроля и управления технологическими процессами, с целью исключения хищений и искажения информации.

Самым доступным и дешёвым способом связи с удалённым объектом в настоящее время являются Internet-технологии

Изначально решалась задача удалённого контроля основных технологических потоков для малогабаритной установки по производству моторных топлив и составления её материального баланса. Установка перерабатывает нефть в моторные топлива и имеет автоматизированную систему управления. После смены собственника, центральный офис которого расположен в городе Томске, возникла задача оперативного и непрерывного контроля работы технологической установки, которая расположена в одном из северных районов Томской области.

Поставленная задача может решаться различными способами. Первый, и самый распространённый способ с помощью SCADA систем. Практически все SCADA системы и отечественного и зарубежного производства предоставляют пользователю возможность работы с удалёнными объектами с использованием глобальной сети Internet. Однако стоимость таких SCADA систем может быть довольно высокой, тем более что все сетевые опции покупаются отдельно.

В связи с этим были рассмотрены возможности Web-визуализации, разработанные в программном пакете CoDeSys. Особенностью данного решения является возможность решения поставленных задач диспетчеризации без какого-либо постороннего ПО. Для того чтобы получать информацию с ПЛК, достаточно иметь доступ в интернет и любой браузер. В свое время ПЛК подключен к интернет с помощью ADSL-технологии, которая предоставляет скорость передачи данных до 400 Кбит/с.

Поставленная задача была решена с помощью ПЛК 750-881 компании WAGO (Германия). ПЛК WAGO 750-881 - мощный, надёжный, полнофунк-

циональный контроллер с широким набором модулей ввода-вывода. По стоимости этот контроллер стоит отнести к бюджетным вариантам.

Для реализации поставленной задачи с помощью языка HTML для контроллера ПЛК WAGO 750-881 были созданы две страницы:

- текущие и интегральные за смену расходы материальных потоков (см. рисунок 1);
- архивные накопления (рисунок 2).

WAGO
Учет материальных потоков

Наименование продукта	Ед. изм.	Шкала	Текущий расход	Учет материальных потоков	
				2 смена	1 смена
Нефть	т/ч	32.000			
ДТ	т/ч	10.000			
Бензин	т/ч	10.000			
Мазут	т/ч	10.000			
Мазут на Р4	т/ч	10.000			
Разность	т/ч	-			

Рис. 1. Текущие и интегральные за смену расходы материальных потоков

WAGO
Учет материальных потоков

Наименование продукта	Ед. изм.	2 смена		1 смена		2 смена		1 смена	
		2 смена	1 смена	2 смена	1 смена	2 смена	1 смена		
Нефть	т								
ДТ	т								
Бензин	т								
Мазут	т								
Мазут на Р4	т								
Разность	т								

Рис. 2. Архивные накопления материальных потоков.

Страницы были динамизированы переменными контроллера. Для того чтобы не задействовать внешние накопители и обеспечить обращение к контроллеру с любого устройства все текущие архивные и переменные хранятся в контроллере. С одной стороны это требует определённых дополнительных ресурсов, с другой стороны обеспечивает равенство всех клиентов.

Также в ходе реализации проекта был модифицирован штатный интегратор пакете CoDeSys, обеспечивающий накопление сменных значений, в результате чего приведённая погрешность накоплений снизилась с 0,5 до 0,1.

Разработанная система реализует только информационные функции, позволяющие пользователю контролировать технологический процесс без вмешательства в его работу.

Реализация проекта показала простоту и надёжность Web-технологий, низкую стоимость в

сравнении и традиционными SCADA системами. Конечно, узким местом любого варианта системы, связанной управлением через Internet, является пропускная способность самой сети. Особенно критичен данный показатель для задач управления в реальном режиме времени. Однако, несмотря на это, развитием данной работы является создание полноценной системы с двухсторонним обменом данными, что решить следующие задачи:

- изменение уставок регулирования и контроля технологических параметров;
- изменение режимов работы регуляторов и технологического оборудования;
- изменение настроек регуляторов;
- управления технологическим оборудованием;
- и т. д.

Заключение

В результате выполнения настоящей работы решены задачи диспетчеризации малогабаритной установки моторных топлив с помощью Web-технологий. Решения оказались достаточно простыми и недорогими, что делает привлекательным их дальнейшее развитие. С этой целью сформулированы задачи для дальнейшего развития системы, которая впоследствии может стать упрощённым аналогом SCADA системы.

Литература

1. Гарнаев А. Ю., Гарнаев С. Ю. Web-программирование на Java и JavaScript. – 2002.
2. Гусев С. Краткий экскурс в историю промышленных сетей //Современные технологии автоматизации. – 2000. – №. 4. – С. 78-84.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНАЛОГОВОГО ПИД-РЕГУЛЯТОРА

В. В. Малышев, Д. В. Бутузов, А. А. Шагаев, И. А. Тутов
Томский политехнический университет
Malyshev38rus@gmail.com

Большинство контуров систем управления строятся с применением ПИД-регулятора. Поэтому для подготовки специалистов в области автоматизации, необходимо уметь хорошо настраивать ПИД-регуляторы.

Использование прикладных пакетов программ не позволяет прочувствовать влияние изменения коэффициентов ПИД-регулятора на динамику переходного процесса системы.

Была предложена идея собрать контур управления с ПИД-регулятором на базе схемы с применение операционных усилителей.

ПИД-регулятор формирует сигнал воздействия на объект управления, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально разности входного сигнала уставки и сигнала обратной связи, второе - интеграл сигнала рассогласования, третье - производная сигнала рассогласования.

Для определения коэффициентов ПИД-регулятора использовался метод Циглера-Никольса [1, стр. 5]. В данном методе используется П-регулятор для заданного объекта регулирования. Принцип метода заключается в том, чтобы, изменяя коэффициент пропорционального звена k_p^* , получить на выходе системы установившиеся колебания с постоянной амплитудой. Значение коэффициента k_p^* фиксируется и измеряется период установившихся колебаний T .

Измерив период установившихся колебаний $T = 64,76$ мс и получив $k_p^* = 1$, считаются коэффициенты ПИД-регулятора:

$$k_p = 0,6k_p^* = 0,6$$

$$k_d = 0,075k_p^*T = 0,0049$$

По полученным коэффициентам составляется модель ПИД-регулятора (рис.1) и анализируется полученный переходный процесс (рис.5):

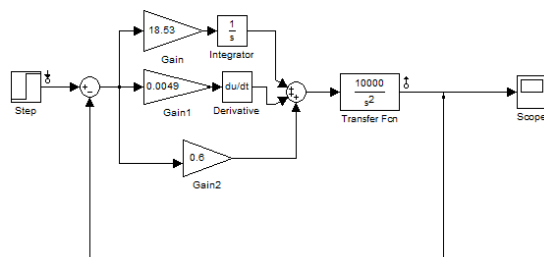


Рис.1. Модель контура управления с ПИД-регулятором

Затем рассчитываются номиналы сопротивлений и емкостей конденсаторов в интегральной и дифференциальной составляющих:

$$k_i = 18,53 = \frac{1}{RC} = \frac{1}{0,1 \text{ мкФ} \cdot 540 \text{ кОм}}$$

$$k_d = 0,0049 = RC = 1 \text{ мкФ} \cdot 4,9 \text{ кОм}$$

После нахождения номиналов реализуется данная схема в пакете программ моделирования электронных схем Electronics Workbench (EWB v5.12). Генератор был собран на операционном усилителе (рис.2). Первоначально, генератор в программе моделирования не работает. Вызвано это тем, что моделирование выполняется в идеальных условиях. В реальности данная конструкция генератора широко используется. Работать он начинает по причине того, что на вход наводится электромагнитный шум, который присутствует в окружении. Этот шум, благодаря наличию положительной обратной связи, выводит схему из устойчивого состояния и переводит в режим генерации. В симуляторе эти условия имитируются источником питания 12В и автоматическим переключателем по времени. Источник постоянного напряжения через переключатель заряжает конденсатор, и потом отключает источник. После этого схема переходит в режим генерации импульсов.

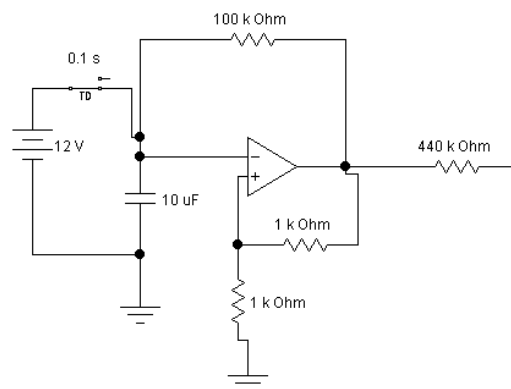


Рис.2. Генератор прямоугольных импульсов

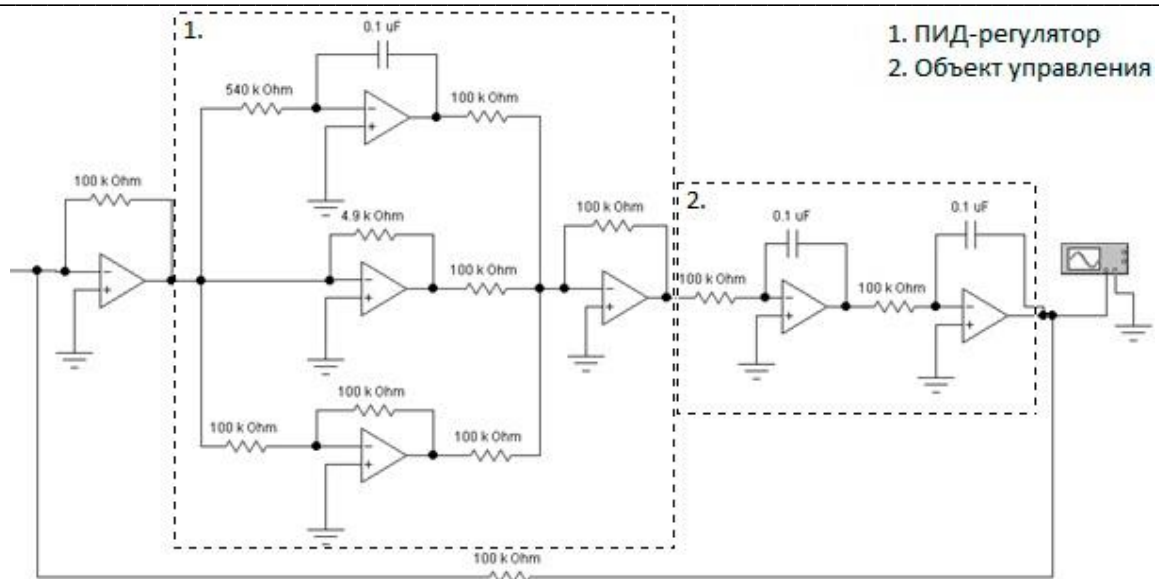


Рис.3. ПИД-регулятор и объект управления

Далее моделируется переходный процесс (рис.4,5).

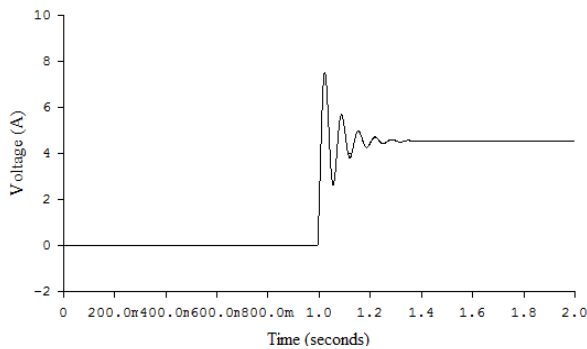


Рис.4. График переходного процесса в Electronic Workbench

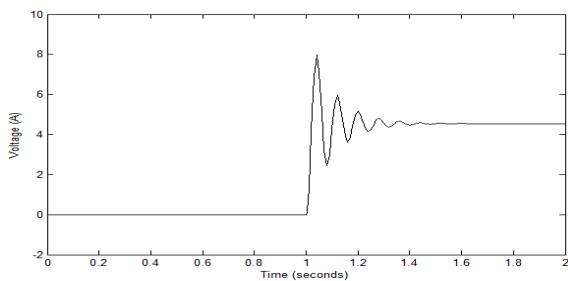


Рис.5. График переходного процесса в Simulink

Анализируя полученные переходные процессы, устанавливается, что результаты моделирования в Electronic Workbench и Simulink совпадают. Это означает, что коэффициенты всех составляю-

щих ПИД-регулятора и все номиналы элементов подобраны корректно.

Заключение

■ В конце 2014 года планируется создания стенда для получения практических навыков настройки ПИД-регуляторов. Таким образом, далее планируется провести полный комплекс работ, что и будет являться основой для продолжения работ по ПИД-регуляторам.

■ Литература

1. Настройка типовых регуляторов по методу Циглера-Никольса: метод. указания по выполнению лаб. работы для студентов, обучающихся по направлениям 210100 «Электроника и микроэлектроника» и 201000 «Биотехнические системы и технологии» / сост. О.С. Вадутов; Национальный Исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-в Томского политехнического университета, 2013.
2. Лабораторный практикум по информационным технологиям: учебное пособие / сост. Т.Е. Мамонова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 177с.
3. Электроника: Учеб. пособие / В.И. Лачин, Н.С. Савёлов. – 5-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 704 с. – (Высшее образование).
4. Математические основы теории систем: учебник для вузов / А.М. Малышенко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 364 с.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ШАГАЮЩЕЙ МОБИЛЬНОЙ КВАДРОПОД – ПЛАТФОРМОЙ

Д.Н. Репин

Научный руководитель: Тутов Иван Андреевич

Томский политехнический университет

tyubis@mail.ru

Современные разработки в области автоматизации технических процессов привели к внедрению роботов во все сферы человеческой деятельности.

Создание автоматических систем, которые могут быть использованы на многих стадиях исследований и работы, также способных облегчить труд человека, является актуальной научной и технической задачей [1]. Одним из важнейших классов таких систем является класс шагающих роботов, предназначенных для перемещения по труднопроходимой поверхности, порой с заранее неизвестным рельефом. Преимущество в проходимости шагающего робота обуславливает высокую сложность конструкции и алгоритмов управления.

Отличительной особенностью движения шагающих платформ является необходимость управления сразу несколькими приводами. Шагающая мобильная квадропод - платформа оснащена двенадцатью приводами, по три на каждую из конечностей. Модель робота в системе autodesk autocad представлена на рисунке 1. [2]

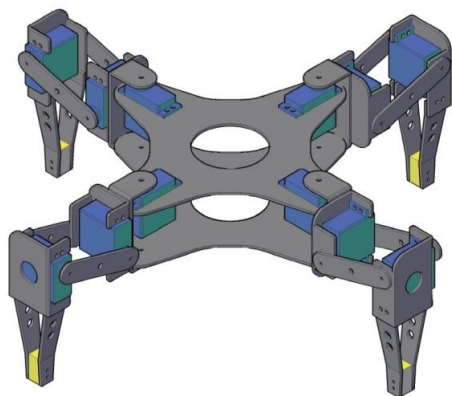


Рис.1. Шагающая мобильная квадропод – платформа

Для шагающего робота в процессе выноса конечности должен осуществляться контроль высоты положения стопы над поверхностью, при этом, если высота любой из стоп становится меньше допустимой, то производится подъём до наименьшей допустимой высоты, а затем производится вынос ноги. Конец движения должен сопровождаться восстановлением горизонтального положения платформы и смещением центра масс в зону равновесия. При опоре на три конечности с совершением шага место положения геометрического центра масс изменяет-

ся, что может приводить к падению робота. Таким образом, для стабилизации движения требуется реализовать двухуровневый алгоритм (рисунок 2).

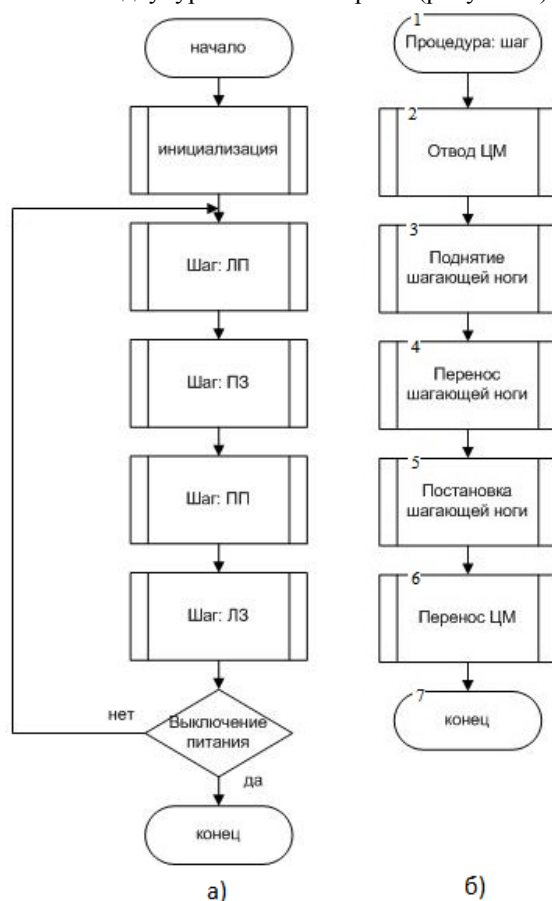


Рис.2. а) верхний уровень; б) нижний уровень

Последовательность исполнения процедур верхнего уровня даёт возможность роботу одновременно опираться на три конечности, перемещаясь при этом на величину шага. В свою очередь процедура шаг содержит в себе набор процедур нижнего уровня: передача управляющего воздействия на сервоприводы для осуществления движения конечностью и стабилизация.

Для апробации разработанного алгоритма при помощи программных сред autodesk autocad, Matlab 10 (пакеты: simulink, simmechanics, nettools) была составлена математическая модель квадропод – платформы

Модель одной конечности робота представлена на рисунке 3. Блоки «Body» - моделируют корпусные детали робота. Отличительная черта блока состоит не только в задании габаритных параметров

объекта, но и его массы. Блоки «Revolute» – моделируют шарнирные соединения в различных плоскостях ортогональных друг другу. Данный блок имеет возможность подключения к блоку возмущения и блоку сенсоров. Блоки «IC» – формируют возмущающее воздействие в виде задания угла поворота.

Виртуальная модель имеет все степени свободы присущие реальному роботу и позволяет аналитическими методами, по правилам Денавита-Хартенберга [3], формировать закон управления:

$$x = k \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) + m \cdot [\cos\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} + q_3\right) \cdot \sin(q_2) + \cos\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_3\right) \cdot \cos(q_2)] + l \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) \cdot \cos(q_2);$$

$$y = k \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) + m \cdot [\cos\left(\frac{\pi}{2} + q_3\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) \cdot \sin(q_2) + \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_3\right) \cdot \cos(q_2)] + l \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) \cdot \cos(q_2);$$

$$z = l \cdot \sin(q_2) - m \cdot \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} + q_3\right) \cdot \cos(q_2) - \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_3\right) \cdot \sin(q_2) \right].$$

Представленные выражения являются решением прямой задачи кинематики для конечности относительно абсолютной системы координат, находящейся в центре масс платформы.

Результат моделирования в среде simmechanics представлен на рисунке 4. Данная модель отражает работоспособность системы.

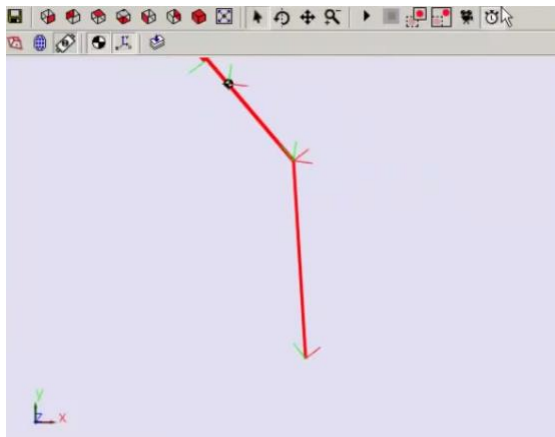


Рис. 4. Результат работы модели simmechanics

На рисунке 5 приведена область нахождения центра масс робота. Решение было сведено к нахождению области устойчивого положения робота численными методами. В результате был сфор-

мирован массив данных, ограничивающий зоны перемещения центра масс платформы при ходьбе.

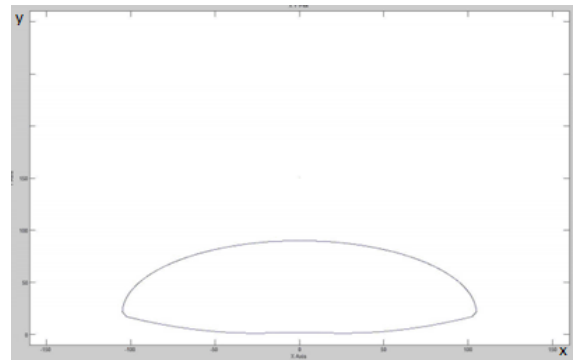


Рис. 5. Область нахождения центра масс при движении передними конечностями

Заключение

На текущий момент на основе проведённых исследований был построен прототип робота, составлена математическая модель, разработан алгоритм для движения по прямой.

Литература

1. Юревич Е.И. Основы робототехники 2-ое издание // БХВ-Петербург, 2005. - 203 с.
2. Репин Д.Н. Применение систем CAD/CAM/CAE в проектировании шагающей мобильной платформы [Электронный ресурс] // Современные техника и технологии: сборник трудов XX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 14-18 Апреля 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 2 - С. 239-240.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учебное пособие для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. // М.: Наука, 1988. - 640 с.
4. Попов Е.П., Верещагин А.Ф., Зенкевич С.Л. Манипуляционные роботы: динамика и алгоритмы. — М.: Наука, 1978. — 400 с.
5. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.
6. Официальный сайт Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.cc> Режим доступа: свободный (дата обращения: 18.06.2014)
7. Уилли Соммер. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. // Санкт – Петербург, 2012. – 256 с.

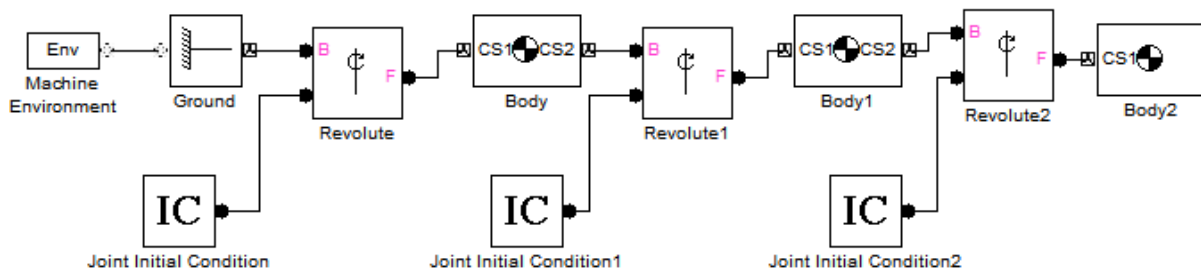


Рис. 3. Модель одной конечности в SimMechanics

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНТРОЛЬНО-ПОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА SIEMENS S7-1200 ДЛЯ ПРИВОДА ПОВОРОТА АНТЕНН КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

В. Е. Маслов, С. А. Трапп

Научный руководитель: С. В. Леонов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

wado93@mail.ru; Gedeon@sibmail.com

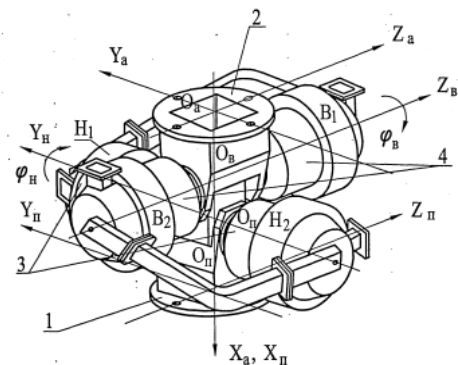
Ракетно-космическая промышленность России является одной из самых развитых во всем мире. Согласно сторонним источникам [1] доля России в мировом рынке космических услуг составляет 11% и правительство ставит перед собой цель в ближайшее время достигнуть отметки в 25%. Космической промышленностью в РФ занимается более 60 предприятий, из которых следует выделить ОАО «Информационные Спутниковые Системы» имени академика М.Ф. Решетнёва», производящее более 70% всех российских спутников.

В настоящее время трудно переоценить значимость исследования космического пространства и важность его освоения, поскольку результаты научно-технической деятельности в ракетно-космической промышленности нашли широкое применение во всех сферах деятельности человека современного общества. Примерами благ, созданных благодаря научно-технической деятельности в этой сфере, могут служить различные системы геолокации, связи, слежения, а также система ГЛОНАСС. Таким образом, становится понятным необходимость дальнейшего развития космических технологий. Использование всех этих достижений невозможно осуществить без постоянного присутствия космических аппаратов (КА) в космическом пространстве. Поскольку средняя «продолжительность жизни» КА невелика (примерно 4-6 лет), требуется их непрерывное производство и их непрерывного усовершенствования. Эти улучшения должны быть в первую очередь направлены на увеличение срока службы КА и уменьшения стоимости его запуска.

ОАО ИСС имени академика М.Ф. Решетнева предоставило ТПУ некоторые системы, обеспечивающие функционирование КА (система поворота антенн(СПА) и привод батареи солнечной(ПБС). В рамках представленной работы ведется деятельность с СПА. СПА состоит из нескольких функциональных блоков: блок механический БМ, блок электронный БЭ. БЭ включает в свою очередь блок управления приводами(БУП) и контрольно-поверочную аппаратуру(КПА).

БМ СПА представляет собой два привода, обеспечивающих вращение антенн в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в пределах заданных диапазонов углов с заданной точностью и передачи СВЧ сигнала. БМ СПА так же предназначен для вращения ротора вращающегося трансформатора(ВТ) для получения информации об угле поворота антенн. [2] Схема расположе-

элементов и осей БМ СПА предоставлена на рис. 1.



- 1 – посадочная плоскость БМ СПА;
- 2 – посадочная плоскость под антенну;
- 3 – привод Н (нижний);
- 4 – привод В (верхний);
- φ_H – угол поворота привода Н;
- φ_B – угол поворота привода В;
- $O_B Z_B$ – ось вращения привода В;
- $O_H Y_H$ – ось вращения привода Н;
- X_n, Y_n, Z_n – система координат, связанная с посадочной плоскостью БМ СПА;
- X_a, Y_a, Z_a – система координат, связанная с посадочной плоскостью под антенну.

Рис. 5. Схема расположения элементов и осей БМ СПА

Блок управления приводами(БУП) представляет собой программируемое логическое устройство, выполняющее следующие функции:

- Прием управляющих команд
- Управление угловым положением приводов, в зависимости от величины цифрового управляющего сигнала.
- Управление движением приводов с постоянной скоростью при работе по командам ручного управления.
- Формирование и выдачу информации в виде последовательного кода об углах поворота ВТ.
- Коммутацию цепей электрообогревателей, установленных в БМ СПА на шины питания.
- Формирование и выдачу телеметрических и технологических сигналов [3].

КПА СПА представляет собой имитацию бортового компьютера КА и предназначена для тестирования СПА в специальных условиях. КПА представляет собой габаритное массивное устройство, и оно не было получено от предприятия, поэтому для использования СПА в учебно-научных

целях необходимо спроектировать собственное КПА, опираясь на параметры сигналов БУП.

Первостепенными задачами, поставленными при выполнении данной работы, являются выбор подходящего логического устройства и изучение технической документации по исследуемой системе.

В качестве устройства, на котором будет выполняться КПА, выбран программируемый логический контроллер (ПЛК) Siemens s7-1200. Данный ПЛК обеспечивает гибкость и предоставляет достаточную мощность для управления широким кругом устройств в сфере автоматизации, имеет малые размеры (110x100x75) и массу (475 г.), что является весомым преимуществом перед устаревшим оборудованием, поскольку доставка на орбиту каждого лишнего килограмма ведет к увеличению затрат на топливо. Благодаря широкому возможностям, данный контроллер можно использовать в качестве объекта изучения в комплексе лабораторных работ по различным дисциплинам.

Программирование контроллера осуществляется благодаря программному обеспечению STEP 7 Basic, представляющее из себя удобную среду для разработки, редактирования и контроля логики. Программирование может осуществляться на двух разных языках: LAD (язык программирования релейно-лестничной логики стандарта МЭК 61131-3) и FBD (графический язык программирования стандарта МЭК 61131-3 в виде функциональных блочных диаграмм) [4].

На рис. 2. Показан интерфейс программной среды STEP 7 Basic и реализация простой программы на языке LAD.

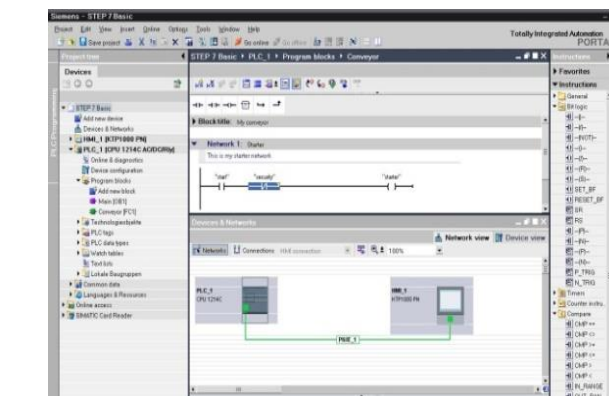


Рис. 6. Интерфейс программной среды STEP 7 Basic

Выбор данного контроллера обусловлен следующими критериями:

- Наличие необходимого количества входных и выходных портов;

- Подходящее номинальное напряжение (У ПЛК – 24 В с допуском от 20.4 до 28.8 В. Для корректной работы приводов поворота антенн требуется напряжение от 23 до 31 В.)

- Предприятие-партнер (ИСС имени академика М.Ф. Решетнева) использует контроллеры фирмы Siemens для решения задач контроля технологических процессов.

- Универсальность
- Долговечность, надежность
- Малая масса и размеры при широком функционале.

Следует также выделить задачу прошивки ПЛК для реализации обширного списка команд, например, команд включения/отключения ручного управления поворотами приводов, отключение/включение первой/второй секции электрообогревателя, включения/отключения БУП и т.д.

Выбранный контроллер является весьма универсальным. Его выбор, а также разносторонность исследуемой системы, открывает возможность создания лабораторного стенда с комплексом методических указаний по ряду следующих дисциплин: электропривод (изучение электро-механических характеристик самих приводов СПА), микропроцессорная техника (программирование в среде Step 7 Basic), математическое моделирование (использование существующей системы в качестве объекта исследования). Такой стенд будет крайне полезен, поскольку работа с ним позволит студентам получать навыки работы с реальными системами.

На данном этапе научной работы изучена конструкторская документация каждого структурного блока СПА и на ее основе исследован принцип действия всей системы, подобрана аппаратная часть для реализации КПА и разработаны алгоритмы отработки контроллером вход-выходных связей, получаемых с БУП.

Литература

1. Электронная газета: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.newizv.ru/lenta/2006-07-06/49718-k-2015-godu-rossija-zajmet-15-mirovogo-rynka-kosmicheskikh-uslug.html>. Свободный.
2. ОАО ИСС. Блок механической системы поворота антенн 17Ф18.3470-000. Технические условия 17Ф18.3470 ТУ – 1986 г. – 33 с.
3. ОАО ИСС. БУП СПА Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 17Ф18.2253-01 ТО. – 1986 г. – 9с.
4. Siemens S7. Программируемый контроллер S7-1200. Системное руководство. – 2009 г. – с 52.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CONTROLLING ANTENNA DRIVE GEARS OF SPACECRAFT USING PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER SIEMENS S7-1200

V. E Maslov, S. A. Trapp

Scientific supervisor: S.V. Leonov

Language supervisor S.V. Rybushkina

National Research Tomsk Polytechnic University

wado93@mail.ru; Gedeon@sibmail.com

Rocket and space industry of Russia is one of the most developed in the world. According to [1], Russia has occupied 11% of the world market of space services and the Russian government has plans to occupy almost a quarter in the nearest future. There are more than 60 organizations and companies providing products for the space industry in Russia. One of the most productive is JSC Information Satellite Systems - Reshetnev Company that provides more than 70% of all Russian satellites.

Nowadays, results of scientific, research and engineering activity in the aerospace industry have found wide application in all spheres of modern life. That is why it is impossible to overprice the importance of space developments. The GLONASS navigation system, different systems of geolocation, communication, spying etc. are just the most popular examples. Wide spreading occurrence of these technological solutions in everyday life additionally stimulates further researches in the aerospace sector, since their use on earth is impossible without having presence in space. It is necessary to constantly produce and modify new spacecrafts, because modern satellites have a short longevity (4-6 years, on average). New modifications should be mainly aimed at increasing longevity of spacecrafts and reducing launching rates.

JSC Information Satellite Systems - Reshetnev Company provided TPU with several systems that ensure functioning of a spacecraft – an antenna rotation system (SRA) and solar drives (SD). Within the current study we have analyzed SRA. SRA consists of several structural units: a mechanical block (MB), and an electronic block (EB). EB contains a control unit drive (CUD) and equipment for calibration and testing (CTE).

The MB of SRA contains two drive gears that allow antennas to rotate perpendicularly in a given range with a predetermined precision and transmitting UHF signals. The MB is also designed to rotate a rotor of a rotating transformer (RT) to obtain information about the angle of a current antenna position. [2]

The layout and axes of the MB are shown in fig. 1.

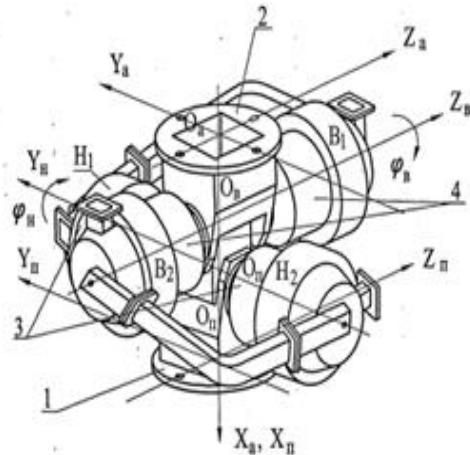


Fig. 1. The layout and axes of MB of SRA

- 1 –MB boarding plane;
- 2- antenna boarding plane ;
- 3 –lower drive (H);
- 4 –top drive (B);
- ϕ_H – rotating angle of the H-drive;
- ϕ_B –rotating angle of the B-drive;
- $O_B Z_B$ –axis of rotation of the B-drive;
- $O_H Z_H$ –axis of rotation of the H-drive;
- X_n, Y_n, Z_n - coordinate system associated with the boarding plane of MB of SRA;
- X_a, Y_a, Z_a - coordinate system associated with the antenna boarding plane.

A control unit of drive gears (CUDG) is a programmable logic device that performs the following functions:

- receiving control commands;
- positioning the angle of the drive gear depending on a numerical driving signal value;
- management of the drive gears while working in a manual control mode with a constant speed;
- generating information about the RT turn angle in a form of a sequential code;
- switching circuits of heaters that are installed on power supply lines;
- generating telemetric and technological signals. [3]

CTE (calibration and testing equipment) of SRA is an imitation of an onboard computer of the spacecraft. The main goal of the CTE is to test SRA in special conditions. CTE is a large-sized and heavy device and that is the reason why it was not provided by JSC

Information Satellite Systems - Reshetnev Company. However, it is a mandatory element of the whole system, thus it was necessary to create a different CTE with the same signals and parameters at TPU.

Selection of a logic device that could be used as CTE for the antenna rotation system and analysis of technical documentation of the investigated system are the primary goals of our study.

It was decided to choose a programmable logic controller (PLC) Siemens s7-1200 as a base of CTE. This PLC allows controlling a wide variety of devices and is commonly used in automation because of its functionality. It is not as big as the old CTE, it has small size (110x100x75) and weight (475 g), which is a real advantage because the price of in-orbit delivery depends on these parameters and is usually very high. Because of a wide range of possible applications this PLC may also be used in education as a workbench for different labs in different subjects.

The software STEP 7 Basic allows programming the PLC and is a very comfortable environment to control and edit logic. It supports two different programming languages. They are LAD and FBD.

Ladder logic has evolved into a [programming language](#) that represents a program by a graphical diagram based on the [circuit diagrams](#) of [relay logic](#) hardware

The Function Block Diagram is a graphical language for [programmable logic controller](#) design, that can describe the function between input variables and output variables. A function is described as a set of elementary blocks. Input and output variables are connected to blocks by connection lines [4].

The interface of STEP 7 Basic and an example of a simple LAD program are shown in fig. 2.

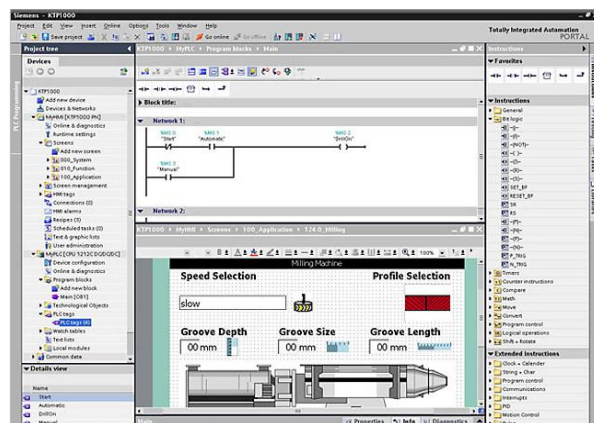


Fig. 2. The interface of STEP 7 basic

PLC Siemens S7-1200 was selected because of the following parameters:

- Availability of the necessary amount of inputs and outputs;
- suitable power supply level (Normally the PLC works at 24 V but it is able to work in the range from 20.4 V to 28.8 V. SRA drive gears require voltage in the range from 23 to 31 V.);
- JSC Information Satellite Systems - Reshetnev Company uses Siemens' controllers for the purposes of controlling different technical processes;
- versatility;
- durability and reliability;
- small weight and size without sacrifice of functionality;

It is also necessary to program the PLC so that it could perform a vast variety of commands such as to switch on/off manual gear control, heater sections, or CUD.

The selected controller has many abilities. Its broad functionality, as well as versatility of the researched system as a whole allows using it as a workbench for many labs in different subjects to study electric drive systems (studying of electric and mechanical characteristics of drive gears), microprocessor engineering (programming with STEP 7) and mathematical simulation (using real systems as an object of study). The developed workbench would be very useful and students would get experience of working with a real system.

At the moment, the technical document of each structural unit of SRA has been analyzed and functioning of the system has been studied. Hardware implementation for CTE was selected and the main algorithms of processing input-output relations received from the CUD have been developed.

Literature

1. Electronic newspaper: [Electronic source]. Access mode: <http://www.newizv.ru/lenta/2006-07-06/49718-k-2015-godu-rossija-zajmet-15-mirovogorynka-kosmicheskikh-uslug.html>. Free.
2. JSC ISS. The mechanical block of the system of rotating antennas. 17Φ18.3470-000. Specification 17Φ18.3470 TY – 1986 y. – 33 p.
3. JSC ISS. CUDG of SRA Technical description and operating instructions. 17Φ18.2253-01 TO. – 1986 y. – 9p.
4. Siemens S7. programmable controller S7-1200. System management. – 2009 y. – p 52.

НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ

Н.С. Николаева, Е.Н. Богомолов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

nikolaevans@tpu.ru

Введение

В настоящее время информационное обеспечение является важным фактором развития во всех областях знаний, что способствует возникновению задач, где не представляется возможным учесть все имеющиеся условия, от которых зависит ответ, выделяя лишь приблизительный набор наиболее важных из них. Например, помехи, технические показатели состояния. Зачастую при этом ответ носит неточный характер, а алгоритм нахождения не может быть представлен точно. При решении задач такой группы актуальным становится разработка и внедрение нейросетевых алгоритмов и основанных на них систем диагностики. Нейросетевые алгоритмы, основанные на нейронных сетях, могут менять свое поведение в зависимости от состояния окружающей их среды. После анализа входных сигналов (возможно, вместе с требуемыми выходными сигналами) они самонастраиваются и обучаются, чтобы обеспечить правильную реакцию. Обученная сеть может быть устойчивой к некоторым отклонениям входных данных, что позволяет ей правильно «видеть» образ, содержащий различные помехи и искажения.

Искусственные нейронные сети, подобно биологическим, являются вычислительной системой с огромным числом параллельно функционирующих простых процессоров с множеством связей. Несмотря на то, что при построении таких сетей обычно делается ряд допущений и значительных упрощений, отличающих их от биологических аналогов, искусственные нейронные сети демонстрируют удивительное число свойств, присущих мозгу, — это обучение на основе опыта, обобщение, извлечение весомых данных из избыточной информации.

Существенно повысить качество принимаемых решений и эффективность работы узлов спутниковой аппаратуры, можно за счет внедрения интегрированных компьютерных технологий в виде интеллектуального ядра, в составе систем диагностики, которое позволит оперативно обрабатывать большие потоки разнообразной информации. Благодаря интеллектуальному ядру можно будет использовать самые современные методы прогнозирования, применяемые в системах диагностики материалов и узлов спутниковой аппаратуры.

Сложные системы, в том числе и технические, требуют обеспечения высокого уровня качества функционирования и надежности.

Основные задачи

При создании нейросетевых алгоритмов и системы диагностики материалов и узлов спутниковой аппаратуры решается ряд задач:

1. Задача формализации предметной области, т.е. кодирование, куда включается список обобщенных классов, к которым могут относиться конкретные технические показатели состояния материалов и узлы аппаратуры, а также список признаков, которыми эти объекты в принципе могут обладать.

2. Задача формирования обучающей выборки, т.е. база данных, в которой описаны конкретные данные для аттестации материалов и узлов спутниковой аппаратуры на языке признаков, дополнительно может указываться и их принадлежность к классу.

3. Задача обучения системы диагностики или задача определения состояния объекта. Обучающая выборка используется для формирования базы знаний. Проводится оценка на основе вводимых критериев, благодаря чему можно определить для каждого признака его ценность для диагностики спутниковой аппаратуры в целом. После чего незначительные признаки могут быть исключены и система диагностики обучена повторно. Данный процесс предполагает итерации.

4. Контроль качества. Контроль обеспечивается вычислением коэффициента, позволяющий определить фактическую среднюю вероятность ошибки по проведению диагностики для материалов и узлов спутниковой аппаратуры.

5. Задача прогнозирования основана на имитационном моделировании и позволяет получить соответствующие количественные оценки выхода из строя спутниковой аппаратуры.

Система технической диагностики

Организация эффективной проверки работоспособности и контроль за функционированием спутниковой аппаратуры (детали, элементы, узлы, а также процессы передачи, обработки и хранения информации), то есть организация процессов диагностирования технического состояния при эксплуатации — одна из важных мер обеспечения и поддержания надёжности технических объектов.

Алгоритм диагностирования предусматривает выполнение некоторой условной или безусловной последовательности определённых экспериментов с объектом. Эксперимент характеризуется тестовым или рабочим воздействием и составом контролируемых признаков, определяющих реакцию объекта на воздействие. В данной системе диагно-

стики материалов и узлов спутниковой аппаратуры помимо алгоритма проверки есть и алгоритмы поиска. Алгоритмы проверки позволяют обнаружить наличие дефектов, нарушающих исправность объекта, его работоспособность или правильность функционирования. По результатам экспериментов, проведённых в соответствии с алгоритмом поиска, можно указать, какой дефект или группа дефектов (из числа рассматриваемых) имеются в объекте. При диагностике спутниковой аппаратуры нередко проявляются дефекты, при которых связь между признаками и причинами неисправностей носит неоднозначный характер. Простые двузначные утверждения типа “исправный – 1” / “неисправный – 0” недостаточны, поскольку четкие правила поиска неисправностей в системе основываются на взаимно-однозначном соответствии между причиной и признаками неисправностей, то есть они жестко детерминированы в правилах. Поэтому разрабатываемая диагностическая система должна распознавать опасные условия функционирования, причины и тип возникшей неисправности. Помимо этого ожидается, что система будет выдавать информацию об оценке оставшегося срока службы всего аппаратного комплекса или его составной части. Таким образом, выходные параметры диагностической системы должны определять с одной стороны причину и тип дефекта (неисправности), с другой стороны - состояние объекта диагностирования, его соответствие оперативно-функциональному назначению.

Аналитические модели диагностики отказов определяют, выделяют и классифицируют отказы в компонентах системы. На рис.1 приведена структура аналитической модели диагностики отказов.

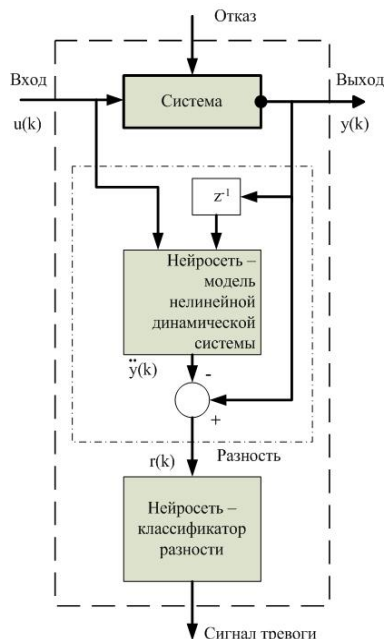


Рис.1. Структура аналитической модели диагностики неисправностей

Первая часть модели представляет собой определитель разности, который обрабатывает входы и выходы системы в соответствии с определенным алгоритмом. На его выходе формируются сигналы разности. Разность должна быть отличной от нуля в случае отказа и равна нулю, если отказа нет. Второй частью модели является классификатор отказов, в котором разности оцениваются на наличие в системе отказа и по определенному правилу принимается решение о выходе системы из строя.

Принцип построения работы системы диагностирования показан на рис.2.

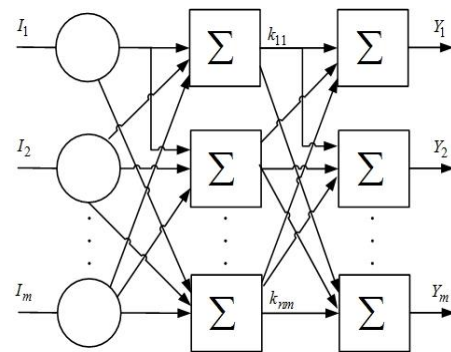


Рис.2. Принцип обнаружения неисправностей системы

■ Обученная нейронная сеть, на основе мониторинга окружающих условий по радиационному фону, может с высокой степенью точности предсказать появление дефектов в полупроводниковых приборах и оценить степень их живучести, то есть своевременно вывести технический объект (робота) из зоны опасного воздействия радиации для его ремонта.

Заключение

Система диагностики материалов и узлов спутниковой аппаратуры позволит контролировать состояние объекта, диагностировать неисправности и прогнозировать по динамике изменения технических показателей его состояние.

Внедрение данной системы позволит находить оптимальные варианты инженерных решений для диагностики спутниковой аппаратуры, с минимальными финансовыми и временными затратами будет спрогнозировано, когда необходимо заменить деталь или узел и отправить на ремонт весь объект.

■ Литература

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации/ Пер. с польского И.Д.Рудинского. - М.: Финансы и статистика, 2002.- 344 с.
2. Конструкции летательных аппаратов и их систем. Ч. 2 / А.И. Андриенко и др. - Харьков: Харьковский авиационный институт, 2004. -174 с.
3. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. -М.: Горячая линия. Телеком, 2001, 382 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГРАММ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ

С.А. Панов, Т.В. Ганджа, О.С. Затик

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

spytech3000@gmail.com

Введение

Эколого-экономические системы (ЭЭС) предприятий нефтегазовой промышленности (НГП) относятся к классам больших и сложных систем. От оперативности формирования управляющих воздействий на технологическое оборудование предприятий НГП и экономически оптимальных экологических программ (ЭП) зависит устойчивое развитие добывающего предприятия в совокупности с сохранением и восстановлением состояния объектов природной среды.

Наиболее эффективным средством процесса автоматизации принятия управленческих решений может являться применение компьютерных моделей управляемых объектов для целей оперативного прогноза их поведения. В состав автоматизированных систем управления должна входить универсальная система компьютерного моделирования, позволяющая создавать компьютерные модели ЭЭС (КМ ЭЭС) для целей адекватного прогнозирования состояний экологических объектов.

Параметры и характеристики природоохранных мероприятий (ПОМ), получаемые в процессе компьютерного моделирования ЭЭС, являются важнейшими элементами при формировании ЭП, поэтому для решения проблемы автоматизированного и оперативного формирования документов ЭП требуется решить задачу интеграции КМ ЭЭС предприятия НГП с системой документирования.

Моделирование эколого-экономических систем

Наиболее приемлемым методом для компьютерного моделирования ЭЭС является метод компонентных цепей (МКЦ) [1], предложенный профессором Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) В.М. Дмитриевым и адаптированный Ганджой Т.В. и Затиком О.С. к компьютерному моделированию ЭЭС [2][3].

МКЦ, являясь универсальным методом компьютерного моделирования, позволяет представить в виде компонентной цепи физически неоднородный технический объект или набор распределенных во времени действий с информационными, энергетическими и неоднородными векторными потоками в связях и произвести его анализ в статическом или динамическом режиме. В настоящее время на базе МКЦ разработана среда моделирования MAPC (СМ MAPC) [4].

К классу распределенных во времени действий относятся ЭП, направленные на улучшение экологической обстановки региона функционирования предприятий НГП. Использование МКЦ для их формирования предполагает построение многоуровневой КМ ЭЭС, каждый уровень которой имеет свое отображение на соответствующем уровне многоуровневого редактора СМ MAPC:

- на объектном слое из компонентов составляются взаимосвязанные многоаспектные модели технологического оборудования предприятия НГП, объектов окружающей природной среды и технических средств, оказывающие на них компенсирующие воздействия и позволяющие производить учет материальных и финансовых затрат на выполнение ЭП;
- на алгоритмическом уровне отображаются алгоритмы решения задач интеллектуального управления, формирования ЭП и оптимизации параметров входящих в них ПОМ, в котором предполагается многократный анализ различных подсистем общей КМ ЭЭС;
- визуальный уровень содержит средства визуализации результатов моделирования и решения задач интеллектуального управления, а также инструменты интерактивного изменения значений параметров КМ ЭЭС.

Параметризация компьютерных моделей природоохранных мероприятий

Параметризацию КМ ПОМ, входящих в состав многоуровневой КМ ЭЭС [5], необходимо проводить на основе информации о реальном состоянии объекта управления. В качестве источника данных предлагается использовать экологические ГИС-системы, базы данных ресурсов предприятия. Основными компонентами для этого будут являться:

1) компонент «База данных», реализующий методы и алгоритмы доступа к системе управления базами данных (СУБД): Oracle, MySQL, Microsoft Office Access. В качестве параметра данного компонента указывается полный путь к соответствующему файлу или серверу БД. У компонента выделяются следующие связи: связь для передачи запроса к БД, связь для передачи ответа на запрос.

2) компонент «Запрос», использующийся для формирования SQL-запросов к БД, которые представляют собой строку соответствующего формата. Типы запросов к БД могут быть различными «Select» (выбрать), «Insert» (создать) или «Update»

(обновить). Для взаимодействия с другими компонентами «Запрос» имеет следующие связи: связь для передачи сформированного запроса к базе данных, связь для получения ответа на запрос, связь для передачи результата запроса к соответствующему компоненту-атрибуту, связь для приема информации от компонента-измерителя.

Автоматизированное формирование экологических программ

Основным принципом ЭП предприятий НГП является внедрение ресурсосберегающих технологий, модернизация существующего производства и повышение экономической эффективности производства за счет минимизации затрат на: проведение ПОМ; закупку природных ресурсов (электроэнергия, вода); утилизацию или захоронение отходов производства и потребления.

Основным преимуществом интеграции КМ ЭЭС с системой документирования является то, что одна КМ может использоваться для формирования всей совокупности взаимосвязанных документов и оптимизации параметров ПОМ, входящих в ЭП. Другим преимуществом является то, что автоматически формируемые документы могут быть сохранены в различных форматах (например, в виде текста или электронных таблиц), а также автоматически направляться по указанным адресам электронной почты.

Интерактивные отчетные формы

В настоящее время в ТУСУРе разрабатывается система автоматизированного документирования (САД) [6], обладающая возможностью автоматизированного формирования интерактивных отчетных форм (ИОФ), содержащих результаты компьютерного моделирования ЭЭС, осуществляемого в СМ МАРС. Интерактивность в САД осуществляется за счет привязки источников данных к конкретным местам документа, в которых должны быть автоматически занесены актуальные данные.

Группа показателей ЭП, которые автоматически заносятся в ИОФ: наименование и тип ПОМ; территория подразделения и лицензионного участка; территория района и области; объемы ПОМ; предотвращенный экологический ущерб (тыс. руб.); сроки выполнения ПОМ; ответственные за выполнение ПОМ; дата составления ЭП; ответственный за составление ЭП.

САД, в основе которой лежит МКЦ, основана на использовании компьютерных моделей структурных единиц документов: текстовых блоков,

числовых значений, таблиц, рисунков и т.д. Интеграция САД с внешними системами (например, СУБД) осуществляется за счет встроенных программных средств и компонентов.

Заключение

Интеграция КМ ЭЭС и САД, реализованных на основе единого метода КЦ, позволит предприятиям НГП оптимизировать параметры ПОМ, повысить скорость формирования ЭП и, как результат, обеспечить оперативную ликвидацию загрязнений объектов окружающей среды в регионах функционирования предприятий НГП. Помимо этого, внедрение САД, позволяющей формировать ИОФ, позволит существенно сократить трудозатраты на формирование итоговой аналитической отчетности на предприятиях НГП.

Литература

1. Автоматизация моделирования промышленных роботов. В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. – М.: Машиностроение, 1995. – 304 с.
2. Ганджа Т.В. Модели компонентов эколого-экономической системы на примере нефтегазодобывающего комплекса в формате метода компонентных цепей для компьютерного моделирования / Т.В. Ганджа, О.С. Затик // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – № 5. Управление, вычислительная техника и информатика. – с. 114-116.
3. Дмитриев В.М. Компьютерная модель эколого-экономической системы нефтегазодобывающего региона для формирования экологических программ / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, О.С. Затик // Информатика и системы управления. – 2011. – № 4 (30). – С. 27–39.
4. Дмитриев В.М. Среда моделирования МАРС / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа, А.Н. Кураколов // В-Спектр, 2009. – 299 с.
5. Дмитриев В.М., Ганджа Т.В., Затик О.С. Принцип адаптации компьютерной модели эколого-экономической системы для решения задач интеллектуального управления // Информатика и системы управления. – 2014. – №2(40). – С. 27-39.
6. Ганджа Т.В. Задачи и архитектура подсистемы документирования исследований в среде многоуровневого моделирования МАРС / Т.В. Ганджа, С.А. Панов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2(24), часть 2. – 2011. – С. 334-338.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКИ

Тырышкин Е.В.

Томский политехнический университет

epashkov@tpu.ru

Целью данной работы является рассмотрение принципа работы, устройства и видов регулирующей арматуры, как одной из разновидностей арматуры для трубопровода.

Регулирующая арматура — это вид трубопроводной арматуры, предназначенный для регулирования параметров рабочей среды. В понятие регулирования параметров входит регулирование расхода среды, поддержания давления среды в заданных пределах, смешивание различных сред в необходимых пропорциях, поддержание заданного уровня жидкости в сосудах и некоторые другие. Выполнение всех своих функций регулирующая арматура осуществляет за счёт изменения расхода среды через своё проходное сечение.

В зависимости от конкретных условий эксплуатации применяются различные виды управления регулирующей арматурой, чаще всего при этом используются внешние источники энергии и управление по команде от датчиков, фиксирующих параметры среды в трубопроводе. Используется также автоматическое управление непосредственно от рабочей среды. В современной промышленности уже редко, но все же встречается, основной способ управления регуляторами в прошлом — ручное управление.

В зависимости от параметров рабочей среды (давления, температуры, химического состава и др.) к каждому виду регулирования предъявляются различные требования, что привело к появлению множества конструктивных типов регулирующей арматуры. С точки зрения автоматизации промышленных предприятий каждый из них рассматривается как элемент системы автоматического управления технологическим процессом, протекающим с участием жидких и газообразных рабочих сред и регулирующимся под воздействием получаемой командной информации.

Основные виды конструкций:

Регулирующий клапан: Эти устройства получили наибольшее распространение среди различных типов регулирующей арматуры. Большинство из них весьма схожи по конструкции с запорными клапанами, но есть и свои специфические виды.

По направлению потока рабочей среды регулирующие клапаны делятся на:

- проходные — такие клапаны устанавливаются на прямых участках трубопровода, в них направление потока рабочей среды не изменяется;
- угловые - меняют направление потока на 90°;
- трехходовые (смесительные) — имеют три патрубка для присоединения к трубопроводу (два

входных и один выходной) для смешивания двух потоков сред с различными параметрами в один. В сантехнике такое устройство имеет название смеситель.

Основные различия регулирующих клапанов заключаются в конструкциях регулирующих органов, по этому признаку они разделяются на:

- односедельные;
- двухседельные;
- клеточные;
- мембранные;
- золотниковые.

Для управления регулирующими клапанами используются электроприводы, электромагнитные приводы и пневмоприводы. Чтобы усилия от среды и сила трения в направляющих и уплотнении не приводили к снижению точности работы клапана, используются дополнительные устройства —

Запорно-регулирующий клапан: С помощью этого устройства осуществляется как регулирование по заданной характеристике, так и уплотнение затвора по нормам герметичности для запорной арматуры, что обеспечивается специальной конструкцией плунжера, имеющего профильную часть для регулирования, а также уплотнительную поверхность для плотного контакта с седлом в положении «закрыто»; такая конструкция является двухседельной.

Смесительные клапаны: Используются в тех случаях, когда необходимо в определенных пропорциях смешивать различные среды, например холодную и горячую воду, выдерживая постоянным какой-либо параметр (например, температуру) или изменяя его по заданному закону. Отличие смесительных клапанов от регулирующих заключается в том, что управляющее воздействие, задающее положение плунжера во первых, определяет расходы одновременно двух сред, а не одной, как в регулирующих клапанах. Также как и регулирующие клапаны, смесительные могут управляться с помощью электрического или пневматического привода.

Регуляторы давления прямого действия: Регуляторы прямого действия служат для поддержания постоянного давления в трубопроводе, эта необходимость может возникнуть в реальных рабочих условиях, когда в нём происходят колебания давления рабочей среды, недопустимые для нормальной работы технологической системы или установки.

В отличие от арматуры непрямого действия, в которой для непрерывного регулирования нужно отслеживать специальными датчиками состояние контролируемого параметра и при его отклонении от нормы выдавать командный сигнал приводу, регулятор прямого действия срабатывает непосредственно от среды в контролируемом участке трубопровода без использования посторонних источников энергии. Кроме таких регуляторов, арматурой прямого действия являются предохранительные клапаны, относящиеся к предохранительной арматуре и обратные клапаны, относящиеся к защитной арматуре.

Регулирование давления может производиться после регулятора (по направлению потока среды), в этом случае регулятор называют «После себя», или перед ним, в этом случае он называется «До себя».

Принцип работы:

Предположим, что заданному номинальному давлению в трубопроводе соответствует установившийся поток среды через регулятор, при этом усилие от давления среды на чувствительном элементе компенсируется задатчиком нагружения (пружиной или грузом), то есть система находится в равновесии. При изменении давления в трубопроводе это равновесие нарушается и затвор арматуры перемещается, преодолевая усилие от задатчика, или наоборот, поддаваясь ему, при этом изменяется степень открытия регулирующего органа, а следовательно и расхода среды. С изменением расхода меняется давление и, при достижении исходного его значения, система снова приходит в равновесие и затвор прекращает двигаться.

Наиболее часто встречаются регуляторы прямого действия, оснащенные мембранными приводами. Присоединение регуляторов к трубопроводу, как правило, фланцевое, однако, встречаются регуляторы малых диаметров с резьбовым соединением (муфтовые).

Регулятор уровня: Регуляторы уровня используются в сосудах, применяемых в энергетических, холодильных и других установках. Управляются они поплавком, по команде от которого происходит выпуск дополнительного количества жидкости («регулятор питания») или выпуск избыточного количества жидкости («регулятор перелива»).

Также могут использоваться в качестве регулирующей арматуры, но значительно реже, другие типы:

- регулирующие заслонки, управляемые пневмо- или электроприводом;
- регулирующие шаровые краны, управляемые пневмо-, гидро-, или электроприводом;
- регулирующие задвижки с электроприводом.

Таким образом, в работе было рассмотрено значительное количество различных клапанов, регуляторов уровня жидкости, регуляторов давления. Обзор показал, что основные конструктивные особенности, исполнение и технические характе-

ристики определяются их сферой применения и во многом зависят от той среды и тех условий в которых устройство будет применяться.

Литература

1. Пашков Е.Н. Определение времени автоматической балансировки ротора при установившейся скорости // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 476-482.
2. Саруев Л.А., Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Кузнецов И.В. Силовой механизм сваебойной машины // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 482-485.
3. Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Юровский П.Г. Повышение эффективности бурения шпуров применением безбойковой гидроимпульсной системы // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 521-527.
4. Зиякаев Г.Р., Пашков Е.Н., Урниш В.В. Влияние трения на точность автоматической балансировки роторов // В мире научных открытий. 2013. № 10.1 (46). С. 104-117.
5. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // Фундаментальные исследования. 2012. № 6-3. С. 596-600.
6. Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития. 2012. № 1. С. 225-229.
7. Мартюшев Н.В. Использование информационных технологий в образовательном процессе // В мире научных открытий. 2012. № 5. С. 25-38.
8. Мартюшев Н.В. Сетевые информационные технологии в образовании // В мире научных открытий. 2012. № 5.1. С. 208-220.
9. Мартюшев Н.В. Триботехнические свойства свинцовосодержащих бронз // Известия высших учебных заведений. Физика. 2012. Т. 55. № 5-2. С. 201-204.
10. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2008. № 3. С. 19-23.
11. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // Литейное производство. 2008. № 5. С. 10-11.
12. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 68.
13. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 403.

АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОГРУЖЕНИЯ ЗАБИВНЫХ СВАЙ

Всяких К. А.

Томский политехнический университет

epashkov@tpu.ru

Для устройства свайных фундаментов применяют забивные, винтовые и набивные сваи. Два первых типа свай изготавливают на заводах, а третий устраивают на месте из монолитного железобетона или в сочетании со сборными элементами заводского изготовления. В настоящее время на стройках массовое применение (более 90 % от общего объема применяемых свай) получили главным образом забивные железобетонные сваи квадратного сечения 0,2x0,2...0,4x0,4м длиной до 20м. Для интенсификации процесса погружения забивных свай реализуются два основных направления: создание технических средств, с помощью которых можно обеспечить требуемые для погружения свай нагрузки при уменьшенной массе оборудования, и средств, изменяющих силовое взаимодействие сваи с грунтом по разделяющим их поверхностям и уменьшающим тем самым сопротивление грунта погружению сваи, что в конечном счете приводит к снижению требуемых внешних нагрузок, а следовательно, и к меньшей массе оборудования. В первом случае применяют сваебойное оборудование — свайные молоты, копры и копровое оборудование, которые передают свае ударную нагрузку. Дополнительно к вдавливающей нагрузке, которая передается в виде сил гравитации — собственных и взаимодействующих с ней рабочих органов, свае передается часть кинетической энергии падающего на нее ударного рабочего органа. Ударный метод погружения свай широко применяют в строительстве, практически в любых грунтовых условиях, кроме скальных.

Наиболее массово для забивки свай используют копры и копровое оборудование. Сваи заводского изготовления погружают в грунт с помощью копров, перемещающихся по свайному полю на собственном, обычно рельсовом, ходу. Копры служат для подъема и установки свай перед погружением в требуемой точке свайного поля и обеспечения их направления при погружении вместе с погружателем.

Копер состоит из нижней рамы с ходовыми тележками, поворотной платформы, опирающейся на нижнюю раму через опорно-поворотное устройство, с расположенными на ней силовой установкой (обычно электрической), механизмами (в том числе одной или двумя лебедками для подъема и установки в рабочее положение сваи и погружателя), органами управления, кабиной и противовесом, мачты и механизмов для изменения ориентации мачты относительно платформы. В зависимости от принятой технологии работ копер

комплектуется свайными молотами, вибропогружателями или вибромолотами. Базовая часть копра — нижняя рама, ходовые устройства, поворотная платформа с опорно-поворотным устройством, а также грузоподъемные механизмы по своему устройству и принципу работы сходны с аналогичными узлами самоходных кранов.

Рабочий процесс копра состоит из его передвижения к месту установки сваи, ее строповки, подтягивания, установки на точку погружения по предварительно выполненной разметке, выверке правильности ее положения, закрепления на свае наголовника, предохраняющего ее от разрушения при ударном погружении, установку на сваю погружателя, расстроповку сваи, ее погружение с последующей выверкой направления, подъем погружателя и снятие с погруженной сваи наголовника. Для передвижения копра используют собственное ходовое оборудование. Если размеры и конфигурация свайного поля таковы, что с одной установки рельсового пути нельзя погрузить в грунт все сваи, то для работы используют несколько копров, работающих каждый на своем рельсовом пути, или перекаладывают рельсовый путь после выполнения работ с прежней его установки. После перемещения копра его надежно стопорят стояночными тормозами или другими устройствами.

Для выполнения всех грузоподъемных операций используют одну двухбарабанную или две однобарабанные лебедки раздельно для подъема сваи и погружателя. Для правильной установки сваи и ее фиксирования в требуемом начальном положении мачту оборудуют упорами, иногда за хватами в ее нижней части. Для наводки сваи на требуемую точку свайного поля требуется две степени свободы мачты. Обычно это достигается поворотом платформы и изменением вылета мачты. Еще одна степень свободы нужна для корректировки направления последующего движения сваи в процессе ее погружения.

При параллелограммной схеме подвески мачты к поворотной платформе вылет мачты изменяется гидроцилиндрами, а ее наклон — гидроцилиндром. Копры, у которых мачты обладают описанными выше тремя степенями свободы, называют универсальными. При отсутствии одной какой-либо из этих степеней свободы копер называют полууниверсальным, а при наличии только поворотного в плане движения — простым. Рабочий цикл простых копров по сравнению с универсальными и полууниверсальными более продолжитель-

лен за счет увеличения затрат времени на вспомогательные операции, которые в среднем составляют более половины продолжительности всего рабочего цикла. В строительстве применяют также копры на гусеничном ходу, изготовленные на базе одноковшовых экскаваторов.

Для работы в особых условиях отдельные узлы копров могут быть существенно изменены. Так, для работы в котлованах большой протяженности применяют специальные мостовые копры в виде стальной фермы, передвигающейся на тележках по рельсам, уложенным на противоположных бровках котлована. Поворотная платформа в этом случае заменяется перемещающейся вдоль мостовой фермы тележкой.

В промышленном и гражданском строительстве широко применяют копровое оборудование, навешиваемое на различные базовые машины (тракторы, автомобильные краны, одноковшовые экскаваторы). Отечественная промышленность выпускает копровое оборудование для работы со сваями длиной 3...12 м. Копровое оборудование на базе тракторов класса 100 кН автономно по энергообеспечению, маневренно на строительной площадке, надежно в эксплуатации. Его недостатком являются большие затраты времени на маневровые движения трактора при установке сваи в заданную точку свайного поля. Мачту располагают сбоку (боковая навеска), сзади или спереди трактора (фронтальная навеска). По сравнению с фронтальной боковая навеска улучшает обзорность рабочей площадки, позволяет повысить производительность оборудования, исключив в некоторых случаях, особенно при линейном однорядном расположении свай, непроизводительные маневровые движения машины при переходах к новому рабочему месту.

Анализ работы копров и копрового оборудования показывает, что навесное оборудование на базе автомобильных кранов применяют при малых рассредоточенных объемах свайных работ и необходимости быстрого перебазирования (пробные сваи при инженерно-геологических исследованиях, строительство линий электропередач, трубопроводов большой протяженности и др.).

Литература

1. Пашков Е.Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ РОТОРА ПРИ УСТАНОВИВШЕЙСЯ СКОРОСТИ // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 476-482.
2. Саруев Л.А., Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Кузнецов И.В. СИЛОВОЙ МЕХАНИЗМ СВАЕБОЙ-

НОЙ МАШИНЫ // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 482-485.

3. Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Юровский П.Г. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРЕНИЯ ШПУРОВ ПРИМЕНЕНИЕМ БЕЗБОЙКОВОЙ ГИДРОИМПУЛЬСНОЙ СИСТЕМЫ // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 521-527.

4. Зиякаев Г.Р., Пашков Е.Н., Урниш В.В. ВЛИЯНИЕ ТРЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ АВТОМАТИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ РОТОРОВ // В мире научных открытий. 2013. № 10.1 (46). С. 104-117.

5. Мартюшев Н.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ // Фундаментальные исследования. 2012. № 6-3. С. 596-600.

6. Мартюшев Н.В. РАЗРУШЕНИЕ ОТЛИВОК ИЗ БИНАРНЫХ СВИНЦОВИСТЫХ БРОНЗ // Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития. 2012. № 1. С. 225-229.

7. Мартюшев Н.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ // В мире научных открытий. 2012. № 5. С. 25-38.

8. 2012. № 5.1. С. 208-220.

Мартюшев Н.В. СЕТЕВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ В мире научных открытий.

9. Мартюшев Н.В. ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВИНЦОВОСОДЕРЖАЩИХ БРОНЗ // Известия высших учебных заведений. Физика. 2012. Т. 55. № 5-2. С. 201-204.

10. Мартюшев Н.В. ЛЕГИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ОТЛИВОК С ПОМОЩЬЮ ОБМАЗОК ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2008. № 3. С. 19-23.

11. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. ПОТЕРИ ЛЕГКОПЛАВКОЙ ФАЗЫ ПРИ ВЫПЛАВКЕ И ЗАТВЕРДЕВАНИИ СВИНЦОВИСТЫХ БРОНЗ // Литейное производство. 2008. № 5. С. 10-11

12. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 68.

13. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 403.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРЕДАЧ С ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

Ивкина О.П.

Томский политехнический университет

epashkov@tpu.ru

Идея использования в механических передачах промежуточных тел относится к трудам Леонардо да Винчи. Однако такие передачи стали объектом подробного исследования только с середины прошлого века. Первые механизмы с зацеплением посредством промежуточного тела появились в патентной литературе еще в начале XX века, но практического применения и широкого распространения в технике тех лет не получили. Несмотря на многолетнюю историю, вопрос классификации механических передач с зацеплением посредством третьего тела до сих пор остается открытым. Вопросом классификации передач данного типа занимались многие авторы [1–4], однако установленные ими классификационные признаки приводят к ряду противоречий, в связи с чем, одна и та же схема передачи может быть отнесена к двум или более видам [5].

Переходя непосредственно к классификации механических передач с зацеплением посредством третьего тела отметим, что под промежуточным телом в данной работе подразумеваются тела вращения (шарика либо ролики). Рассматриваются передачи с неподвижными осями вращения колес.

Итак, все многообразие механических передач с зацеплением посредством третьего тела и неподвижными осями можно разделить на две большие группы: 1) механические передачи с промежуточными телами; 2) механические передачи с промежуточными телами качения.

К первой группе относятся передачи, в которых промежуточные тела устанавливаются в обойме, рис. 1, тем самым они выполняют роль зубьев колес. Конструкции передач данной группы очень разнообразны, но в кинематическом отношении не отличаются от соответствующих передач с эвольвентным, спироидным и др. типами зацеплений.

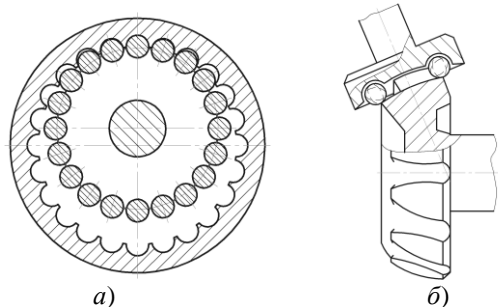


Рис.1. Механическая передача с промежуточными телами: а) с параллельными осями; б) с пересекающимися осями

Передачи, относящиеся к первой группе, классифицируются по признакам аналогичным для классификации передач с эвольвентным зацеплением: расположение осей, форма поверхности колес, форма зуба (промежуточного тела) и т.д.

Ко второй группе относятся механические передачи на основе зацепления посредством промежуточного тела, в кинематическом отношении существенно отличается от передач на основе эвольвентного, спироидного, эксцентрикоциклоидального и др. типов зацепления.

В самом простом исполнении передача с промежуточными телами качения представляет собой дифференциальный механизм, рис. 4, состоящий из зубчатых колес – 1 и 2, промежуточных тел качения – 3 и сепаратора – 4. В качестве ведущего звена может выступать одно из зубчатых колес, либо сепаратор. Движение снимается с двух других свободных звеньев, при этом одно из свободных звеньев может быть неподвижным, тогда передача работает по принципу редуктора или мультипликатора. Еще одной особенностью, отличающей передачи с промежуточными телами качения от всех остальных, является возможность объединить в себе зубчатую и фрикционную передачи, рис. 5.

Представленная на рис. 5 передача с промежуточными телами качения состоит из фрикционного колеса – 1, зубчатого колеса – 2, промежуточных тел качения – 3 и сепаратора – 4. Сепаратор – 4 выполнен с продольными пазами, в которых расположены промежуточные тела качения – 3. Дорожка качения, выполненная на фрикционном колесе – 1 подобна дорожкам, выполняемым на кольцах шарикоподшипников. Конструкция передачи, рис. 5, должна исключать взаимное смещение фрикционного колеса – 1, зубчатого колеса – 2 и сепаратора – 4.

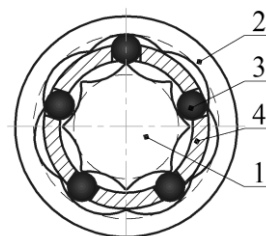


Рис.3. Зубчатая передача с промежуточными телами качения и параллельными осями: 1) зубчатое колесо; 2) зубчатое колесо; 3) промежуточное тела качения; 4) сепаратор

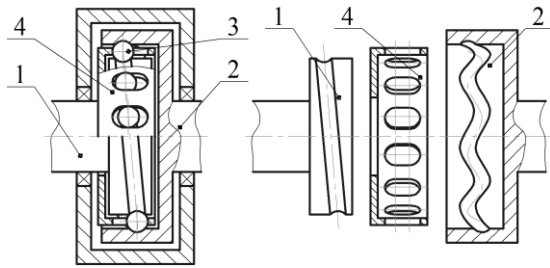


Рис.4. Фрикционно-зубчатая передача с промежуточными телами качения: 1) фрикционное колесо; 2) зубчатое колесо; 3) промежуточное тело качения; 4) сепаратор

Отмеченные особенности передач с промежуточными телами качения (дифференциальность схемы и возможность объединения фрикционной и зубчатой передач) привели к возникновению множества конструктивных схем, что в свою очередь затрудняет классификацию передач данного типа.

В связи с этим считаем целесообразным вторую группу разбить на три подгруппы: а) фрикционные; б) фрикционно-зубчатые; в) зубчатые. Внутри каждой подгруппы передачи с промежуточными телами качения классифицируются по общепринятым признакам: пространственное расположение осей, тип формообразующей поверхности и т.д.

К подгруппе а) данной классификации относятся подшипники качения и редуктора, выполненные по схеме подшипника качения. Примером может служить передача, описанная в работе [6]. К подгруппе б) относятся передачи с промежуточными телами качения, в составе которой имеются как фрикционные, так и зубчатые колеса, рис. 4. К подгруппе в) относятся передачи с промежуточными телами качения, в которых передача движения от одного зубчатого колеса к другому передается посредством промежуточного тела, рис. 3.

На рис. 5 приведена схема, дающая представление о классификации механических передач с зацеплением посредством третьего тела. Данная классификация охватывает существующие передачи на основе зацепления посредством третьего тела, а также те, которые пока еще не имеют конструктивного воплощения.



Рис. 5. Классификация механических передач с зацеплением посредством третьего тела

Предложенная классификация не претендует на совершенство и в порядке обсуждения и сопоставления различных взглядов должна помочь найти пути к решению вопроса о типизации механических передач с зацеплением посредством третьего тела.

Отметим также, что аналогичный подход к рассмотрению планетарных передач на основе зацепления посредством третьего тела позволяет классифицировать их по признакам аналогичным тем, что предложены в работе [7].

Литература

1. Пашков Е.Н. Определение времени автоматической балансировки ротора при установившейся скорости // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 476-482.
2. Саруев Л.А., Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Кузнецов И.В. Силовой механизм свабойной машины // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 482-485.
3. Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Юровский П.Г. Повышение эффективности бурения шпуров применением безбойковой гидроимпульсной системы // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 521-527.
4. Зиякаев Г.Р., Пашков Е.Н., Урниш В.В. Влияние трения на точность автоматической балансировки роторов // В мире научных открытий. 2013. № 10.1 (46). С. 104-117.
5. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // Фундаментальные исследования. 2012. № 6-3. С. 596-600.
6. // Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития. 2012. № 1. С. 225-229.
7. Мартюшев Н.В. Использование информационных технологий в образовательном процессе // В мире научных открытий. 2012. № 5. С. 25-38.
8. Мартюшев Н.В. Сетевые информационные технологии в образовании // В мире научных открытий. 2012. № 5.1. С. 208-220.
9. Мартюшев Н.В. Триботехнические свойства свинцовосодержащих бронз // Известия высших учебных заведений. Физика. 2012. Т. 55. № 5-2. С. 201-204.
10. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2008. № 3. С. 19-23.
11. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // Литейное производство. 2008. № 5. С. 10-11

АВТОМАТИЗАЦИЯ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНОГО НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА

А.М.

Альметьевский государственный нефтяной институт
saturn-s5@mail.ru

Введение

Так как насосы и насосные станции технологических процессов сбора, поддержания пластового давления, транспорта и подготовки нефти составляют более 50 % в общей смете затрат на электроэнергию нефтегазодобывающего предприятия, актуальным вопросом является разработка и применение систем интеллектуального управления для повышения энергоэффективности данных процессов. В данной работе предложена система управления электроприводом насосной станции на основе трехмерного нечеткого логического регулятора, входные и выходные переменные которого представлены совокупностью термов с прямоугольной формой функции принадлежности (четких термов). Данная система позволяет стабилизировать уровень нефти на отметке 2,5 м. с абсолютной погрешностью $\pm 0,2$ м., а также повысить показатели качества подготовки нефтяной эмульсии на установке подготовки нефти.

Насосы и насосные станции систем сбора, поддержания пластового давления, транспорта и подготовки нефти являются важными объектами в нефтегазодобывающей сфере, так как обеспечивают:

- сбор и первичную подготовку продукции скважин на дожимных насосных станциях (ДНС), расположенных в непосредственной близости к автоматизированным групповым замерным установкам (АГЗУ);

- подготовку подтоварной воды на установках предварительного сброса воды (УПСВ) и ее дальнейшую перекачку на кустовые насосные станции (КНС);

- обеспечение метрологических показателей узлов измерения количества и качества продукции скважин на каждом из этапов;

- транспорт товарной нефти с установки подготовки нефти (УПН) в магистральные трубопроводы при помощи нефтеперекачивающих насосных станций (НПС), расположенных на расстояниях до 15 км [1, 2].

Следовательно, актуальной является задача энергосбережения и повышения эффективности работы насосных станций системы сбора, поддержания пластового давления, транспорта и подготовки нефти. Решение поставленной задачи возможно путем разработки и применения новых систем автоматизации данных технологическим процессом, так как анализ традиционных схем регулирования процессами на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии, основанных на пропорционально-интегрально-дифференциальных

(ПИД) регуляторах показал, что на наиболее сложных объектах регулирования традиционные ПИД-регуляторы недостаточно эффективны в силу ряда особенностей и специфики протекания данных технологических процессов [3].

Технологическая схема рассматриваемой насосной станции включает в свой состав два асинхронных электродвигателя (АД), преобразователь частоты, микропроцессорный контроллер, центробежные насосы (основной $H-1$ и резервный $H-2$), трубопроводную арматуру и резервуар ($E-3$).

На рисунке 1 изображена концептуальная модель рассматриваемой насосной станции, имеющая иерархическую структуру. На первом уровне иерархии входными переменными являются $Q_{33} = Q_{вх}$ – расход через клапан $K-33$ поступающей эмульсии в резервуар, Q_{20} , Q_{21} – расход эмульсии на выходе насосов $H-1$ и $H-2$, а также $GS_1 \div GS_6$ – датчики контроля герметичности трубопроводов и резервуара [4].

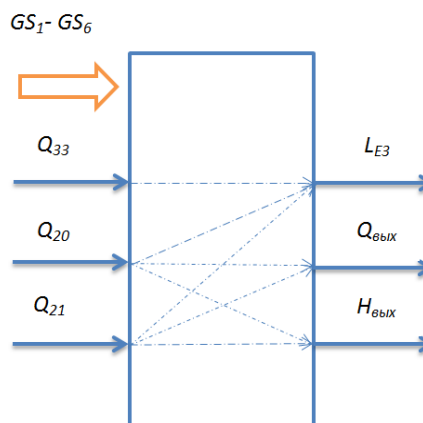


Рис. 1. Концептуальная модель нефтеперекачивающей насосной станции

Расход нефтяной эмульсии на клапане $K-33$ влияет на напор и расход нефтяной эмульсии на выходе насосов $H-1$ и $H-2$, т.е. на переменные – H_1 , $Q_{вых1}$ и H_2 , $Q_{вых2}$, а также на уровень L_{E3} в резервуаре. По своей природе функция $L_{E3} = f(Q_{33}, Q_{20}, Q_{21})$, т.е. является функцией трех аргументов. Поэтому рассматриваемую насосную станцию можно характеризовать как многосвязный нелинейный объект управления с размерностью, равной трем [5].

Для повышения качества управления насосной станцией необходимым условием является быстрый отклик скорости электродвигателя и перемещения управляемых клапанов на внешние воздействия и обеспечение заданного значения

контролируемых параметров (расход, напор и уровень).

Непрерывное изменение подачи нефти на данную насосную станцию приводит к колебаниям расхода и давления нефти в трубопроводе, что снижает качество управления технологическими процессами. В следствие чего ПИД-регуляторы нуждаются в периодической и трудоемкой настройке, а следовательно повышаются эксплуатационные затраты на систему управления. Для повышения энергоэффективности и качества процесса управления предлагается использовать многомерный нечеткий логический регулятор, входные и выходные переменные которого представлены совокупностью термов с прямоугольной формой функции принадлежности, т. е. четких термов [6-7].

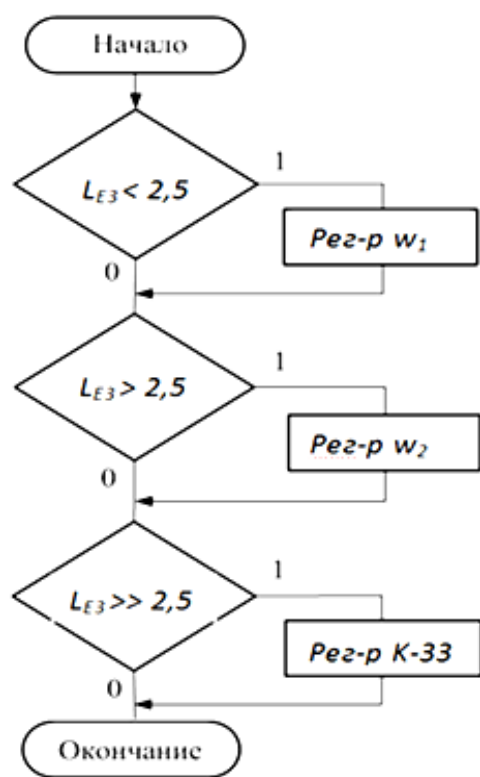


Рисунок 2 – Логическая схема алгоритма контроля технологического процесса насосной станции

Электродвигатели и клапан К-33 управляются сигналами микропроцессорного контроллера (МПК), который получает информацию с датчиков: угловых скоростей электродвигателей, положения рабочего органа клапана К-33 (закрытие клапана в %), давления и уровня жидкости в резервуаре LE3. Уровень в резервуаре НС должен поддерживаться на отметке 2,5 метра (высота резервуара – 5м., длина – 10,2 м., и объем 200 м3). Логическая схема алгоритма управления техно-

логическим процессом представлена на рисунке 2. Из неё следует, что регуляторы w_1 , w_2 и К-33 включаются в работу при истинности операторов условного перехода ($L_{E3} > 2,5$ м) и ($L_{E3} \gg 2,5$ м).
Заключение

Таким образом, предложена система управления электроприводом насосной станции на основе трехмерного нечеткого логического регулятора, входные и выходные переменные которого представлены совокупностью термов с прямоугольной формой функции принадлежности [8-9]. Данная система позволяет стабилизировать уровень нефти на отметке 2,5 м. с абсолютной погрешностью $\pm 0,2$ м., а также повысить показатели качества подготовки нефтяной эмульсии на установке подготовки нефти.

Литература

1. Силаш А.П. Добыча и транспорт нефти и газа. Часть 2. Пер. с англ. – М., Недра, 1980, 264 с.
2. Каяшев А.И., Емекеев А.А., Сагдатуллин А.М. Аналитическое исследование системы автоматизации электропривода насосной станции // НЕФТЯНОЕ ХОЗЯЙСТВО. 2014. № 1. С. 94-97.
3. Каяшева Г. А., Муравьева Е. А., Байманов И. Ф. Дискретно-логическая система регулирования величины рН электролита в производстве хлора методом электролиза // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2008. № 1. С. 10–13.
4. Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А. Схема комплексной автоматизации электропривода насосной станции // Патент России № 136504, заявка № 2013131974/07 (047770). Дата приоритета: 09.07.2013.
5. Сагдатуллин А.М. Программа изучения системы управления высоковольтным асинхронным электроприводом // Свидетельство № 2014611769. Зарег. 10 февраля 2014 г. М.: Роспатент, 2014.
6. Сагдатуллин А.М. Система управления высоковольтным асинхронным электроприводом // Свидетельство № 2014612227. Зарег. 21 февраля 2014 г. М.: Роспатент, 2014.
7. Сагдатуллин А.М., Каяшев А.И., Емекеев А.А. Патент РФ № 140350, заявка № 2013151910/07(080943). Устройство плавного пуска и регулирования режимов работы группы высоковольтных асинхронных электродвигателей. Опубликовано: 10.05.2014 Бюл. № 13.
8. Управление технологическими процессами, реализованное на четких логических регуляторах / М. Б. Гузаиров, Е. А. Муравьева. М.: Машиностроение, 2012. 305 с.
9. Патент «Четкий логический регулятор для управления технологическими процессами» / А. И. Каяшев, Е. А. Муравьева, Р. Ф. Габитов // №2445669 от 20.03.2012.

TECHNOLOGICAL PROCESSES MANAGEMENT BY FUZZY CONTROLLERS WITH MULTIDIMENSIONAL PRECISE TERMS FUZZY REGULATOR

Artur Sagdatullin¹, Elena Muravyova²

¹Almetyevsk State Oil Institute, ²Ufa State Oil Technical University

saturn-s5@mail.ru

Introduction

Fuzzy control turned out to be unacceptable in the control systems for high speed technological processes (like production of explosives) and precise ones (like numerically controlled machine tools, robotics), as well as for inertial objects with prolonged pure time delay (calcination and reagents heating furnaces, reactors, etc.) For these same reasons, there are big problems in the synthesis of multidimensional SFC (MSFC).

The SFC structure redundancy which leads to its response time increase is that the current and preset values of the controlled parameter in real-time mode is double compared as:

- continuous analog function in the software autonomous comparator in a precise (analog) format;
- terms in the antecedent of the controller production rules when the conditional part of a single production rule is an elementary comparator, and all the antecedents of the controller productions system implements a procedure-distributed comparator. The analysis of the above mentioned procedures of comparison shows that the second option is more preferable for the fuzzy controllers.

However, the main reason of the SFC long response time is unconditional execution in each microprocessor scanning cycle of the entire program that implements dozens or hundreds of a fuzzy controller production rules, although the up-to-date information for the current control, as a rule, contained just in several of these rules. The main source of SFC control error is a complex defuzzification algorithm, when the analog value of the control action is determined by the center of gravity, as well as by the first or the last minimum, etc. of the resulting membership functions of complex shape. Therefore, it is no incident that defuzzification error in the SFC can reach no less than 125% [7]. Due to the gross control error and the low speed give rise to great difficulties while implementing the multidimensional SFC (MSFC), so indispensable for the automation of the complex, multiple control objects, whose operative algorithm can only be represented verbally. The efficiency of controlling of such objects is as a rule highly relevant, they are of great socio-economic significance for the modern society.

The SFC simulation approach which seems to be particularly contradictory in simulating dynamic processes using the operations of differentiation and integration. It would seem that the approval of the SFC use for automation of complex nonlinear high-order objects having no precise or adequate mathematical models utterly eliminates using the above mentioned

operations in their structure. Nevertheless, in many SFC [3, 4, 7], the fuzzificators inputs are fed in addition to the mismatch (error) function its first derivative and integral, although in the verbal description of the control objects a mismatch itself is represented in the verbal form.

Theory

To eliminate these drawbacks of standard SFC it is offered input and output SFC variables to interpret by the set of non-overlapping precise terms $T_{1p} - T_{np}$ (Fig. 1) [5]. As a result, SFC transforms to a fuzzy controller with input/output parameters represented by set of precise terms (FCwPT), whereas the terms $T_{1p} \div T_{np}$ having a rectangular shape of membership function (within each precise term $\mu(p) = 1$), by their nature are transformed into logical arguments of binary logic. This is expressed mathematically by the following relation:

$$\mu_{ii}(p) = \begin{cases} 1, & \text{if } p_{i-1} \leq p < p_i, \text{ i.e. } p \in T_{ip}; \\ 0, & \text{if } p_{i-1} > p \geq p_i, \text{ i.e. } p \notin T_{ip}, \end{cases} \quad (1)$$

where $i = \overline{(1 \div n)}$ – the number of the parameter p term. For example, for a term T_{1p} $i = 1$, $\mu_{11p}(p) = 1$ for $0 \leq p < p_1$. In all other cases, $\mu_{ii}(p) = 0$.

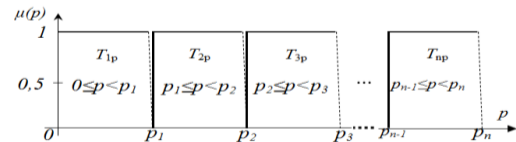


Fig. 1. Interpretation of the parameter p by the set of n precise term

Analytically, the base term-set, shown in Fig. 2 can be represented by the following expression:

$$T(p) = \{T_1(0 \leq p < l), T_2(l \leq p < 2l), T_3(2l \leq p < 3l), \dots, \quad (2)$$

$$T_i((i-1)l \leq p < il), T_n((n-1)l \leq p < nl)\},$$

where l – a width of the precise term. In order to more compact expression (2) can be written in abbreviated form:

$$T(p) = \sum_{i=1}^n T_i((i-1)l \leq p < il). \quad (3)$$

Summation sign in expression (3) denotes the set of precise terms. From Fig. 2 and the expression (1) it follows that instead of the three types of uncertainty (Fig. 1), remained one it is uncertainty within the range of universal real axis, covered by the considered precise term and at any instant the only one term is equal to the logical unit. Within such a term the current value of the parameter p is located, expressed in a precise format. It is obvious that it cannot simultane-

ously have multiple meanings, as it contradicts common sense. There is another no less important conclusion which follows from the uniqueness of the precise term with a single value (logical) in the term set, interpreting the FCwPT input and output variables: in the production rules system of a fuzzy controller with precise terms at any instant only one rule antecedent is equal to the logical unit.

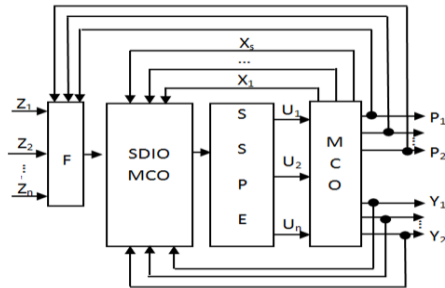


Fig. 2. The block diagram of a multidimensional fuzzy controller with precise terms

However, the possibility of the algorithm diagram to improve MFCwPT performance much wider, since each scanning cycle not the entire controller production rules system is executed, but only one rule, whose antecedent is currently equal to a logical unit. And to find that rules the standard procedure of applying to the subprogram is used, which, as of today, well minimized by microprocessor time and storage capacity. Block diagram is developed based on the multidimensional fuzzy controller with interval uncertainty operative algorithm [6] (Fig. 2), consisting of four main blocks: F – fuzzifier, SDIO MCO – scanning of discrete input ($X_1 \div X_s$) and output ($Y_1 \div Y_k$) variables of the multiple control object, where s and k – their number respectively; SSPE – situational subprogram execution; MCO – multiple control object with n controlled parameters. Fuzzifier F has inputs of presetting actions ($Z_1 \div Z_n$) and feedbacks ($P_1 \div P_n$). Its output is connected to the SSPE MCO block, to whose inputs discrete input ($X_1 \div X_s$) and output ($Y_1 \div Y_k$) variables of the control object are fed. The SSPE MCO block output is connected to the SSPE block input, whose output signals ($U_1 \div U_{In}$) in an analog (precise) format is submitted to the actuator of the multiple control object [9-11].

Conclusions

1. In intelligent systems for process control, presented by a verbal model, fuzzy controllers with input/output parameters represented by set of precise terms are an adequate alternative to fuzzy logic controllers.
2. Compared with standard fuzzy controllers in multidimensional fuzzy controllers with input/output parameters represented by set of precise terms, due to their slight error and high speed, mutual impact of the control loops can be compensate more effectively.
3. Precise terms binary logical nature allows in the production rules antecedents of a multidimensional fuzzy controller with interval uncertainty use not only

the input variables terms but also output ones, as well as input and output control object discrete variables.

Acknowledgment

The authors would like to thank the Alexander Kayashev and Elena Muravyova, Doctors of Technical Sciences for the basic support, and also wish to thank the organizers of the conference (ME-ACS2014).

References

1. Gostev V.I. Design of fuzzy controllers for automatic control systems. – St. Petersburg.: BHV-Petersburg, 2011 – 411 p.
2. Verevkin A.P., Kiryushin O.V. Automation of technological processes and industries in oil refinery and petrochemical industries. – Ufa: publishing office UGNTU, 2005. – 171 p.
3. Vasilyev V.I, Ilyasov B.G. Intelligent control systems. Theory and Practice: Textbook. – M.: Radio-technika, 2009. – 392 p.
4. Demenkov N.P. Fuzzy control in engineering systems: Teaching guide.-M.: MGTU named after N.E. Bauman, 2005. – 200 p.
5. Muravyova E.A., Baimanov I.F., Kayasheva G.A. The fuzzy system of pH value control in electrolyte in chlorine manufacture via the electrolysis route // Automation, telemetry and communication in oil industry. – 2008. – №1. – pp. 10-13.
6. Muravyova E.A., Kayashev A.I., Gabitov R.F. The precise logic controller for process control. RF patent № 2445669. Published on: 3/20/2012. Bulletin. Number 8.
7. Leonenkov A.V. Fuzzy Simulation in MATLAB and Fuzzy TECH.-SPb.: BHV-Petersburg, 2005. – 736 p.
8. Antipin A.F. A comparative analysis of discrete-logic controller speed / Software and Systems, 2010. - № 1 (89). - pp. 75-77.
9. Emekeev A.A., Sagdatullin A.M., Muravyeva E.A. Representation of process parameters pump stations by term set with a rectangular shape of the membership function // Proceedings of the 16th International Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2014, Sheffield, England, September 16-22, 2014). – 2014. – Vol. 1. – pp. 138-141.
10. Sagdatullin A.M. Improving the operation mode of the booster pump station electric drive of oil and gas company // Oil & Gas Horizons: book of abstracts of The Third International Student Scientific and Practical Conference, Moscow, Russian Federation, 14-15 November, 2011. Moscow: publishing house of Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2011. p. 109.
11. Sagdatullin A.M. Modeling of starting transient processes of booster pump station electric drive based on developed mathematical model // X-th International Yough Oil & Gas Forum: OFFSHORE. DIVE INTO THE FUTURE: Abstracts, Almaty, 2013. pp. 127-129.

УПРАВЛЕНИЕ ДИАМЕТРОМ ПЛАСТИКОВОЙ НИТИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСТРУЗИИ

Тхан В.З., Берчук Д.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
dungvietthan@gmail.com

Введение

В промышленной отрасли использование систем автоматизированного управления возрастает с каждым годом. Требования к точности, надежности и скорости обработки информации также стремительно увеличиваются. Появляются новые отрасли, где необходимо проектировать автоматизированные системы высокой точности. Одной из таких отраслей в настоящее время является 3D печать.

Наиболее распространенным методом 3D печати является FDM (Fused Deposition Modeling), где используется пластиковая нить диаметром 1.75 или 2.85 мм. Для производства расходных материалов к FDM 3D-принтерам используется экструдер, устройство которого приведено на рис. 1

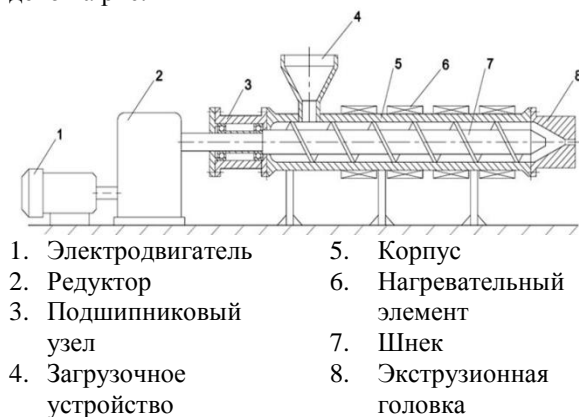


Рис 1. Установка экструдера

Проблема минимального изменения диаметра полимерного материала

В настоящее время существует много видов экструдеров, и большинство из них используют схему мониторинга диаметра без обратной связи.

Экструдер без обратной связи не способен реагировать на внешние возмущающие воздействия в виде изменения температуры окружающего воздуха, изменения состава сырья и т.п.

Требования к пластиковой нити в области изменения диаметра ± 0.05 мм по всей длине, что вынуждает использовать высокоточное оборудование в виде лазерных измерителей диаметра.

Лазерные датчики снимают размеры, не касаясь поверхности. Контроль производственных процессов осуществляется практически постоянно, что гарантирует необходимое качество и уменьшает количество отказов. Измерительные системы легко перенастраиваются и интегрируются.

Поскольку контакт с объектом измерения не осуществляется, это позволяет измерять параметры мягких, липких, горячих или других поверхностей, чувствительных к контактам, как в случае полимерной нити для 3D печати.

Использование лазерного измерения диаметра с обратной связью на скорость вращения шнека экструдера и на нагревательный элемент позволит устранить недостаток, связанный с пульсациями диаметра нити.

Рассмотрим обычную функциональную модель экструдера на рисунке 2

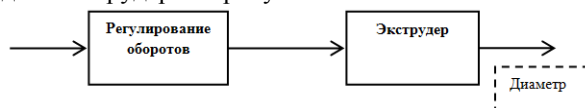


Рис 2. Функциональная схема линии экструдера

Для простой модели экструдера изменение параметров управления, например скорости привода или температуры нагрева, осуществляется вручную, влияния внешних воздействий не учитываются системой, что приводит к увеличению диапазона изменения диаметра нити.

Вышеуказанные доводы приводят к необходимости создания системы управления диаметром с обратной связью, которая могла бы обеспечить необходимую точность и быстродействие в процессе производства. На рисунке 3 приведена функциональная схема линии экструдера с обратной связью.

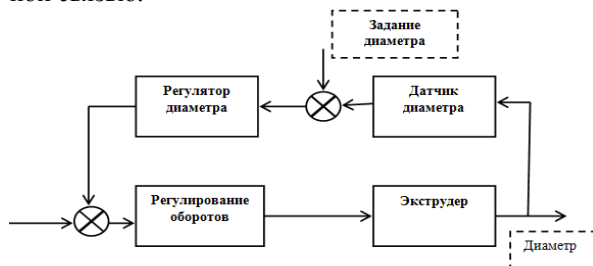


Рис 3. Функциональная схема линии экструдера с обратной связью

На схеме системы автоматического управления (САУ) диаметра нити содержится: датчик регулирования оборотов экструдера, датчик диаметра нити, регулятор диаметра. Датчик диаметра предназначен для измерения диаметра нити. Обязательное требование к датчику – он должен использовать бесконтактный способ измерения, т.к. полимерная нить, выходящая из экструдера, имеет большую температуру, и может прилипнуть к другим поверхностям.

Данная схема показывает связь датчика измерения диаметра и электропривода установки. В

зависимости от скорости изменения диаметра, регулятор будет подавать управляющие импульсы на электропривод установки, что будет способствовать корректировке диаметра в заданных пределах. Однако, для того, чтобы обеспечить быстрое действие системы, необходимо определить датчик диаметра, который способен будет быстро и качественно определять изменения в процессе экструзии.

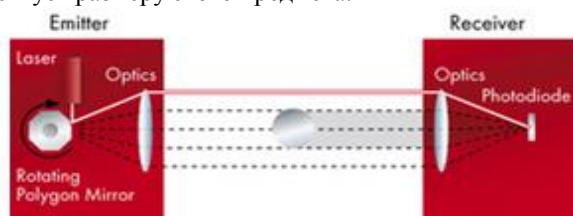
Регулятор диаметра предназначен для формирования управляющего воздействия при подаче сигнала от датчика диаметра. Этот регулятор представляет собой адаптивный ПИД-регулятор. В данной схеме предполагается использование контроллерного оборудования, что приведет к использованию программного ПИД-регулирования в рамках основной программы контроллера.

Методы измерения

Для выбора необходимого датчика измерения диаметра, рассмотрим различные методы измерения:

❖ Метод затенения

Один датчик состоит из излучателя и приемника в отдельных корпусах. В излучателе лазерный луч сталкивается с вращающимся зеркалом. Отраженный луч периодически обегает зону измерения, создавая виртуальную световую полосу. В приемнике параллельно движущийся луч фокусируется на светочувствительном диоде. Любой предмет в поле измерения частично затеняет приемник. Промежуток времени, в течение которого длится затенение, точнейшим образом соответствует размеру этого предмета.



❖ Лазерная триангуляция

Лазерный луч, испускаемый датчиком, создает видимое пятно на поверхности измеряемого объекта. В зависимости от расстояния камера-сканер со светодиодной линейной матрицей, расположенная позади лазера, «видит» это пятно под разными углами.

Зная эти углы и известное расстояние до лазера от камеры, процессор цифрового сигнала вычисляет расстояние между датчиком и измеряемым объектом.

❖ Метод светового сечения

Датчик состоит из линейного лазера, камеры со светодиодной матрицей и электронной схемы для обработки сигналов камеры. Лазер проецирует

на измеряемую поверхность линию, строго ей перпендикулярную. Камера фиксируется под определенным углом к лазерному лучу.

Любая деформация поверхности вызывает деформацию лазерной линии с точки зрения камеры. Пользуясь базовой калибровкой для сравнения, датчик вычисляет размеры.

Наилолее подходящий метод для экструзионной линии производства 3D нитей - метод затенения.

Критерии выбора датчиков

На рынке сегодня существует большое разнообразие датчиков, однако необходимо осуществлять выбор, опираясь на следующие критерии:

- Максимальный диапазон измерения;
- Точность измерений;
- Цена прибора;
- Способ подключения прибора с другими устройствами.

Исходя из вышеуказанных критериев, были выбраны следующие датчики: лазерный микрометр для высокого измерения диаметра XLS40, лазерный оптический микрометр типа РФ651, датчик диаметра лазера (LMD-D20T).

Наиболее оптимальным по соотношению цена/характеристики был выбран датчик LMD-D20T.

Основные технические характеристики датчика лазерного измерения диаметра (LMD-D20T) приведены в таблице 1.[3]

Таблица 1

Модель	LMD-D20T
Измеряемые диаметры (мм)	0.10-20
Разрешение по выбору (мм)	±0.001
Скорость сканирования(м/с)	800/(800T/second)
Рабочая температура(°C)	-20 ÷ +70

Заключение

Таким образом, разработка системы обратной связи для экструзионной установки, позволяет повысить качество получаемого продукта, снизить количество брака, обеспечить непрерывную работу установки в течение длительного периода времени.

Список литературы

1. <http://www.uran-spb.ru/catalog/105/>
2. <http://www.lidea.ru/pages/opmic.htm>
3. <http://www.koda.ua/products/desc.html?id=469>
4. <http://www.cable-control.ru/products/id-30p.htm>

РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕСА ИДЕНТИФИКАТОРА ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМОМ ЛОГИЧЕСКОМ КОНТРОЛЛЕРЕ ФИРМЫ «ОВЕН»

Лай Чунг Тиен, Чан Ван Нам, И.О. Ильин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

bkmsx.tien@gmail.com, trannambk90@gmail.com, grimmler@tpu.ru

Введение

Идентификация объектов управления (ОУ) это важная задача при настройке система автоматического управления. На этапе идентификации важно получить математические модели объектов управления и его графические диаграммы. В связи с этим был создан мобильный прибор идентификатор объектов управления [1, 2]. Для удобства использования идентификатора с целью подключения его к внешним источникам сигнала, а также последующей обработки этих сигналов на устройстве, необходимо создание простого и понятного человеко-машинного интерфейса для оператора. Идентификатор, как устройство, представляет собой сенсорную панель, контроллер и модули ввода. Главным элементом отображения и контроля информации для оператора является сенсорная панель. Графический интерфейс панели должен обеспечивать интерактивность, корректность и понимаемость. Рассмотрим в этой статье создание интеллектуального интерфейса для мобильного идентификатора.

Постановка задачи

Идентификатор состоит из двух основных блоков – программируемого логического контроллера с графической панелью и набором модулей ввода/вывода. Состав и принцип работы идентификатора изложены в работе [1]. При подсоединении внешних источников сигнала на какой-либо из входов/выходов модулей, необходимо убедиться в правильности подключения, иначе система обработает нулевые данные и результаты будут недействительными. Чтобы устранить данную проблему, необходимо создать графический интерфейс, определяющий на начальном этапе безошибочность подключения к модулям идентификатора. В случае ошибочного подсоединения необходимо известить оператора об ошибке и методах её исправления. Природа сигналов с внешних устройств различна и не все сигналы имеют одинаковую размерность. Следует определить наиболее часто встречающиеся типы датчиков и их сигналов, для соответствующей настройки идентификатора.

Реализация задачи

Типы сигналов и их преобразователей

Автоматизация различных технологических процессов, эффективное управление различными механизмами требуют множественных измерений различных физических величин (температуры,

давления, уровня, частоты). Датчики являются элементами многих автоматизированных систем, предназначенных для измерения, регулирования, управления устройствами или процессами. Датчики преобразуют контролируемую величину (давление, расход или скорость) в электрический либо оптический сигнал. Чаще всего в различных отраслях промышленности применяют следующие типы датчиков: датчики давления (абсолютного давления, разности давления), датчики расхода (ультразвуковые, электромагнитные расходомеры), датчики уровня (радарные, поплавковые, ультразвуковые) и датчики температуры (термопара, термометр сопротивления).

У каждого типа датчиков имеют разные виды выходных сигналов: аналоговые сигналы: 4-20 мА, 0-5 мА, 0-20 мА, 0-5 В или 0-10 В, цифровые и дискретные сигналы. Наиболее используемые и популярные типы датчиков в России, это датчики с выходным сигналом 4-20 мА, 0-5 мА, 0-20 мА, 0-10 В, Thermistor Pt, Thermistor Cu, Thermocouple K, Thermocouple J. В связи с этим, выполнив начальную настройку входов модулей, именно на эти типы сигналов, перейдем к созданию интерфейса пользователя.

Создание интерфейса

В качестве программируемого логического контроллера (ПЛК) используется ОВЕН ПЛК 160, графическая панель – ОВЕН СП270, модули: аналогового ввода МВ110-8А, дискретного ввода-вывода МК110-8ДН.4Р. Для программирования контроллера используется специальная среда программирования для контроллеров ОВЕН, использующая язык стандарта МЭК 61131-3 Codesys 2.3. CoDeSys предоставляет программисту удобную среду для программирования контроллеров. Используемые редакторы и отладочные средства базируются на широко известных и хорошо себя зарекомендовавших принципах, знакомых по другим популярным средам профессионального программирования (такие, как Visual C ++). Для программирования панели оператора, используется конфигуратор СП200, который идет в комплекте с панелью. Конфигуратор позволяет сформировать интерфейс панели оператора – «проект» – произвольной степени сложности, соответствующий конкретному комплексу процедур. Созданный проект загружается в панель оператора, определяя текущие значения ее параметров, необходимых для обмена данными с ПЛК.

На графической панели создается человеко-машинный интерфейс удобный для оператора. При включении идентификатора предлагается выбор языкового интерфейса: английский или русский язык (рис. 1).



Рис.1. Окно выбора языка интерфейса программы

Следующим этапом определяется выбор модуля, к которому будет подключен внешнего источника сигнала. В зависимости от типа сигнала выбирается модуль (рис. 2).

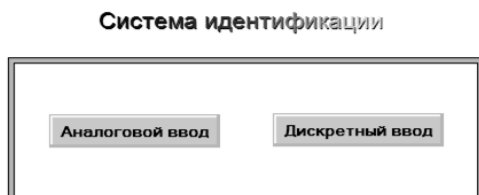


Рис.2. Окно выбора модулей ввода

После выбора типа модуля, необходимо указать на какой из входов был подключен датчик, либо устройство, с которого будет получен сигнал. Для чего необходимо нажать на соответствующую кнопку, например AI-1 (рис. 3).

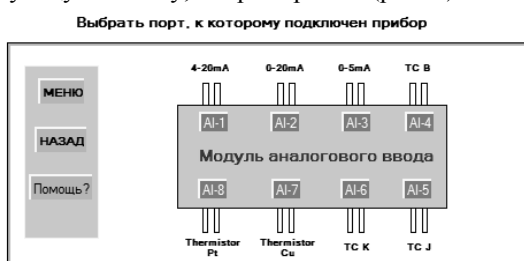


Рис.3. Окно модуля ввода аналоговых сигналов

Нажав на необходимый вход, получаем информационное окно с подтверждением или отменой выбора (рис. 4).

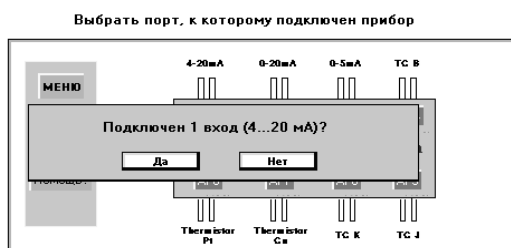


Рис.4. Окно подтверждения выбранного входа

Если процесс подключения происходит удачно, то появляется диалоговое окно с сообщением «Подключено!» (рис. 5). И выбранный вход выделится красным прямоугольником. Если под-

ключение не удачно, то появляется диалоговое окно с сообщением «Нет соединения!».

Выбрать порт, к которому подключен прибор



Рис.5. Диалоговое окно при правильном соединении

После подключения к соответствующему входу, становится активной кнопка перехода к следующему экранному меню для выполнения этапа идентификации сигнала.

Результаты работы

В настоящее время осуществляется переход с платформы контроллера ОВЕН ПЛК160 на панельный контроллер ОВЕН СПК 207. Так как он имеет большее быстродействие графической системы и позволяет отображать больше контрольной информации о типе сигнала и правильности его подключения. СПК 207 имеет более удобную среду программирования, совмещенную с графическими элементами, что позволяет снизить объем выполняемых работ при конфигурировании и программировании идентификатора.

Заключение

Создан графический интерфейс для мобильного прибора идентификатора на основе промышленного контроллера фирмы ОВЕН. Реализуется переход на более новую платформу, а также добавление модуля аналогового вывода, для удобства снятия переходной характеристики объекта управления вне зависимости от существующей системы управления.

■ Литература

1. Пат. 68722 РФ, МПК G05B13/00. Устройство идентификации объектов управления / Гончаров В.И. (РФ), Малиновский А.А. (РФ), Рудницкий В.А. (РФ), Джин Ил-Сонг (РК); ООО «Делик» (РФ). – №2006120066; Заявл. 07.06.2006; Опубл. 27.11.2006. – 5 с.
2. Ильин И.О., Кудрявцев А.В. «Реализация идентификатора объектов управления на программируемом логическом контроллере фирмы «ОВЕН» // Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии», 2013 г. – Томск: Изд-во ТПУ. – 515 с.
3. Официальный сайт компании ОВЕН [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.owen.ru/>

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ДВУХ ТЕКСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА «ДАКТИЛОСКОПИИ» И АЛГОРИТМА «ШИНГЛОВ»

Н.В. Тимошин, Г.И. Шкатова
Томский политехнический университет
xaoma@mail.ru

Введение

В современном информационном мире существование плагиата является серьёзной проблемой, требующей большого внимания. Понятие плагиата не имеет вполне определённого содержания, и в частных случаях не всегда возможно однозначно отделить его от сопредельных понятий: подражания, заимствования, соавторства и других подобных случаев сходства произведений. О какой бы задаче из вышеперечисленных не шла речь, общим для них является вопрос, связанный с установлением схожести между собой разных текстов. Задача сравнения текстов стала особенно актуальной с появлением интернета, когда соблюдать авторское право становится всё труднее и даже невозможно.

К настоящему моменту времени разработано много методов оценки схожести текстов. Методы характеризуются по типу оценки сходства. Глобальная оценка использует большие части текста или документа для нахождения сходства в целом, в то время как локальные методы на входе проверяют ограниченный сегмент текста.

К группе локальных методов можно отнести методы, основанные на проверке документа «дословным перекрытием». В таких методах используются классические алгоритмы сравнения строк: алгоритм Кнута -Морриса - Пратта, алгоритм Рабина-Карпа и др.

Проверка подозрительных документов в этой ситуации требует расчёта и хранения эффективно сопоставимые представления всех документов в справочной коллекции, которые сравниваются попарно. Однако сопоставление подстроки является нежизнеспособным решением для проверки больших коллекций документов (алгоритм обрабатывает в среднем $2h$ сравнений, где h — длина строки, в которой ведётся поиск).

Анализ "множества слов" является упрощением представления, используемого в обработке естественного языка и поиска информации. В этой модели текст представлен как неупорядоченный набор слов. Документы представлены в виде одного или нескольких векторов, которые используются для попарного вычисления сходства.

Цитирование — компьютерный метод выявления плагиата, предназначенный для использования в научных документах, позволяющий использовать цитаты и справочный материал. Определяет общие цитаты двух научных работ.

Шаблон цитат представляет собой подпоследовательности, содержащие не только общие цитаты для двух документов, но и подобный порядок и близость цитат в тексте, являющихся основными критериями для определения шаблона цитат.

Стилометрия или изучение языковых стилей — это статистический метод для выявления авторства анонимных документов и для компьютерной проверки на плагиат.

Строятся стилометрические модели для различных сегментов текста, отрывков, которые стилистически отличаются от других. И путём сравнения моделей можно обнаружить плагиат.

В настоящее время наиболее распространённым является метод, получивший название «Дактилоскопия». Из ряда документов выбирается набор из нескольких подстрок, которые и являются «отпечатками». Рассматриваемый документ будет сравниваться с «отпечатками» для всех документов коллекции. Найденные соответствия с другими документами указывают на общие сегменты текста. [1]

В представленной работе реализован метод с элементами «Дактилоскопии», получивший название «Алгоритм Шинглов». [2]

Логика метода сравнения текстов

Логика метода представлена на рис. 1. Исходными данными (блоки «Ввести проверяемый текст» и «Ввести эталонный текст») для анализа являются два текста. Текст «эталонный» - текст с подтвержденным авторством. Второй текст, назовем его «проверяемый» - текст с подозрением на плагиат. По логике алгоритма, проверяемый и эталонный тексты подвергаются канонизации. На этапе канонизации все слова преобразуются к нижнему регистру, убираются знаки пунктуации, вводные слова, служебные части речи. Канонизированный текст разбивается на шинглы, для которых создаются таблицы идентификаторов. Под шинглами понимаются последовательные наборы слов заданной длины. Мера схожести определяется процентом совпадающих шинглов.

Класс Plagiarism

Основу программы составляет класс Plagiarism (Плагиат). Данный класс реализует все описанные выше функции. Полями класса являются объекты структуры text_0. Структура хранит в себе текст и соответствующую ему хэш-таблицу.

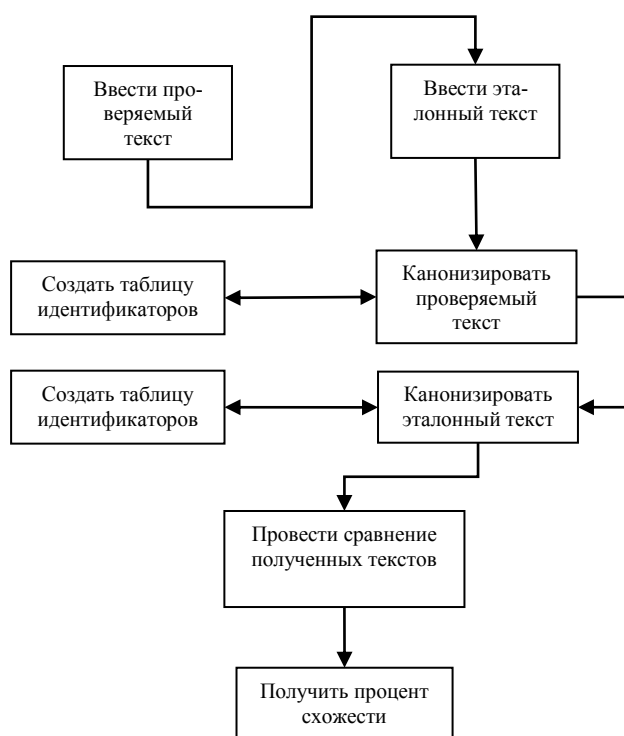


Рис. 1. Концептуальная схема работы алгоритма

Апробация алгоритма

Для проверки работы алгоритма в качестве эталонного текста использовался отрывок из работы «Применение кластеризации, при моделировании искусственных иммунных сетей» с международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 2010 года.

Проверяемый текст построен на базе эталонного путем внесения следующих изменений: замена слов, добавление новых слов, добавление лишних знаков препинания, изменения регистров. Фрагменты текстов представлены на рисунке 2. На данном рисунке красным цветом отмечены измененные части текста.

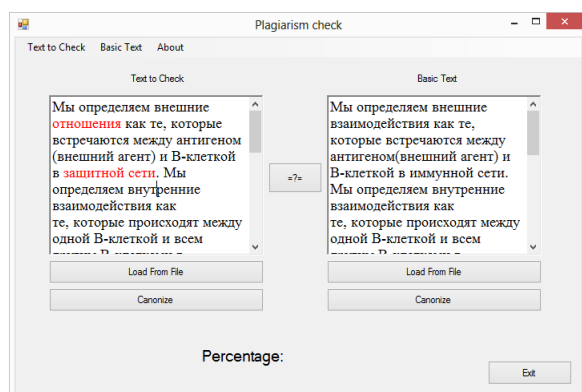


Рис. 2. Отображение эталонного и проверяемого текстов

Канонизированные тексты представлены на рисунке 3. После канонизации текстов для них создаются хэш-таблицы, которые позволяют произвести сравнительный анализ текстов. На рисунке 3 так же представлен результат сравнения текстов.

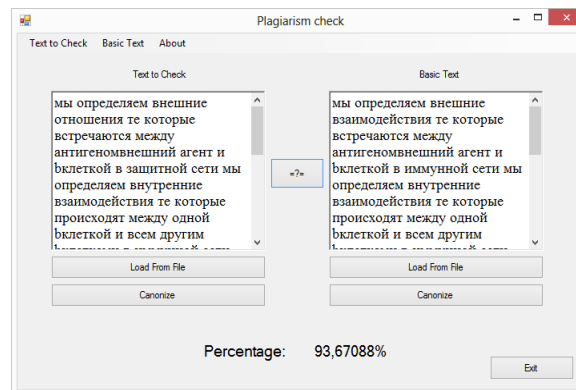


Рис. 3. Канонизированные тексты после сравнения

Результат сравнения текстов показал схожесть на 93,67%, что является показателем высокой схожести текстов.

Заключение

1. Путем проверки результатов работы метода на разных тестовых данных, установлено что разработанный класс может использоваться для грубой оценки меры схожести текстов.
2. Метод позволяет перейти к решению более глобальной задачи - выявлению плагиата.
3. Возможно улучшение работы алгоритма за счет
4. «Классовая» разработка программы упрощает внесение изменений в алгоритмы и добавление новых методов

Литература

1. [1] Определение плагиата [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Определение_плагиата (Дата обращения 22.05.2014)
2. [2] Алгоритм шинглов [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм_шинглов (Дата обращения 22.05.2014)
3. Поиск плагиата методом шинглов [Электронный ресурс] // Кафедра АСОИУ ОмГТУ вики – страница. URL: http://wiki.asoiu.com/index.php/Поиск_плагиата_методом_шинглов (Дата обращения 22.05.2014)
4. Python: Алгоритм шинглов – поиск нечетких дубликатов текста [Электронный ресурс] // Code is art. URL: <http://www.codeisart.ru/python-shingles-algorithm/> (Дата обращения 22.05.2014)

РЕАЛИЗАЦИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ СЕРИИ NXP JN51XX

Ускин М.С.

Научный руководитель: Гончаров В.И.
Томский политехнический университет
wurdy@mail.ru

Введение

Концепция беспроводных сенсорных сетей, нашедшая применение в задачах сбора первичной информации о состоянии объектов, параметры которых существенно распределены в пространстве.

Своевременный сбор такой информации может быть ориентирован на задачи предсказания аварийных ситуаций, мониторинга состояния, управления объектами, так как позволяет разместить датчики в необходимом и труднодоступном месте для получения наиболее точного информационного образа объекта. Таким образом можно выделить ряд областей, где применение беспроводных сенсорных сетей наиболее актуально:

- 1) автоматизированные системы управления технологическими процессами;
- 2) автоматизированные системы телеметрии и телемеханики;
- 3) автоматизированных информационно-измерительных систем контроля.

Подобные сети состоят из множества миниатюрных узлов, оснащенных маломощным приемо-передатчиком, универсальным, либо интегрированным беспроводным микроконтроллером, необходимым набором сенсоров, системой питания, а также могут включать устройства пользовательского интерфейса. Обычно, сенсорные узлы представляют собой однотипные устройства с определенным набором функций. Все компоненты должны иметь низкое энергопотребление в рабочем и энергосберегающем режимах, низкую стоимость всех компонентов, малые габариты. Несмотря на малую мощность радиоканала область покрытия сети может достигать нескольких километров, так как передача данных по сети происходит от одного устройства к другому.

Программно-аппаратная платформа

Основой беспроводной передачи в сенсорных сетях на сегодняшний день де-факто стал стандарт IEEE 802.15.4, который, если следовать модели OSI, определяет физический слой (PHY) и управление доступом к среде (MAC) для беспроводных персональных сетей с низким уровнем скорости. Стандарт используется в промышленных сетях мониторинга и управления совместно с протоколами верхнего уровня WirelessHART и ZigBee.

Большинство крупных компаний-производителей создают свои решения на основе этого стандарта, однако особый интерес представляют компактные беспроводные модули высокой

степени интеграции серии jn5148-001-M0x и новые jn5168-001-M0x (Рис. 1), которые построены на микроконтроллерах jn5148 и jn5168 соответственно. Таким образом модуль интегрирует на одной печатной плате приёмопередатчик, 32-разрядный RISC процессор, ПЗУ Flash, ОЗУ, а также все необходимые для работы модуля аналоговые и цифровые цепи и периферию, кроме того, в новых модулях присутствует EEPROM. Приёмопередатчик использует нелицензируемые диапазоны частот 2400–2483.5 МГц (диапазон разделён на 16 каналов).

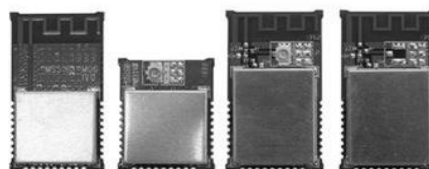


Рис. 1. Беспроводные модули серии jn5168-001-M0x

Протоколы верхних уровней, в виде спецификаций JenNet и JenNet-IP, которая является расширением, позволяющим узлам работать, непосредственно, с IP-пакетами, разработанных производителем, используют сервисы, предоставляемые протоколами нижележащих уровней для организации процессов внутрисетевой маршрутизации, самовосстановления, самоорганизации, управления безопасностью. Основная часть проектирования беспроводной сенсорной сети приходится на программный уровень и требует настройки параметров стека протоколов JenNet/JenNet-IP и написание прикладного программного кода, обеспечивающего функциональность устройств.

Таким образом наиболее комплексная часть всех узлов заключена внутри беспроводного модуля, причём основная его часть, в виде аппаратно-программного обеспечения предоставлена разработчику сети в готовом виде.

JenNet поддерживает 2 вида топологий (Рис. 2). Древоподобная топология, обеспечивает масштабируемость сети и расширение зоны покрытия, не требуя дополнительных затрат на инфраструктуру. Для координатора и маршрутизаторов JenNet накладывает ограничение в виде 10 дочерних устройств. Ограничение в рамках всей сети составляет до 500 устройств.

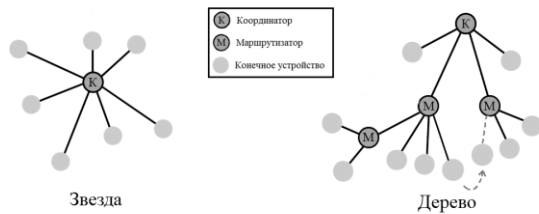


Рис. 2. Поддерживаемые топологии

В соответствии с используемым стеком сетевых протоколов сеть организована 3 классами устройств:

- 1) Координатор проводит инициализацию сети, контролирует параметры каждого узла и сети в целом. Является шлюзовым устройством между сетью предприятия и сенсорной сетью. Требует наибольшее количество памяти и стационарный источник питания;
- 2) Маршрутизаторы решают проблему ограниченного радиуса связи между устройствами и могут выполнять функции ретрансляторов между узлами сети, расположенными далеко друг от друга. Так как маршрутизаторы выполняют служебные задачи по обеспечению работоспособности сети, то они могут работать как от автономных, так и стационарных источников питания;
- 3) Конечные устройства (узлы-измерители) всегда являются дочерними устройствами либо координатора, либо маршрутизатора и обеспечивают сенсорную сеть данными измерения. В управлении сетью участия не принимают. Обязаны обладать низким энергопотреблением, работать автономно продолжительное время.

Архитектура программного обеспечения

Программное обеспечение организовано в виде 3-х основных уровней:

- 1) Уровень приложений содержит прикладной код. Программный проект устройств реализует именно этот уровень;
- 2) Уровень стека протоколов коммуникации Jem-Net;
- 3) Физический уровень и канальный уровень в виде программного интерфейса к аппаратным ресурсам микроконтроллера.

Прежде чем сенсорные данные будут переданы в направлении адресата (сервер, рабочая станция) их необходимо закодировать таким образом, чтобы обеспечить единство интерпретации на стороне адресата и надежную доставку. Таким образом на адресуемом устройстве располагается сервер ввода-вывода, обеспечивающий декодирование и представление данных измерения в стандартном виде (например, OPC), с другой стороны прикладной код обеспечивает кодирование данных узла в стандартную форму. Стандартный пакет содержит заголовок и тело. Заголовок описывает тип пакета: команда, запрос/приём данных. В теле пакета содержатся данные, которые описываются в виде совокупности объектов, представ-

ляющих полную информацию о данных измерения (Рис. 3).

Object		
Название поля	Количество бит (байт)	Описание
Object Id	16	Идентификатор объекта информации.
Property Count	8	Количество свойств объекта, передаваемых в пакете. Возможные значения 1-255.
Property 1		Свойства объекта
Property N		

Рис. 3. Объектная организация данных

Наличие различных классов устройств предполагает различный прикладной код на каждом устройстве, обеспечивающий функциональную реализацию узла. Задачей координатора и маршрутизатора является сбор информации с дочерних устройств и передача их адресату. Более сложные задачи решает измерительный узел, который должен обеспечить сбор измерительной информации со всех каналов измерения, кодирование/декодирование пакетов, режимы энергосбережения. В целом, порядок работы узла-измерителя формируется из 2 основных этапов:

- 1) Обработка запроса с сервера, формирование реакции на запрос, коррекция состояния, отклик;
- 2) Обработка функции устройства, передача результатов.

Выполнение каждого этапа имеет периодический характер. Причём, в первом случае период определяется сервером, во втором определяется состоянием узла-измерителя. Между периодами, для экономии энергии, узлы находятся в спящем режиме. Соответственно, энергопотребление складывается из величины периодов и энергопотребления на каждом этапе.

Самым слабым местом беспроводных сенсорных сетей мониторинга остаётся время автономной работы узлов-измерителей, среднее энергопотребление которых, в основном, определяется объемом передаваемых и принимаемых в единицу времени данных.

Заключение

В настоящий момент на этапе отладки находится проект, беспроводной сенсорной сети мониторинга, обеспечивающей сбор базовых параметров среды, таких как температура, влажность, освещённость и давление. В дальнейшем планируется работа над улучшением показателей надёжности и времени автономной работы.

Литература

1. Документация на аппаратно-программное обеспечение беспроводных модулей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://jennic.com>, свободный.
2. Компания-производитель беспроводных модулей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nxp.com>, свободный.
3. Gavrilovska L., Krco S., Milutinovic V., Stojmenovic I., Trobec R. Application and multidisciplinary aspects of wireless sensor networks. – Springer, 2010. – 293 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОМЕТРА НА ДАТЧИКАХ ХОЛЛА

Е.А. Федоров

Научный руководитель: О.В. Стукач.
Томский Политехнический Университет
evgeni.f.94@gmail.com

Введение

Магнитометр – прибор для измерения характеристик магнитного поля и магнитных свойств физических объектов.

Магнитометры классифицируются на две группы. К первой, наиболее разветвлённой, относят приборы для измерения основных характеристик магнитного поля: напряжённости H (А/м), индукции B (Тл), магнитного потока Φ (Вб); ко второй — приборы для измерения магнитных свойств материалов и горных пород. Таким образом магнитометры находят применение в самых различных сферах:

- геологии, при поиске полезных ископаемых;
- археологии, при археологических раскопках;
- военной разведке для обнаружения погружённых подводных лодок;
- биологии и медицине;
- научных экспериментах;
- магнитной геохронологии.

Один из способов применения магнитометров – использование в качестве металлоискателей. Это возможно благодаря тому, что магнитное поле Земли может искажаться различными материалами с ферромагнитными свойствами, например, железом. Обнаружение таких объектов происходит путем регистрации отклонений от исходного магнитного поля. В результате, можно наблюдать некоторую магнитную неоднородность, которая может быть вызвана предметами из металла [1].

В отличие от металлоискателей, работающих по иным принципам, магнитометры охватывают большой диапазон обнаружения железных предметов. Однако, они имеют ряд недостатков: отсутствие возможности обнаружения цветных металлов, возможна реакция на естественные магнитные аномалии (залежи минералов). С другой стороны, при поиске под водой (поиск затонувших танков и кораблей) такие приборы вне конкуренции [1].

Данная работа заключается в проектировании магнитометра. Устройство планируется использовать для определения направления положения источника постоянного магнитного поля. Обычно, в качестве чувствительного элемента в подобных приборах используются феррозондовые датчики, поскольку они имеют хорошие технические характеристики и могут работать с большой точностью. Но при конструировании такого устройства возникают определенные сложности, связанные с тем, что феррозондовые датчики питаются от переменного тока и выдают переменный сигнал,

подлежащий определенной обработке. Датчики Холла имеют меньшие точностные характеристики в отличие от феррозондовых датчиков, но, поскольку они выдают постоянный аналоговый сигнал, с ними проще работать. В данном проекте планируется использовать новейшие датчики Холла, по своим характеристикам не уступающие феррозондовым. Таким образом упростится конструкция устройства, а также снизится его стоимость.

Разработка структурной схемы

Структурная схема представлена на рисунке 1.

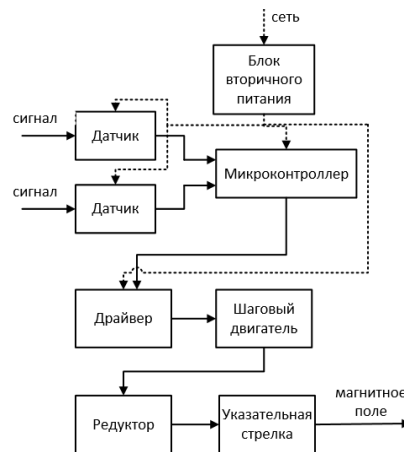


Рис.1. Структурная схема магнитометра

Опишем, что включает в себя каждый блок и принцип его работы.

Блоки датчиков представляют собой приборы для измерения характеристик магнитного поля и магнитных свойств материалов.

Блок микроконтроллера включает в себя микропроцессорную систему, выполненную на одном кристалле и включающую в себя микропроцессорное ядро, оперативную и долговременную память, порты ввода/вывода и стандартные интерфейсы [2]. В нашем устройстве микроконтроллер должен обрабатывать сигналы, поступающие с датчиков и, вычисляя направление источника магнитного поля, выдавать управляющий сигнал на драйвер двигателя.

Блок драйвера представляет собой мощную схему питания обмоток шагового двигателя. Тип применяемого драйвера влияет не только на управление двигателем, но и на получаемую в итоге мощность на его валу [3].

Блок источника вторичного питания – это устройство, преобразующее переменное или постоянное напряжение, получаемое от первичных

источников питания, в переменные или постоянные напряжения, требуемые для нагрузок.

Блок шагового двигателя представляет собой синхронный бесщёточный электродвигатель с несколькими обмотками, в котором ток, подаваемый в одну из обмоток статора, вызывает фиксацию ротора. В проектируемой системе необходимо, чтобы ротор двигателя неподвижно находился в определенных положениях и вращался с малым шагом, а последовательная активация обмоток двигателя вызвала дискретные угловые перемещения (шаги) ротора.

Блок редуктора представляет собой механизм, состоящий из зубчатых шестерней, передающий и преобразующий крутящий момент вала двигателя. В данной системе редуктор понижает угловую скорость вращения, повышая при этом вращающий момент, т. е. является демультипликатором.

Блок указателя представляет собой стрелку, указывающую направление местоположения источника магнитного поля.

Разработка функциональной схемы

Рассмотрим каждый функциональный блок более подробно.

В схеме представлено два блока под названием *датчик*. Каждый из них включает в себя два датчика Холла, расположенных перпендикулярно друг к другу. Таким образом каждая пара датчиков сканирует плоскость ХУ на наличие постоянного магнитного поля и на основании этих показаний можно определить его местоположение. Принцип расположения датчиков представлен на рисунке 2.

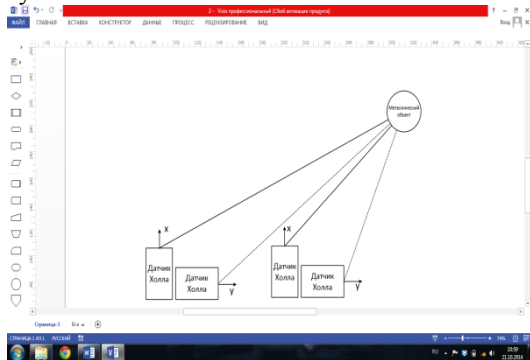


Рис.2. Схема расположения датчиков

В настоящее время существует огромное количество микроконтроллеров. В проектируемой системе контроллер должен вычислять положение источника магнитного поля и преобразовывать эти данные в управляющий сигнал двигателя по заданному алгоритму. Для удобства необходим встраиваемый программируемый контроллер с закрытой архитектурой, работающий при напряжении не более 12 В. Т.к. нам не нужно выполнять большое количество задач, выберем микроконтроллер, имеющий от 16 до 100 входов/выходов. Такой контроллер будет потреблять небольшую мощность.

Драйвер будем выбирать в соответствии с типом выбранного двигателя.

Источник вторичного питания должен преобразовывать промышленное переменное напряжение 220 В в постоянное напряжение 5 В.

В качестве привода следует использовать шаговый двигатель, поскольку необходимо, чтобы ротор мог фиксироваться в различных положениях и иметь небольшой шаг поворота. Задача двигателя – приводить в движение стрелку, показывающую положение магнитного поля, путем передачи вращательного движения через редуктор. Основные интересующие нас характеристики двигателя – это величина шага (не более 2 град.), погрешность углового шага (не более 0,2 град.), рабочее напряжение (5 В, т.к. источник вторичного питания также рассчитан на 5 В), вес и размер (следует выбирать двигатель небольшого веса и размера, т.к. для выполнения поставленной задачи подойдет и небольшой двигатель с маленькой мощностью). Радиальная и осевая нагрузка на двигатель незначительны, поэтому их учитывать не будем.

В качестве редуктора используются зубчатые шестерни с суммарным понижающим коэффициентом 4 – 6. Ведущее зубчатое колесо находится на валу ротора двигателя, а ведомое на одном валу с указательной стрелкой. Количество зубчатых шестерней, их размер и другие параметры будут подбираться в зависимости от конструкции устройства.

Указательная стрелка изготавливается из алюминия, поскольку в этом случае она будет легкой и достаточно устойчивой к деформации.

Заключение

В течении 2015 года планируется спроектировать и сконструировать магнитометр на датчиках Холла. Для этого необходимо выполнить все расчеты, написать программное обеспечение, собрать и протестировать опытный образец. В дальнейшем, на основе созданного устройства будет разрабатываться глубоководный магнитометр для поиска магнитных полей в толще воды.

Работа выполнена за счет средств субсидий в рамках программы конкурентоспособности ТПУ.

Литература

1. Всё о металлоискателях и металлодетекторах [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://izmer-ls.ru/met/sche1-1.html>, свободный.
2. Микроконтроллеры [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mcucpu.ru/index.php/ucontrolle rs/mcu/74-mcu>, свободный.
3. Контроллер шагового двигателя [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kazus.ru/shemes/showpage/0/843/1.html>http://www.dssconsulting.ru/index.phtml?id_page=81, свободный.

USE OF HIGHLY SENSITIVE HALL SENSORS IN MAGNETOMETERS

E.A. Fedorov, I.I. Buluev
Scientific adviser: O.V. Stukach
Language supervisor: S.V. Rybushkina
Tomsk Polytechnic University
evgeni.f.94@gmail.com

Introduction

Magnetometer is a device for measuring characteristics of a magnetic field and magnetic properties of physical objects. Magnetometers are classified into two groups. The first group includes devices for measuring characteristics of a magnetic field: intensity, induction, magnetic flux. The second group includes devices for measuring magnetic properties of physical objects and rocks. Magnetometers are used in different fields:

- geology;
- archeology;
- military intelligence to detect submarines;
- biology and medicine;
- scientific experiments.

Magnetometers can be used as metal detectors. This is possible due to the fact that different objects with ferromagnetic properties including metals, such as iron, can distort the Earth's magnetic field. Such objects are detected by means of detecting deviations from the original magnetic field. The magnetometer traces some magnetic inhomogeneity that is usually caused by metal objects.

Magnetometers cover a larger range of detection of metals, unlike other metal detectors that apply different detection methods. However, it has several drawbacks:

- magnetometers cannot detect non-ferrous metals;
- magnetometers can react to natural magnetic anomalies (mineral deposits).

On the other hand, if you search under water (search for sunken tanks and ships), such devices are out of competition. [1]

The goal of this work is to design a simple and highly sensitive magnetometer. This device will be used to determine a direction of the constant magnetic field. Typically, flux-gate sensors are used as sensitive elements in such devices, because they have good performance and high accuracy. However, the design of such devices is difficult because the flux-gate sensors are powered by AC and produce an AC signal, which should be processed. Hall sensors are not as accurate as flux-gate sensors, but they provide a DC output analog signal, so it is easier to work with them. In this project, it is planned to use modern Hall sensors. Their characteristics are similar or accede characteristics of fluxgate sensors. Therefore, the use of modern Hall sensors simplifies the design of the device and reduces the cost of a final product.

Development of the block diagram

A block diagram is shown in Fig 1.

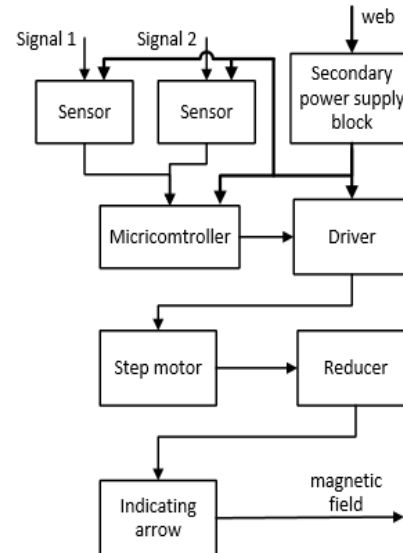


Fig. 1. Block diagram of the magnetometer

Sensor blocks are instruments for measuring characteristics of a magnetic field and magnetic properties of materials.

A microcontroller block includes a one-chip microprocessor. It consists of a microprocessor core, operational and long-term memory, input/output ports and standard interfaces. In our device, the microcontroller will process signals from sensors and calculate the direction of the magnetic field source to issue a control signal to a motor driver.

A driver block is a high-capacity power circuit, which feeds windings of a stepper motor. The type of the circuit impacts motor control and the power received at a shaft [3].

A secondary power supply block is a device that converts AC or DC voltage obtained from the primary power supply to AC or DC voltage that fits the system parameters.

A stepper motor block is a brushless synchronous motor with several windings, wherein the current injected into one of the stator windings causes locking of rotor. In the designed system, it is necessary that the rotor could be still in certain positions and could rotate with a small step. The sequential activation of the motor windings provides discrete angular movements (steps) of the rotor.

A reducer block is a mechanism consisting of a toothed gear. It converts and transmits the torque of the motor shaft. In this system, the reducer decreases the angular speed of rotation and increases the torque, being demultiplier.

An indicator block is an arrow pointing in the direction of the magnetic field source.

Development of functional circuits

Let us consider each functional block in more details.

In the scheme below two blocks called *sensors* are shown. Each block includes two Hall sensors arranged perpendicular to each other. As a result each pair of sensors scan the XY plane for the presence of a constant magnetic field. Using this data, we can determine location of the magnetic field. The principle of sensor arrangement is shown in Fig 2.

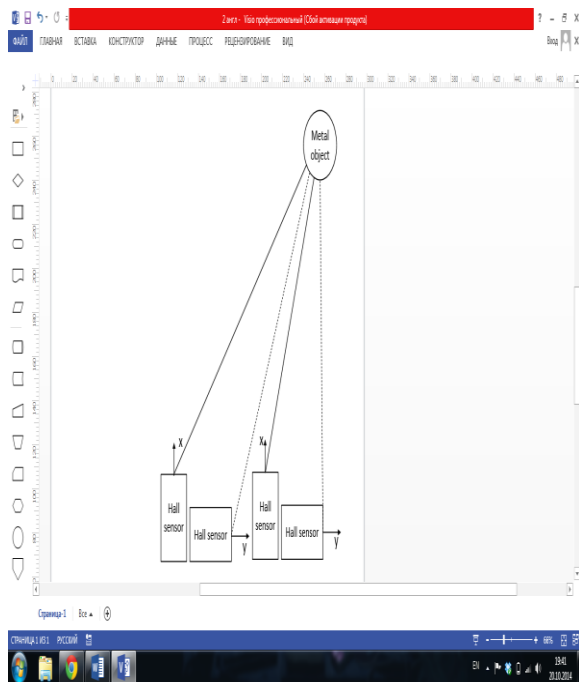


Fig. 2. Arrangement of sensors

Currently, there is a big variety of microcontrollers. In the designed system, the controller is used to calculate the position of a magnetic field source and convert this data into a control signal by a special algorithm. For convenience, we will use an embedded programmable controller with a closed architecture, which operates at a voltage of not more than 12 V. We chose a microcontroller that has from 16 to 100 input/outputs, because it fits our tasks and consumes little power.

The driver will be selected according to the type of the selected motor.

The Secondary power supply must convert commercial AC voltage of 220 V to a constant voltage of 5 V. A stepper motor should be used as a driver, because it is necessary that the rotor can be locked in different positions and can have a small rotation step. The task of the motor is to propel the arrow that points the position of the magnetic field by transmitting rotary motion through a reducer. The main desired characteristics of the motor are:

- step size of not more than 2 degrees;

- error in the angular step less than 0.2 degrees;
- operating voltage of 5 V because of the secondary power supply voltage;
- the smallest possible size and weight.

Radial and axial load on the motor is low, so it is neglected.

A toothed gear with a total decreasing coefficient 4–6 is used as a reducer. The first gearwheel is located on the rotor shaft of the motor. The last gearwheel with the indication arrow is located on the same shaft. Selection of the number of gearwheels, their sizes and other parameters will depend on the design of the device. The indication arrow will be made of aluminum, because in this case it will be easy to produce and sufficiently resistant to deformation.

Conclusion

During 2015, it is planned to design and investigate a high-sensitivity magnetometer with Hall sensors. To do this calculations will be performed, software will be developed, a prototype will be manufactured and tested. In future, a deep-water magnetometer will be developed based on the described device to search for magnetic fields in water columns.

This study is financed from subsidies in the framework of the Program to Improve Competitiveness of Tomsk Polytechnic University.

References

1. All about metal detectors [electronic source]. Accesses mode: <http://izmer-ls.ru/met/sche1-1.html>, free.
2. Microcontrollers [electronic source]. Accesses mode: <http://mcucpu.ru/index.php/ucontrolle/rs/mcu/74-mcu>, free.
3. Stepper motor controller [electronic source]. Accesses mode: <http://kazus.ru/shemes/showpage/0/843/1.html>http://www.dssconsulting.ru/index.phtml?id_page=81, free.
4. Design of a portable, two dimensional magnetometer, using 2 dimensional quantum Hall effect sensor array, optimised for low magnetic field applications [electronic source]. Accesses mode: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&tp=&arnumber=1174951&queryText%3Dmagnetometer+Hall+Sensors><http://kazus.ru/shemes/showpage/0/843/1.html>http://www.dssconsulting.ru/index.phtml?id_page=81, limited.
5. Accuracy of numerical analysis for Hall sensor magnetometer measurements [electronic source]. Accesses mode: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=1212424&queryText%3Dmagnetometer+Hall+Sensors><http://kazus.ru/shemes/showpage/0/843/1.html>http://www.dssconsulting.ru/index.phtml?id_page=81, limited.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

В.А. Смовж, Д.В. Васин, Е.И. Громаков
Томский политехнический университет
vasmovzh@gmail.com

Основной задачей газокompрессорной станции (ГКС) ООО «Газпром трансгаз Томск» (далее – Общества) является обеспечение необходимого эксплуатационного режима работы – поддержание устанавливаемого нормативными требованиями давления газа в магистральной газопровод. На ГКС Общества в основном эксплуатируются электроприводные газоперекачивающие агрегаты. Их мощность, которая может достигать мегаватт потребления электрической энергии, зависит от объемов транспортируемого газа по газопроводу и установленного давления. Регулирование давления газа в газопровод осуществляется за счет изменения скорости (частотой) вращения электропривода ЭГПА.

Целью данной работы является совершенствование САР давления газа в магистральном газопровод, позволяющее снизить потребление электрической энергии частотно-регулируемым ЭГПА в переходных режимах.

Сравнивая способы регулирования давления на выходе ЭГПА в основном рассматривают установленные режимы работы и режимы пуска, забывая о переходных режимах: разгоны и торможения ЭГПА. Здесь необходимо обратить внимание на то, что в переходных режимах при использовании частотного регулирования электропривод будет потреблять энергию на преодоление инерционного сопротивления, связанного с большими маховыми моментами на валу привода. При плохом качестве регулирования (большой колебательности САР давления газа и значительной величине ее перерегулирования) эти потери могут быть значительными. В таком случае дроссельный принцип регулирования представляется сравнительно лучшим, т.к. из-за небольшой инерционности привода задвижек электрические потери в динамике переходного процесса позиционного перемещения регулирующего дроссельного органа оказываются меньшими по сравнению с нагнетателем.

Предлагается для повышения энергоэффективности эксплуатации ЭГПА в переходных режимах в автоматическом режиме регулирования давления газа использовать комбинированную САР, которая включает в себя три контура регулирования: частотное регулирование электроприводом, позиционное регулирование основной и вспомогательной задвижкой. В такой схеме дроссельное регулирование берет на себя динамическое противодействие высокочастотным составляющим возмущений давления в газопровод, а частотное ре-

гулирование электроприводом ЭГПА – низкочастотным составляющим.

При выборе структуры дроссельного регулирования задвижками следует обратить внимание на то, что на практике, как правило, используются низкоскоростные приводы позиционного перемещения задвижек. Это означает, что электромеханическая постоянная времени электропривода ЭГПА оказывается значительно меньшей по сравнению с постоянной времени электропривода дроссельных устройств. Поэтому в САР предлагается использовать высокоскоростной привод для дополнительной вспомогательной задвижки (дроссельной задвижки на байпасном обводном газопровод) с постоянной составляющей меньшей, чем у электропривода ЭГПА. Основная задача данной дроссельной задвижки – обеспечение быстрого перепуска транспортируемого газа в обход основного трубопровода (по байпасу). Одновременно для высвобождения нагнетателя от противодействия быстрым возмущениям давления в трубопроводе инерционность контура регулирования электропривода следует увеличить, чтобы обеспечить плавное изменение скорости электропривода ЭГПА. Это можно достичь путем использования низкочастотного фильтра в контуре регулирования электропривода ЭГПА. Если в качестве фильтра использовать апериодическое звено вида:

$$W_{\phi}(s) = \frac{k_{\phi}}{T_{\phi}s + 1},$$

где

k_{ϕ} – коэффициент прямой передачи фильтра,

T_{ϕ} – его постоянная времени,

то при выборе большого значения постоянной времени фильтра в контуре регулирования электроприводом можно алгоритмически обеспечить плавное изменение скорости вращения. При этом, естественно, снизятся токи потребления электроприводом, вызванные изменениями расхода газа и тем самым уменьшатся динамические потери электроэнергии.

Таким образом, в предлагаемой САР контур регулирования положением вспомогательной задвижки будет обеспечивать подавление высоких частот динамики возмущений давления газа в газопровод, освобождая контура регулирования электроприводом от непосредственного динамического противодействия подобным возмущениям. При этом задачей контура регулирования электроприводом будет являться противодействие низкочастотным составляющим возмущения. Контур регулирования положением основной задвиж-

ки играет промежуточную роль, позволяя выполнить плавный переход электропривода ЭГПА с одной скорости вращения на другую (например, при снижении давления газа основная задвижка плавно закрывается, затем скорость вращения двигателя начинает снижаться и основная задвижка возвращается в исходное положение). Важным решением также является максимальное открытие основной задвижки в установившихся или квазиустановившихся режимах. Типовая схема САР давления газа на выходе ЭГПА представлена на рис.1.

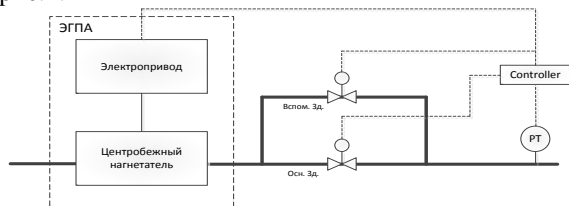


Рис. 1 Типовая схема САР давления газа на выходе ЭГПА

Для оценки работоспособности предлагаемой САР выполнено моделирование в программном продукте MathLAB Simulink.

Модельные исследования показали, что в установившемся режиме работы система находится в следующем состоянии:

- основная задвижка занимает положение близкое к состоянию открытия (90% открытия);
- вспомогательная задвижка занимает положение близкое к состоянию закрытия (10% открытия);
- контур автоматического регулирования подачи газа нагнетателем стремится обеспечить заданное давление за счет максимальной подачи газа.

Подбором соответствующих параметров регуляторов переходные режимы сводятся к аperiodическим. В установившихся режимах давление стабилизируется равным заданному значению.

Возмущение ступенчатого типа вызывает динамику всех контуров САР. В начальный момент времени вспомогательная задвижка отрабатывает возникшее возмущение, в этот же момент основная задвижка начинается прикрываться. При этом контур регулирования нагнетателем газа стремится изменить его подачу путем изменения скорости вращения электропривода при плавном возвращении основной и вспомогательной задвижки в исходное состояние.

На быстрое периодическое изменение давления наиболее динамично реагирует байпасная задвижка, которая стремится максимально быстро открыться в начальный момент времени, а затем

она прикрывается за счет изменения подачи газа нагнетателем. Периодическое 10% возмущение давления в трубопроводе оказывают незначительное влияние на изменение подачи газа нагнетателем.

Таким образом контур регулирования нагнетателя практически не участвует в коррекции быстрых динамических возмущений давления в трубопроводе и тем самым не расходуется электрическая энергия на разгон торможении нагнетателя.

Вывод

Предложенная САР регулирования давления газа в магистральном трубопроводе, которая включает в себя основную и быструю дроссельные заслонки, может быть применена в газовой отрасли для управления подачей газа на электроприводных ГКС. Данный принцип регулирования позволит обеспечить противодействие как быстрым, так и медленным возмущениям давления газа в магистральном газопроводе с минимальными потерями электроэнергии.

Снижение расхода электрической энергии частотно-регулируемого ЭГПА в переходных режимах достигается за счет реализации плавного изменения скорости вращения электропривода агрегата, благодаря медленной перестройки частоты его питающего напряжения. При этом контуры регулирования вспомогательной и основной задвижками стабилизируют давление газа в переходных режимах путем позиционного перемещения регулирующего дроссельного органа. В таком случае электрические потери при перемещении регулирующего дроссельного органа в динамике переходного процесса оказываются меньшими по сравнению с электрическими потерями, связанными с непрерывным разгоном или торможением электропривода ЭГПА с использованием частотного регулирования.

Список литературы

1. Костюк А.В., О.В. Диброва, С.А.Соколов Энергоэффективность насосных систем. //Вода Magazine/ - 2011.- № 10; URL: http://www.valve-industry.ru/pdf_site/75/75_Kostuk.pdf (дата обращения 15.10 2014).
2. Громаков Е.И., Кравчук Д.Е., Лиепиньш А.В. Многоконтурное регулирование давления в магистральном нефтепроводе // Международный научно-исследовательский журнал .- 2014.- №5; URL: <http://research-journal.org/wp-content/uploads/2011/10/5-1-24.pdf> (дата обращения 15.10 2014)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКСТРУЗИОННОЙ УСТАНОВКОЙ

Гаврильев А.Л., Берчук Д.Ю., Журавлев Д.В.
Томский политехнический университет, г.Томск, ул.Ленина 30.
icestq@gmail.com

В настоящее время производится огромное количество станков для быстрого прототипирования (3D-принтеров). Эта отрасль является одной из самых перспективных и быстроразвивающихся. 3D-принтеры используются на предприятиях, в школах, университетах, лабораториях, и даже дома. Наиболее дешевым способом 3D-печати является печать послойным наложением расплавленного материала (FDM). Данный способ печати быстро приобрел популярность за счет низкой стоимости готовых изделий. При таком способе используется расплавленный ABS (PLA, PVA) пластик. Общее потребление пластиковой нити для 3D-печати в России составляет около 10 тонн в месяц и оно будет только расти с каждым годом.

Следовательно, проект установки по производству пластиковой нити для 3D – печати является очень актуальным и перспективным. Технология, на которой возможно это реализовать, носит название экструзии - получение изделий путем продавливания расплава материала через формуемое отверстие, а основное техническое средство – экструдер.

Процесс экструзии заключается в следующем: исходное сырьё засыпается в бункер экструдера, затем из бункера, минуя горловину загрузочной воронки, сырьё попадает в загрузочную зону шнека, а затем транспортируется по цилиндру пластикации. От сдавливания, перемешивания и контакта с нагретым цилиндром и шнеком полимерное сырьё расплавляется и превращается в однородную массу — расплав. Дополнительное преимущество экструдера, в том, что на нём возможно реализовать переработку различного пластикового мусора, которая даст экономию 80% на материалы для 3D – печати.

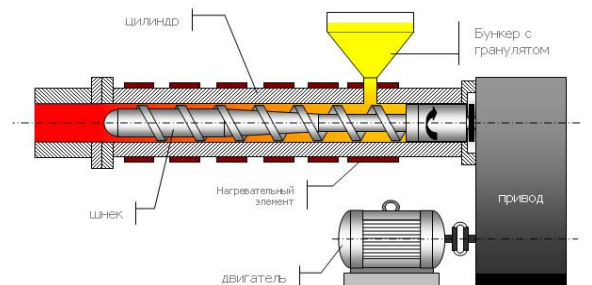


Рис.3. Схема экструдера

Но чтобы получить полностью готовую пластиковую нить, кроме экструдера необходимо ещё несколько устройств, так как экструзия сопровождается различными негативными явлениями, которые вместе составляют экструзионную линию.

Здесь особое место занимает разработка автоматизированной системы управления, позволяющая оптимизировать производство. В данной работе для этого предлагается использование аппаратной вычислительной платформы «Arduino», основными компонентами которой являются простая плата ввода/вывода и среда разработки на языке Processing/Wiring. Arduino может работать как автономная микропроцессорная плата. Плата состоит из микроконтроллера Atmel AVR и элементной обвязки для программирования и интеграции с другими схемами, что облегчает размещение различных датчиков и других вспомогательных устройств в системе управления.

В саму систему входит контроль над температурой нагревательных элементов и приводами для вращения шнека и катушки намотки.

Но основная проблема при процессе экструзии пластиковой нити, это то, что скорость экструзии непостоянна, и синхронизировать ее довольно сложно. Для решения заведомо снижена скорость намотки, для того чтобы избежать обрыва нити и нарушения производства. В этом случае при более высокой относительной скорости экструзии нить будет только провисать (рис.4).

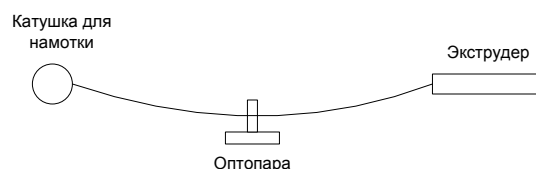


Рис.4. Схема линии

Тогда чтобы избежать этого добавим дополнительные датчики – оптопары. Оптопара или оптрон — электронный прибор, состоящий из излучателя света и фотоприёмника, связанных оптическим каналом и объединённых в общем корпусе. Принцип работы оптрона заключается в преобразовании электрического сигнала в свет, его передаче по оптическому каналу и последующем преобразовании обратно в электрический сигнал.

Следовательно, когда нить начнет провисать, между излучателем и приемником, изменится и величина проходящего света, которую можно зафиксировать в Atmel AVR. Тогда в среде программирования Arduino это условие можно учесть при написании алгоритма программы автоматического управления. Действующее значение сигнала от оптопары будет сравниваться с фиксированным, и, если оно меньше, то будет включаться

привод катушки. Это реализуется в следующем алгоритме:

Введем переменную `sensorValue` – действующее значение с оптопары, `sens` – фиксированное значение, соответствующее прохождению нити через оптопару. Тогда сравниваем эти переменные:

```
if (sensorValue > sens) {
```

При соблюдении условия, ускоряем привод катушки, так чтобы намотать провисающий пластик:

```
  Restr = 1;
```

Чтобы в дальнейшем отключить привод, начнем отсчет времени от его включения с помощью функции `millis`:

```
  time = millis();
```

```
  else {
```

Если же условия не соблюдаются, то проверяем время. По мере натяжения нити провисание исчезает через определенное время, которое зафиксировано в программе, постоянно сравнивая его с отсчитанным по функции `millis`:

```
  if (millis() - time > ctime) {
```

После того, как время достигнуто необходимо отключить привод:

```
    Restr = 0;
```

```
  }
```

```
  else {
```

Но если этого не произошло, то оставляем привод включенным.

```
    Restr = 1;
```

```
  }
```

```
}
```

Исходя из идеи системы управления, можно заметить, что провисания обязательно должны появляться. В случае их отсутствия имеют место нарушения в производстве, следовательно, необходимо предусмотреть аварийный вариант работы системы. Реализуется это также в среде программирования Arduino:

За все время отключенного привода `Restr`, будет включаться счетчик `counter`

```
if (Restr == 0) {  
  counter = counter + 1;  
}
```

Когда значение `counter` превышает допустимое `emint`, то включается релейный модуль `emPin`, замыкающий контакты питания.

```
if (counter > emint || RestrNam == 1) {  
  digitalWrite(emPin, LOW);
```

Реализация разработанной системы управления представлена на рис.5.

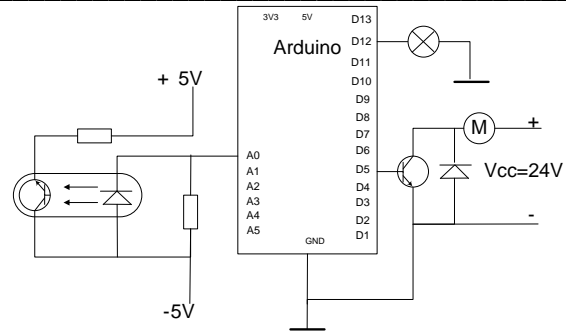


Рис.5. Общая схема системы управления

Оптопара подключена к аналоговому порту A0, которая принимает ее значения, по дискретным портам соответственно подсоединены привод наматывающей катушки и аварийное реле.

Заключение

На данном этапе получен прототип рабочей установки, которая способна изготавливать 60 кг в месяц пластиковой нити для 3D-принтеров. Планируется создание оборудования, способного перерабатывать пластик производительностью 300-500 кг/мес., а также производства на базе данного оборудования с выпуском готовой продукции объемом 3-5 т./мес. На основе разработанной автоматизированной системы удалось достаточно оптимизировать процессы и увеличить эффективность работы экструдера. В работе описаны пока общие принципы системы и отдельные моменты.

Более того, предполагается разработка мобильного устройства для переработки пластиковых отходов для получения нити. Данный проект позволит в значительной мере способствовать решению нарастающей экологической проблемы, реализовывая концепцию экономии и возобновления ресурсов.

Литература

1. Экструзия. Экструдер. Экструзионная линия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.ence-gmbh.ru/rus/extruding_machines.php, свободный.
2. Экструдеры: назначение, устройство, комплектация. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://poly-prom.ru/polezno/opisanie-ekstrudero>, свободный
3. Оптопара. Принцип работы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Оптрон>, свободный
4. Программирование на Arduino [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://arduino.ua/ru/prog/>, свободный
5. Описание основных функций языка Arduino [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://freeduino.ru/arduino/lang.html>, свободный

РАЗРАБОТКА МАКЕТА СТЕНДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МК ATMEGA 16 ДЛЯ ОТЛАДКИ АЛГОРИТМА ПИД РЕГУЛЯТОРА И СОПРЯЖЕНИЕ ЕГО С ПК

Черных А.А.

Научный руководитель: Тутов И.А.
Томский политехнический университет
russklj@mail.ru

Введение

В системах автоматизации зачастую требуется организовать контроль над объектом управления: контролировать различные параметры (скорость, температуру и пр.) с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса. Для этого используют ПИД регулятор. Он применяется во многих системах автоматического управления (установки на производстве, бытовые роботы, промышленные роботы и т.д.) Для отладки и апробации алгоритма ПИД регулятора был собран лабораторный стенд, и сопряжен с ПК для вывода информации в терминал по интерфейсу (протоколу) UART.

Сборка лабораторного стенда

Для сборки лабораторного стенда была выбрана следующая элементная база:

- Плата с микроконтроллером Atmega 16 (Рис.1);
- Датчик температуры LM35;
- Макетная плата;
- Резистор 5 Ком;
- Резистор 220 Ом;
- Соединительные провода;
- Переходник USB – UART.

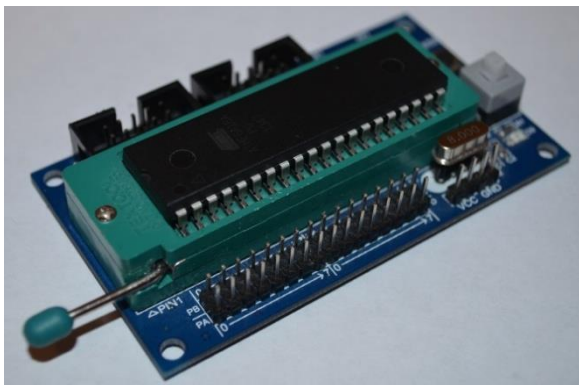


Рис.1. Плата с МК Atmega 16

Собранный стенд (схема) представлен на рисунке 2. Маломощный резистор напрямую подключен к порту PD0 микроконтроллера для нагрева датчика температуры соответственно. К порту

РА0 подключен вывод датчика Lm35 для измерения температуры.

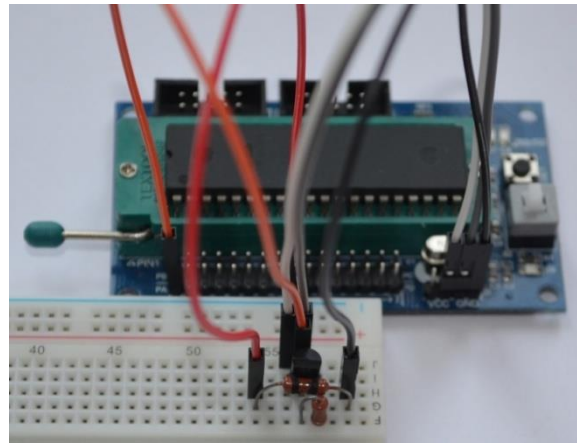


Рис.2. Монтаж схемы для отладки ПИД регулятора

Данный сенсор представляет собой интегральный параллельный стабилизатор напряжения с линейной зависимостью напряжения стабилизации от температуры. То есть, если включить такой датчик, как обыкновенный стабилитрон, то напряжение на нем будет пропорционально температуре среды, в которой он находится. Изменение температуры на один градус приводит к изменению напряжения на 10 мВ.

Описанное свойство позволяет строить схемы, основанные на том, что напряжение пропорционально температуре.

Принцип работы стенда

В перспективе этот стенд будет применяться для экспериментов и написания алгоритмов ПИД регулирования.

Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор – устройство в цепи обратной связи, используемое в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала. ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально входному сигналу, второе является интегралом входного сигнала, а третье – производная от входного сигнала. Структура ПИД регулятора представлена на рисунке 3.

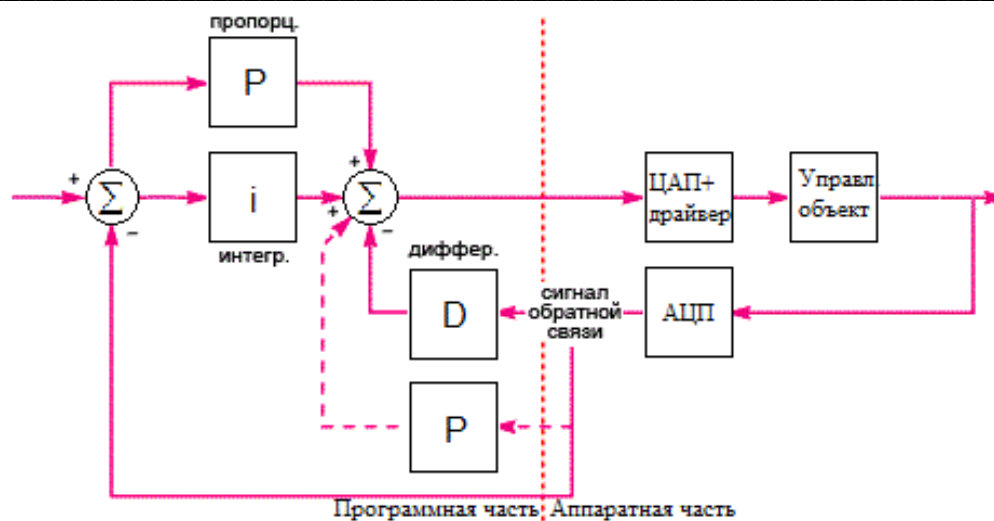


Рис.3. Структура ПИД регулятора

Термодатчик Lm35 принудительно будем нагревать сопротивлением с номиналом 100 Ом и мощностью 0,25 Вт, подавая на него различное напряжение с порта МК посредством широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Через АЦП микроконтроллера будет считываться сигнал температуры с датчика Lm35 и выводиться в терминал на ПК. Для передачи данных в ПК используется интерфейс UART. Передача между ПК и МК осуществляется через переходник USB-UART.

Программное обеспечение для стенда

Для вывода информации в ПК с микроконтроллера используется ПО Terminal 1.9b. Есть возможность просматривать принимаемые данные с МК в виде графика в реальном времени.

Настройки UART

Выводы микроконтроллера, используемые модулем UART, являются линиями порта PD. В качестве входа приемника (RXD) используют вывод PD0, а в качестве выхода передатчика (TXD) - вывод PD1.

Аналого-цифровой преобразователь

Аналого-цифровой преобразователь — устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в дискретный код (Рис.4).

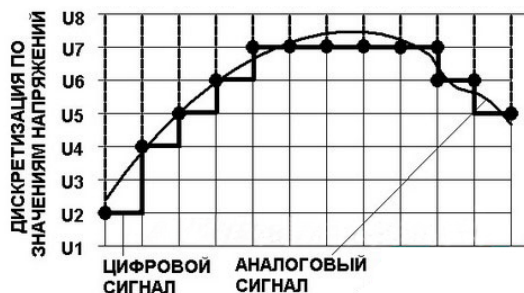


Рис.4. Преобразование аналогового сигнала в дискретный

В данной работе задействовано 10 битное АЦП.

Используется первый канал АЦП, а также в качестве референса – потенциал, поданный на вывод AVCC.

Заключение

В результате проведенной работы был собран макет стенда под управлением микроконтроллера ATmega 16 для разработки и отладки ПИД регулятора для работы с инерционным объектом, контролируемая величина которого – температура. В результате данные с МК отправляются на ПК по UART интерфейсу через USB-UART переходник.

Литература

1. Электронная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Аналого-цифровой_преобразователь Режим доступа: свободный (дата обращения: 01.10.2014).
2. Блог: программирование микроконтроллеров, настройка UART [Электронный ресурс]. URL: <http://radioparty.ru/prog-avr/program-c/307-lesson-usart-avr> Режим доступа: свободный (дата обращения: 24.09.2014)
3. Электронные устройства, работа с АЦП [Электронный ресурс]. URL: <http://samou4ka.net/page/analogo-cifrovoj-preobrazovatel-mk-atmega8> Режим доступа: свободный (дата обращения: 20.09.2014)
4. Datasheet на микроконтроллер ATmega16.
5. Datasheet на термодатчик Lm35.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА УРОВНЯ ЖИДКОСТИ

А.А. Ломакина, В.Ю. Казаков
Томский политехнический университет
nastya_1711@bk.ru

Введение

В автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП) широко используются интеллектуальные датчики различных физических величин. Интеллектуальный датчик это устройство, выполняющее функции нормирования измерительного сигнала, АЦП и передачи данных потребителям по стандартным интерфейсам.

Целью работы является создание программного обеспечения интеллектуального ультразвукового датчика для определения уровня жидкости в герметичной емкости. Датчик должен быть простым по конструкции, совместимым с сетями передачи данных.

В датчиках подобного типа используется локационный метод измерения уровня жидкости. Чтобы измерить уровень, нужно измерить время между зондирующим импульсом и моментом прихода импульса эха. Уровень жидкости определяется по формуле:

$$h = \frac{tc}{2}, \quad (1)$$

где t – время прохождения ультразвука до уровня жидкости и обратно; h – текущее значение уровня; c – скорость звука в среде.

В качестве первичного измерительного преобразователя в работе используется ультразвуковой приемник/передатчик MA40MF14-5B производства Murata Manufacturing [1]. Внешний вид преобразователя представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Ультразвуковой приемник/передатчик MA40MF14-5B

Обобщенная структура ультразвукового датчика уровня жидкости

Структурная схема ультразвукового интеллектуального датчика уровня представлена на рисунке 2. Блок обработки и управления реализован на микроконтроллере Atmega 8. Этот блок генерирует импульс запуска, измеряет время между импульсами эха и запуска, рассчитывает уровень жидкости с поправками на зависимость скорости

звука от температуры, передает результат измерения через стандартный интерфейс RS-232.

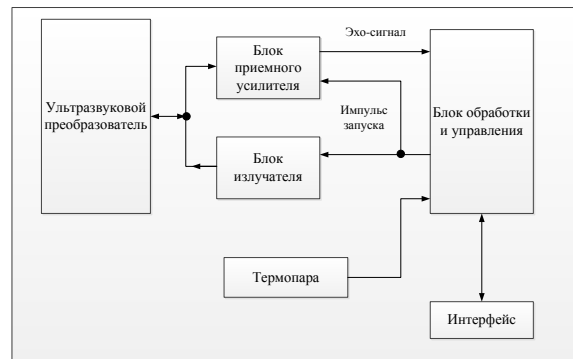


Рис. 2. Блок-схема ультразвукового датчика

Блок излучателя представлен на рисунке 3а, который включает в себя электронный ключ, генератор колебаний и усилитель выходной каскад, с выхода которого выдётся напряжение, требуемое для возбуждения пьезокерамического элемента.

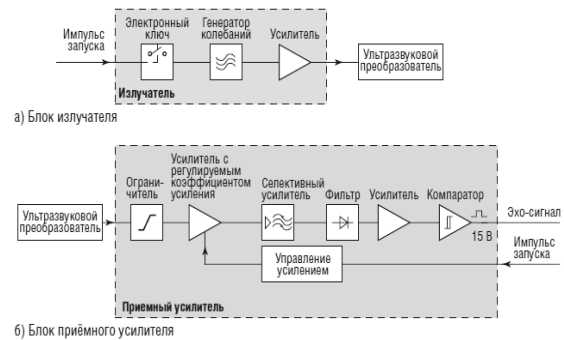


Рис. 3. Структурные схемы блока излучателя и блока приемного усилителя ультразвукового датчика

Генератор предварительно настраивается на резонансную частоту ультразвукового преобразователя – 40 КГц. Электронный ключ включает и выключает генератор в зависимости от длительности импульса запуска, тем самым формируются последовательности импульсов излучения разной длины.

Блок приемного усилителя представлен на рисунке 3б. Приёмник состоит из ограничителя, усилителя с регулируемым коэффициентом усиления, селективного усилителя, выходного усилительного каскада и компаратора [2]. Сигнал, принимаемый от ультразвукового преобразователя, может

иметь амплитуду в диапазоне от нескольких микровольт до нескольких вольт. Для обеспечения возможности дальнейшей обработки ограничитель отсекает амплитуды принимаемых сигналов до значений, не превышающих $\pm 0,7$ В, это также защищает усилитель от слишком высокого напряжения. Сигналы, отражённые от фона, подавляются на усилителе с регулируемым коэффициентом усиления. Этот же усилитель совместно со схемой управления усилением препятствует уменьшению амплитуды отражённого сигнала при увеличении расстояния между измеряемым объектом и датчиком. Назначение селективного усилителя заключается в том, чтобы отфильтровывать случайные (паразитные, побочные) ультразвуковые сигналы и пропускать к дальнейшей обработке только полезный сигнал. Этот сигнал демодулируется, детектируется и только затем, полученная огибающая усиливается. Амплитуда огибающей сравнивается с предварительно установленным порогом на компараторе. В случае, когда пороговое напряжение превышено, на выходе возникает импульс, равный по амплитуде напряжению питания, и передается для обработки в электронную схему [2].

Блок термопары включен в схему интеллектуального ультразвукового датчика уровня, чтобы контролировать температуру для коррекции скорости звука согласно формуле (1). В системе используется хромель-алюмелевая (тип К) термопара.

Блок интерфейса реализует протокол RS-232. Этот блок предназначен для подключения к компьютеру, обеспечивает передачу данных и результатов измерений.

Разработка программного обеспечения интеллектуального ультразвукового датчика уровня

Программа разработана в AVR Studio 5.1 на языке ассемблера, откомпилирована и оттестирована. Алгоритм программы представлен на рисунке 4. Алгоритм программы начинается с настройки портов на ввод/вывод, далее производится настройка таймера, чтобы производить отсчет времени при посылке и приеме импульса. Происходит отправка импульса и одновременно запускается таймер, чтобы зафиксировать время отправки импульса. Проверяем программой, пришел ли сигнал обратно, затем выводим результат. Программа основана на работе таймера по прерыванию, когда с микроконтроллера отправляется импульс на блок излучателя, таймер начинает работу и заканчивает ее по возвращению сигнала на блок приемного усилителя, результат измеренного расстояния фиксируется.

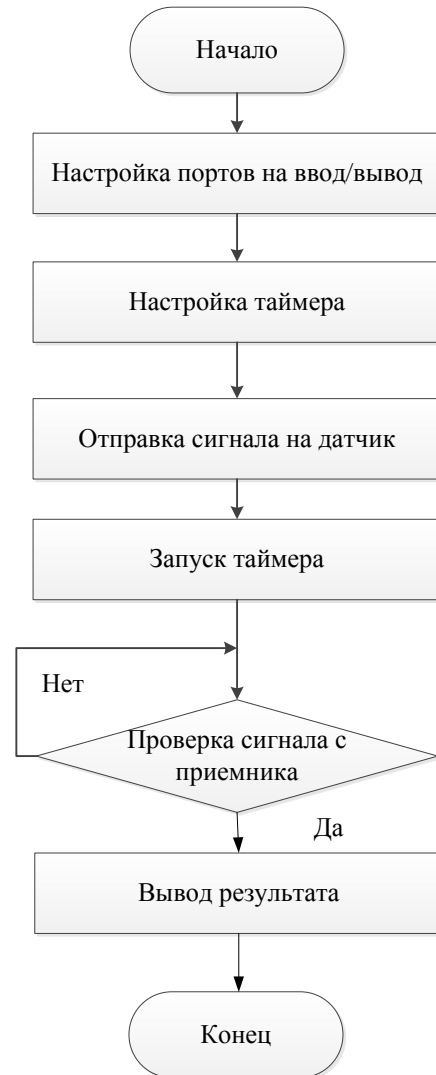


Рис.4. Алгоритм программы

Заключение

В работе получено программное обеспечение блока обработки и управления интеллектуального ультразвукового датчика для определения уровня жидкости. Датчик получился простым по конструкции и совместимый с сетями передачи данных.

Литература

1. Piezoelectric Ceramic Sensors (PIEZOTITE). – Murata Manufacturing, Co, Ltd. 2005.
2. Жданкин В. Ультразвуковые датчики для систем управления // Современ. технол. автоматизации. 2003. № 1. С. 68—79.

СИНТЕЗ ТРЕХИМПУЛЬСНОГО РЕГУЛЯТОРА САР УРОВНЯ ВОДЫ В БАРАБАНЕ ПАРОВОГО КОТЛА

Фам Ван Дай, Чан Тхюи Зунг
Томский политехнический университет, г. Томск
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
Email: phamvandaibk@gmail.com

Котельным агрегатом называется комплекс, предназначенный для производства пара (в большинстве случаев водяного) заданного количества и качества. Для его правильной эксплуатации нужно регулировать многие параметры сложных процессов, например давление и температура перегретого пара, уровень воды в барабане котла, топливосжигание... и т.д. В том числе уровень воды в барабане является важным параметром, обеспечивающим производительность и безопасность целого агрегата, поэтому поддержание уровня воды в барабане в допустимых пределах весьма важно [1].

На уровень воды в барабане котла влияют многие факторы, основными из них являются изменения расходов питательной воды и пара, изменения нагрузки топки, давление в барабане. При проектировании систем автоматического регулирования (САР) уровня в барабане котла, следует учитывать влияния вышесказанных факторов. На практике для котла большой производительности широко применяется трехимпульсный принцип регулирования. Этот принцип, кроме регулируемой величины – уровня воды, учитывает еще расход питательной воды и расход пара, которые являются измеряемыми. Он позволяет поддержать уровень воды в допустимых пределах, и эффективно уменьшает колебания уровня из-за изменений расходов воды и пара. Существуют два варианта реализации трехимпульсной системы автоматического регулирования (САР) уровня – каскадная САР и САР с трехимпульсным регулятором. В данной работе рассматривается синтез САР с трехимпульсным регулятором. Структурная схема каскадной трехимпульсной САР приведена на рисунке 1.

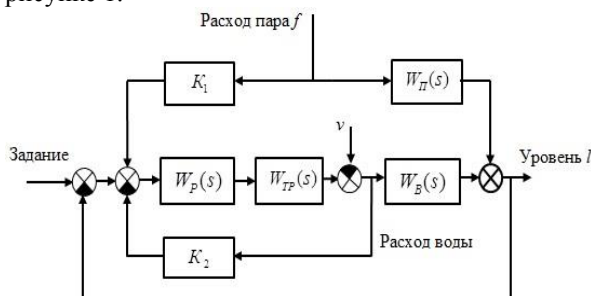


Рис. 1. Схема САР с трехимпульсным регулятором

На рисунке 2 представлен характер изменения уровня в барабане котла при скачкообразном увеличении расхода питательной воды. Особенностью динамики уровня в барабане является явление «набухание». При скачкообразном увеличе-

нии подачи питательной воды при неизменной паровой нагрузке, уровень сначала уменьшился, потом восстановился и увеличился. Это явление объясняется тем, что увеличение подачи питательной воды вызывает понижение температуры всей пароводяной смеси и соответственное уменьшение объема пара в барабане котла и циркуляционной системе. При скачкообразном увеличении расхода пара при неизменной подаче питательной воды, уровень сначала увеличился, потом восстановился и уменьшился[1].

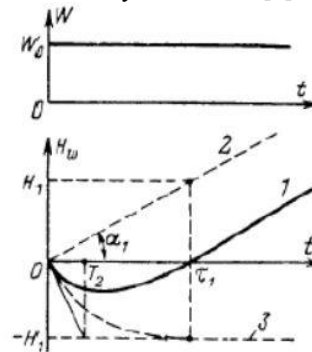


Рис.2. Характер изменения уровня в барабане котла при возмущении расходом питательной воды

Модель парового котла как объекта регулирования имеет следующую передаточную функцию (ПФ) с входом – расходом питательной воды и выходом – уровнем воды в барабане:

$$W_B(s) = \frac{1}{T_1 s} - \frac{K}{T_2 s + 1}$$

В процессе синтеза САР примем, что передаточные функции объекта регулирования по расходам воды и пара противоположны по знаку, а равны по величине, т.е. $W_{TP}(s) = -W_B(s)$

По экспериментальным данным получена ПФ объекта регулирования по каналу расхода воды:

$$W_B(s) = \frac{1}{60s} - \frac{2}{22.4s + 1}$$

В схеме использованы следующие обозначения: $W_B(s), W_{TP}(s)$ – ПФ объекта регулирования по каналам расхода воды и расхода пара, $W_{TP}(s)$ – ПФ трубопровода, $W_p(s)$ – ПФ регуляторов, $W_k(s)$ – ПФ корректирующего устройства.

По каналу управляющего воздействия имеются два контура регулирования. Первый контур состоит из регулятора $W_p(s)$, трубопровода $W_{TP}(s)$, датчика расхода воды и усилительного звена K_2 . Этот контур предназначен для стабилизации расхода

питательной воды при возмущении v , характеризующем изменение давления в трубопроводе. Эквивалентная передаточная функция первого контура имеет следующий вид:

$$W_{P*}(s) = \frac{W_p(s) \cdot W_{TP}(s)}{1 + K_2 \cdot W_p(s) \cdot W_{TP}(s)}$$

Второй контур содержит $W_{P*}(s)$, объект регулирования $W_B(s)$ и датчик уровня. Т.к. инерционность элементов в первом контуре незначительна по сравнению с инерционностью объекта регулирования, то переходные процессы в первом контуре завершатся раньше, чем во втором контуре.

Первый контур стабилизирует расход воды, то применяются ПИ или ПИД регуляторы. После завершения переходного процесса в первом контуре, его передаточную функцию можно рассматривать как передаточную функцию некоторого условного регулятора для второго контура. Имеется:

$$W_{P*}(s) = \frac{W_p(s) \cdot W_{TP}(s)}{1 + K_2 \cdot W_p(s) \cdot W_{TP}(s)} = \frac{1}{\frac{1}{W_p(s) \cdot W_{TP}(s)} + K_2} \approx \frac{1}{K_2}$$

$$\text{т.к. } K_2 \ll \frac{1}{W_p(s) \cdot W_{TP}(s)}$$

Обозначаем $W_{P*}(s) \approx \frac{1}{K_2} = K_{P*}$. Таким образом,

при охвате ПИ либо ПИД регулятора глубокой обратной связью в виде усилительного звена, это соединение можно рассматривать как некоторый приведенный П-регулятор.

Расчет внешнего контура заключается в выборе параметра этого условного П-регулятора. Используем метод Циглера-Никольца для внешнего контура САР [2], получаем

$$K_{P*} = 0,307 = \frac{1}{K_2} \Rightarrow K_2 = \frac{1}{0,307} \approx 3,257$$

Для первого контура имеется:

$$W_{TP}(s) = \frac{1}{s+1}; K_2 = 3,2573$$

Используем ПИ регулятор с параметров настройки $K_{II} = 0,1; T_{II} = 4 \text{ сек}$.

Проведем расчет коэффициента K_I корректирующего устройства по каналу расходу воды. Передаточная функция системы по каналу расхода пара имеет вид:

$$W_{fj}(s) = \left(K_1 + W_{II}(s) \cdot \frac{1}{W_{P*}(s)} \cdot \frac{1}{W_B(s)} \right) \cdot W_{lg}(s)$$

Где $W_{lg}(s) = \frac{W_p(s) \cdot W_B(s)}{1 + W_{P*}(s) \cdot W_B(s)}$ – передаточная

функция системы по задающему воздействию. Принимая $W_{II}(s) \approx -W_B(s)$ и $W_{P*}(s) = K_{P*}$, получаем:

$$W_{fj}(s) \approx \left(K_1 - \frac{1}{K_{P*}} \right) \cdot W_{lg}(s)$$

Для обеспечения условия инвариантности [3], то $W_{fj}(s) = 0$, т.е. $K_1 = \frac{1}{K_{P*}} = K_2 = 3,257$.

Моделирование САР проводилось в среде Simulink. Схема САР представлена на рис. 3. Результаты приведены в таблицы 1 и 2.

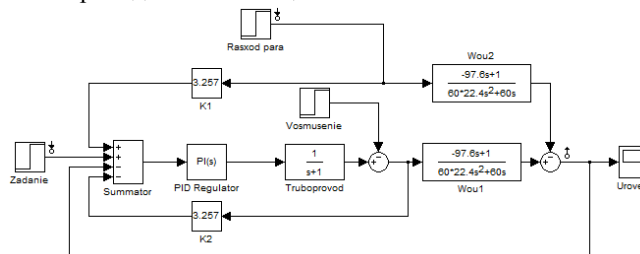


Рис. 3. Схема САР в среде Simulink

Таблица 1: Показатели качества переходного процесса САР

t_{pez} (сек)	σ (%)	ε_{cm}
438	5.09	0

Таблица 2: Изменения уровня при ступенчатом увеличении расхода пара на 1 тон/час, и при ступенчатом уменьшении расхода воды из-за изменения давления в трубопроводе на 1 тон/час

Вид возмущений	Максимальное отклонение уровня (мм)	ε_{cm} (мм)
Увеличение расхода пара на 1 тон/час	0.065	0
Уменьшение расхода воды на 1 тон/час	0.07	0

Результаты моделирования показали, что САР с синтезированным трехимпульсным регулятором обеспечивает необходимое качество регулирования. САР обеспечивает быстродействие переходного процесса и точность регулирования, кроме этого она эффективно устраняет влияния изменений расхода питательной воды и расхода пара, которые часто происходят в процессе работы котельного агрегата.

Список литературы:

1. Ключев А.С., Товарнов А.Г. Наладка систем автоматического регулирования котлоагрегатов, М., «Энергия», 1970.
2. Токарев В.В., Ягубов З.Х., Приезжаев А.Б., Скабыкин Н.Г. Расчет оптимальных параметров промышленных автоматических систем регулирования. Учебное пособие – Ухта: УГТУ, 2003.
3. Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплотехническими процессами. – М.: «Энергоавтомиздат», 1985.

АДАПТИВНОЕ НЕЧЕТКОЕ ПСЕВДОЛИНЕЙНОЕ КОРРЕКТИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО С АМПЛИТУДНЫМ ПОДАВЛЕНИЕМ ДЛЯ САР

Фам Ван Дай

Научный руководитель: Скороспешкин В.Н.

Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30

Email: phamvandaibk@gmail.com

В системах автоматического регулирования (САР) для получения желаемых динамических характеристик целесообразно использовать корректирующие устройства. Среди этих корректирующих устройств выделяют класс псевдолинейных корректирующих устройств (ПКУ), эквивалентные частотные амплитудные и фазовые характеристики которых не зависят от значения амплитуды сигнала на входе. Эти корректоры позволяют изменять амплитудно-частотную (АЧХ) и фазо-частотную (ФЧХ) характеристики в широких пределах независимо друг от друга[1]. Наиболее распространение нашли следующие виды ПКУ:

- ПКУ с амплитудным подавлением;
- ПКУ с фазовым опережением;
- ПКУ с отдельными каналами для фазы и амплитуды.

В настоящей работе предлагается адаптивное корректирующее устройство с амплитудным подавлением. Структурная схема ПКУ с амплитудным подавлением приведена на рис. 1.

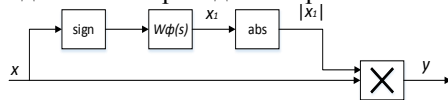


Рис. 1. Структурная схема ПКУ с амплитудным подавлением

В этой схеме использованы следующие обозначения: *sign* – блок выделения знака, $W_{\phi}(s)$ – низкочастотный фильтр первого порядка с передаточной функцией $W_{\phi}(s) = \frac{1}{Ts + 1}$, *abs* – блок выделения модуля и *X* – блок умножения.

Сигнал на входе в корректоре поступает в два канала. Коэффициент передачи гармонического сигнала верхнего канала корректора будет меньше единиц, а по нижнему каналу сигнал проходит без изменения и, следовательно, коэффициент передачи корректора в целом будет меньше единицы. Данное ПКУ позволяет получить амплитудное ослабление колебаний высоких частот без заметного изменения фазового сдвига[2].

Схема системы автоматического регулирования с применением предлагаемого адаптивного ПКУ приведена на рис. 2. Данное корректирующее устройство включается последовательно с ПИД-регулятором. В схеме использованы дополнительные обозначения: *БАК* – блок анализа качества переходного процесса, *БНП* – блок нечетких преобразований, который состоит из трех последовательно-соединенных блоков: *ФФ* – блока фазификации, *ФЛ* – блока фаззи-логики и *ДФ* – блока дефазификации. *K* – коэффициент передачи средней ветви корректора, *БГПС* – блок генерации пробных сигналов.

Рис. 2. Схема системы автоматического регулирования с нечетким адаптивным корректирующим устройством

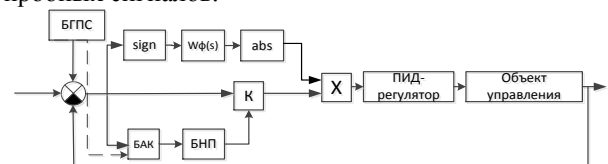


Рис. 2. Схема системы автоматического регулирования с нечетким адаптивным корректирующим устройством

Работа системы следующим образом: перед запуском системы, параметры ПИД-регулятора были настроены, чтобы обеспечить требуемые качества регулирования. В процессе работы системы в заданное время *БГПС* посылает на вход системы пробный ступенчатый импульс заданной амплитуды $A_{имп}$ и заданной длительности $T_{имп}$. За это время *БАК* определяет качество регулирования, и если оно недопустимо из-за нестационарности параметров объекта управления, то *БНП* автоматически подстраивает коэффициент передачи корректора. В случае, когда не произошло изменение параметров объекта управления, данный корректор не оказал влияние на качество регулирования САР. При этом параметры настройки ПИД-регулятора остаются неизменными. В системе используется следующий критерий для оценки качества регулирования, который определяется в *БАК*:

$$J = \frac{\int_{t_2}^{t_1} |\varepsilon(t)| dt}{A_{имп} \cdot T_{имп}} \quad (1).$$

Где $\varepsilon(t)$ – значение ошибки регулирования, которое поступает на вход корректора, t_1 , t_2 – начальный и конечный моменты пробного импульса. В случае, когда появится колебание в следствие нестационарности параметров объекта управления, это соотношение будет больше.

Условием необходимости подстройки параметра корректора по критерию (1) является превышение амплитуды колебания выходной величины, вызванной пробным импульсом, заданного значения. Если амплитуда колебания выше чем заданное значение, то *БНП* автоматически уменьшает коэффициент передачи корректора, в результате чего уменьшается амплитуда колебания.

В блоке $\Phi\Phi$ формируются функции принадлежности входной переменной, в нашем случае переменной является J . Для данной переменной задаются две функции принадлежности типа «треугольник» с названиями «small» и «med» и одна функция принадлежности типа «трапеция» с названием «big». Задаются функции принадлежности выходной переменной, которые используются в блоке $D\Phi$. Выходной переменной является делитель коэффициента передаточной функции корректора $D = 1/K$. Для этой переменной задаются также две функции принадлежности типа «треугольник» с названиями «small» и «med» и одна функция принадлежности типа «трапеция» с названием «big». После задания функций принадлежности входной и выходной переменных создается база правил, по которым будет осуществляться принятие решения о значении выходной переменной. В данной работе использована следующая база правил:

- ЕСЛИ (J =small) ТО (D =small);
- ЕСЛИ (J =med) ТО (D =med);
- ЕСЛИ (J =big) ТО (D =big).

Для дефазификации использован метод центра тяжести.

Проверка работоспособности адаптивного корректора проводилась в среде Simulink на примере САР с объектом второго порядка. Схема САР представлена на рис. 3. Передаточная функция объекта управления, используемая при моделировании работ САР, имеет вид:

$$W_{OY}(s) = \frac{K_{OY}}{T_1 s^2 + T_2 s + 1}.$$

В процессе моделирования постоянная времени T_1 менялась в диапазоне от 0.1 до 1 сек, T_2 менялась от 5 до 8 сек, а статический коэффициент передачи K_{OY} менялся от 1 до 10. Постоянная времени фильтра T равна 0.5 сек. В процессе моделирования, параметры настройки ПИД-регулятора остаются неизменными: $K_n=9.8$, $K_u=1.8$ и $K_d=-2.5$. Изменение параметров объекта управления приводило к уменьшению запаса устойчивости и ухудшению качества САР.

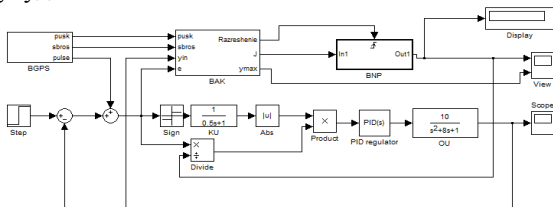


Рис. 3. Схема САР в среде Simulink

Определение критерия оценки качества регулирования J проводилось после подачи на вход системы прямоугольного импульса длительностью, равной 10 сек, и амплитудой, равной 1. Условие для подстройки параметра корректора является превышением максимальной амплитуды колебания значения, равного 6.2.

На рис. 4 представлена кривая переходного процесса в САР, в состав которой входит адаптивное нечеткое корректирующее устройство.

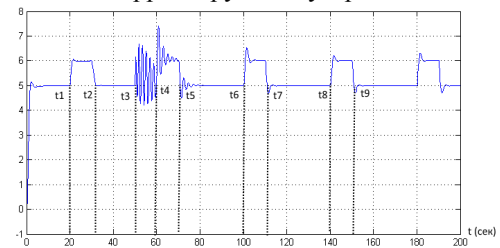


Рис. 4. Кривая переходного процесса в САР с нечетким адаптивным ПКУ

В момент $t_1=20$ сек был подан пробный импульс, который оканчивает в момент $t_2=30$ сек. Параметры объекта управления в данное время еще не менялись. Так как качество регулирования оказалось хорошим, то подстройка параметра корректора не происходила.

В момент $t_3=50$ сек произошло изменение параметров ОУ и появилось колебание регулируемой величины. В период от $t_4=60$ до $t_5=70$ сек на вход САР был подан пробный импульс. После этого БАЗ вычислил максимальную амплитуду колебания и сравнил ее с допустимым значением, равным 6.2, вычислил J и принял решение подстройки корректора. БНП вычислил значение $D=1.79$ и осуществил подстройку корректора.

Аналогично, в период от $t_6=100$ сек до $t_7=110$ сек был подан импульс, после окончания которого, происходила подстройка корректора до значения D , равного 5.4. Качество регулирования стало лучшим, и поэтому со следующих импульсов нет необходимости подстройки корректора, и значение D осталось неизменным.

В САР, в состав которой входит ПКУ с амплитудным подавлением без адаптации, при постоянной времени фильтра $T=0.5$, после изменения свойства объекта управления, перерегулирование составило 73%, время регулирования и частота собственных колебаний оказались большими. В САР, в состав которой не входит корректирующее устройство, после изменения параметров объекта управления, система стала уже неустойчивой.

Таким образом, результаты моделирования САР показали, что предложенное адаптивное нечеткое псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением может быть успешно использовано для обеспечения заданного качества регулирования в условии, когда изменение параметров объекта управления происходит в широких пределах.

Литература

1. Топчиев Ю.И. Нелинейные корректирующее устройства в системах автоматического управления. М.: Изд. Машиностроение, 1971. 462с.
2. Скороспешкин М.В. Адаптивные псевдолинейные корректоры динамических систем автоматического регулирования. // Известия Томского

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ

Петрусёв А.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Science-alex@mail.ru

Целью работы является создание солнечной установки, экономически и энергетически превосходящей общепринятые стандартные системы.

Тема проекта актуальна в рамках реализации программ по Критическим технологиям федерального уровня приоритетных направлений России. Солнечные установки имеют невысокую эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую в течение дня, которая зависит не только от собственного КПД солнечных элементов (который для стандартных панелей лежит в пределах 14-18%), но и от положения солнца относительно солнечных панелей. Наиболее же важным фактором, ограничивающим распространение солнечных станций, является их высокая стоимость – порядка 2-3\$ за удельный Ватт мощности.

Мы предлагаем оснащать фотоэлектрические установки солнечными трекерами и акриловыми концентраторами, которые имеют ряд преимуществ перед своими аналогами.

Перед началом их разработки были проведены теоретические и экспериментальные исследования. Рассчитана зависимость достигающей фотоэлементов солнечной радиации от угла падения на солнечную панель лучей, график которой приведён на рисунке 1. Из графика видно, что при угле отклонения лучей от нормали до 20 градусов мощность изменяется незначительно, но при отклонении уже в 90 градусов мощность падает почти в 5 раз.

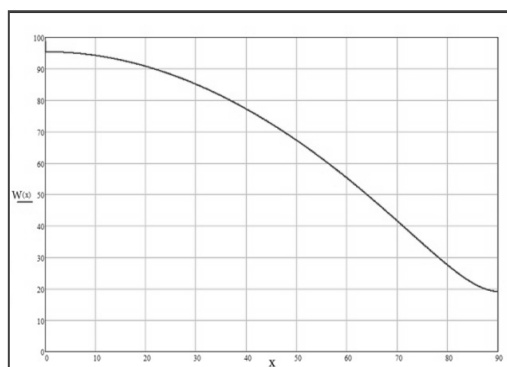


Рис. 1 График доходящей до фотоэлементов мощности от угла падения на них лучей

При расчёте учитывались такие характеристики, как общая площадь падения, коэффициент отражения материалов, фоновое излучение. На основе вышеуказанных зависимостей получено, что солнечная панель вырабатывает приблизительно на 40% меньше энергии из-за

движения солнца по высоте и азимуту в течение дня.

Основным и наиболее эффективным способом увеличения мощности солнечных установок при как можно меньшем увеличении цены всей системы является установка концентратора. Концентратор – это устройство, собирающее солнечную энергию с большей площади и направляющее её на меньшую, тем самым позволяя генерировать ту же мощность при меньшем количестве используемых фотоэлементов, которые составляют основную долю стоимости солнечных систем. Предлагается использование уникального акрилового концентратора. (Рис.2)

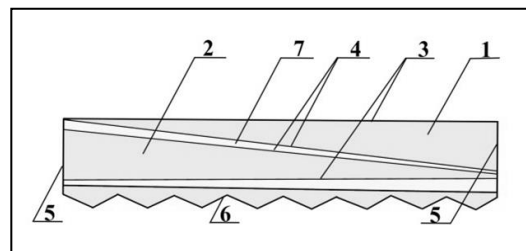


Рис. 2 Схема акрилового концентратора в разрезе

Он представляет собой лист оргстекла толщиной всего около 1 сантиметра со специальной внутренней и внешней структурой. Принцип действия концентратора основан на явлении полного внутреннего отражения. Солнечные лучи, падая на рабочую грань 3 оптического клина 1, частично отражаются, а частично, испытывая преломление на границе раздела, проникают внутрь клина. В зависимости от коэффициента преломления материала клиньев, оптической среды 7 и угла клина лучи, попавшие в клин 1, либо отражаются от его грани 4, либо проходят сквозь нее и оптическую среду 7, имеющую показатель преломления, меньший, чем показатели преломления оптических клиньев 1 и 2, внутрь клина 2. При этом вследствие эффекта полного внутреннего отражения лучи, отразившиеся от грани 4 клина 1, попадают в конечном счете на основание 5 оптического клина 1. Лучи, прошедшие в оптический клин 2, проходят через его рабочую грань 3 и попадают на светоотклоняющий элемент 6, отражаясь им обратно в оптические клинья 1 и 2. Элемент 6 выполнен таким образом, что отраженные от него лучи входят в клинья 1 и 2 под углами, обеспечивающими их полное внутреннее от-

ражение внутри клиньев, с дальнейшим попаданием их на основания 5 клиньев.

В связи с отношением площади приёмной поверхности концентратора к одному торцу как 1 к 14, достигается 7ми кратная концентрация и КПД порядка 75%, связанный с потерями энергии при поглощении излучения материалом концентратора и частичном отражении излучения на каждой границе материалов. Геометрическая эффективность лучей, доходящих до фотоэлементов на торцах, рассчитывалась методом Монте-Карло в программе ZEMAX. КПД посчитан теоретически и подтверждён экспериментально. Концентратор имеет маленький вес и объём, имеет большую диаграмму направленности на солнце и не требует мощных систем охлаждения, позволяя обойтись пассивными радиаторами.

Но даже при эффективной работе концентратора в пределах от -30 до +30 градусов отклонения солнца по высоте, необходима его периодическая ориентация по азимуту. К тому же и обычные солнечные панели в течение дня вырабатывают примерно на 40% меньше энергии, как было указано ранее, в сравнении с тем, если бы солнечные лучи постоянно падали на них отвесно. Поэтому необходимо наличие солнечного трекера – устройства, периодически поворачивающего концентратор или солнечную панель на солнце.

Мы предлагаем одноосевой активный солнечный трекер. Принцип его действия основан на аналогово-цифровом сигнале платы управления, которая позволяет отказаться от использования микроконтроллеров и шаговых двигателей, позволяя снизить цену системы и упростить её, сохраняя качество и надёжность.

Разработана опытная модель установки в уменьшенном масштабе. Данная установка обладает точностью позиционирования до 1 градуса, потребляет малое количество энергии, имеет возможность регулирования времени между включениями. Перерыв между включениями необходим для того, чтобы снизить энергопотребление всей солнечной системы в связи с тем, что солнце движется по небосводу достаточно медленно, поэтому в единицу времени своё положение не меняет и имеет скорость, близкую к нулю, тогда как привод трекера при постоянной ориентации потребляет весомую мощность. Были проведены расчёты, показавшие, что наибольшей эффективности система достигает при времени между включениями в 40-60 минут для солнечных панелей и в 6-7 минут для концентратора.

На трекер также установлены концевые выключатели на основе оптопары, ограничивающие угол поворота установки, что предотвращает наматывание и излом проводов.

Использование трекера позволяет увеличить эффективность работы на 30-35% для солнечных батарей и в несколько раз для концентратора. Применение же концентратора и трекера одновременно позволяет снизить стоимость солнечной энергии более чем в 2 раза.

На данный момент при грантовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере ведётся работа по созданию установки мощностью 200Вт. Приобретены 2 солнечных модуля мощностью 100Вт из Зеленограда. Их эффективность проверена на тестовом лабораторном стенде Научно-исследовательского института полупроводниковых приборов, который способен генерировать стандартную мощность 1000Вт/м². Собран каркас для закрепления солнечных панелей, на котором имеется возможность менять угол наклона панелей от 40 до 60 градусов, что позволит увеличить эффективность сбора энергии в разные времена года. (Рисунок 3)



Рис.2 Измерение мощности панели на разработанной конструкции

Благодаря данной конструкции проведены более детальные опыты, подтвердившие выведенную ранее зависимость мощности от угла падения лучей. На данный момент ведётся работа по сбору механизма вращения трекера и его опоры для полномасштабной установки.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СОБЫТИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

В.З. Кузенков, Гончаров В.И.
Томский политехнический университет
KuzenkovVZ@nipineft.tomsk.ru

К основным недостаткам существующего инженерного документооборота в проектно-исследовательских организациях (далее ПИО) можно отнести следующие:

1. Непрозрачность технологических процессов выполнения проектных работ из-за несовершенства процедур оформления, распространения, хранения и учета документов.

2. Невозможность отслеживания процесса модификации инженерного документа управления проектированием в многопользовательской среде ПИО, сложность обнаружения и идентификации вносимых ошибок, и, как следствие, трудности их устранения.

3. Невозможность эффективного мониторинга процесса проектирования и объективной оценки степени готовности проекта или его части в заданный момент времени, в том числе отслеживания их состояния в рамках жизненного цикла и местонахождения в рабочем процессе, так как отсутствуют средства централизованного управления инженерными данными проекта.

Поэтому во всех ПИО постоянно ведутся работы по совершенствованию систем инженерного документооборота (СИД): внедрению (адаптации) коробочных (коммерческих) продуктов, или разработке собственных порталных систем управления документами проектов.

Целью данной работы является развитие методологии разработки СИД в проектной организации собственными силами. Предлагается следующий порядок разработки такой СИД: сформировать подробные статические (схемные) модели, описывающие потоки проектной деятельности и сопровождающие их информационные потоки (инженерные документы); разработать модель супервизорного ядра, обеспечивающего управление проектной деятельностью; преобразовать эти модели в динамические (в идеале – в сочетании с атрибутивной настройкой документооборота в организации); использовать результаты моделирования для кодирования программного обеспечения СИД. Можно ожидать, что такая последовательность проектирования обеспечит необходимую системную управляемость проектами.

Подходящим вариантом начала такой разработки является eEPC-нотация CASE-пакета ARIS, которая хорошо подходит для построения статических моделей, используемых на любых уровнях управления проектом. Такое описание используется в СМК во многих дочерних организациях нефтегазодобывающих Компаний, в частности, в

ОАО «ТомскНИПИнефть». eEPC-модели довольно легко можно преобразовать в динамическую модель, в частности, в сеть Петри (СП), так как они представляют собой строгое модельное представление чередования событийности и выполняемых действий. Это тем более просто выполнить, если при проектировании СИД ограничиться типовыми (задаваемыми в коробочных ПО САПР) модулями оптимизации управления проектными работами.

Визуальный формат eEPC-нотации выполнения проектных работ является хорошей практикой (Best Pratic), обеспечивающей понятность и непротиворечивость семантики автоматной модели СИД. Она в дополнение к формальной верификации управляемости дискретно-событийных систем (ДСС) обеспечивает семантическую верификацию модельного описания проектной деятельности посредством коллективного согласования и уточнения структурных особенностей и контекста спецификаций. Кроме того, такие описания обладают существенным достоинством при оперативном отслеживании изменений требований спецификаций при выполнении проектных работ.

Как следует из рис.1 в eEPC-нотации модель проектной деятельности может быть представлена конечным множеством событий E конечного множества функций F , конечным множеством коннекторов C , коннекторной функцией $T \in C \rightarrow (or, xor, and)$, которая отображает каждый коннектор на соответствующий его тип, конечно-го множества дуг

$$A \subseteq (E \cup F) \cup (F \times E) \cup (E \times C) \cup (C \times E) \cup (F \times C) \cup (C \cup F) \cup (C \times C).$$

Полученные EPC-диаграммы состоят из трех типов узлов событий E функций F и коннекторов C . Тип каждого коннектора устанавливается функцией $T \in C \rightarrow (or, xor, and)$. Отношение A специфицируется дугами соединяющими функции события и коннекторы. Эти отношения попарно не пересекаются (не соединяются между собой две функции или два события). Кроме того, только события являются началом и концом диаграмм. Событийное описание проектной деятельности позволяет отнести управление проектной деятельности к классу (ДСС).

ДСС такого типа может быть описана тройкой (G, K, S) , где G - это проектные работы, K - требования (спецификации), устанавливающие порядок их выполнения, а S - супервизор, который должен обладать свойством управляемости процессом проектирования ПИО при заданных огра-

ничениях спецификаций выполнения проектных работ. Функционирование такой ДСС характеризуется множеством событий E и генерируемыми последовательностями s из этих событий $e \in E$. Множество генерируемых последовательностей формируют атрибутное содержание языков ДСС: языка $L(G)$, генерируемого проектом G и языка $L(S)$, генерируемого супервизором S .

Описание проектной деятельности в такой нотации позволяет установить в ПИО событийную траекторию, последовательность их выполнения и тем самым верифицировать спецификацию K ДСС. Кроме того, эти модели обеспечивают смысловую прозрачность инженерного документооборота. Прозрачность документооборота позволяет установить смысловое содержание языков $L(G)$ и $L(S)$. Такая модель проектных работ позволяет установить и определить заданный (устанавливаемый руководством) набор управляющих команд в СИД. Он представляется как последовательность инженерных документов, которые должны быть отработаны исполнителями, установленными в ПИО регламентами.

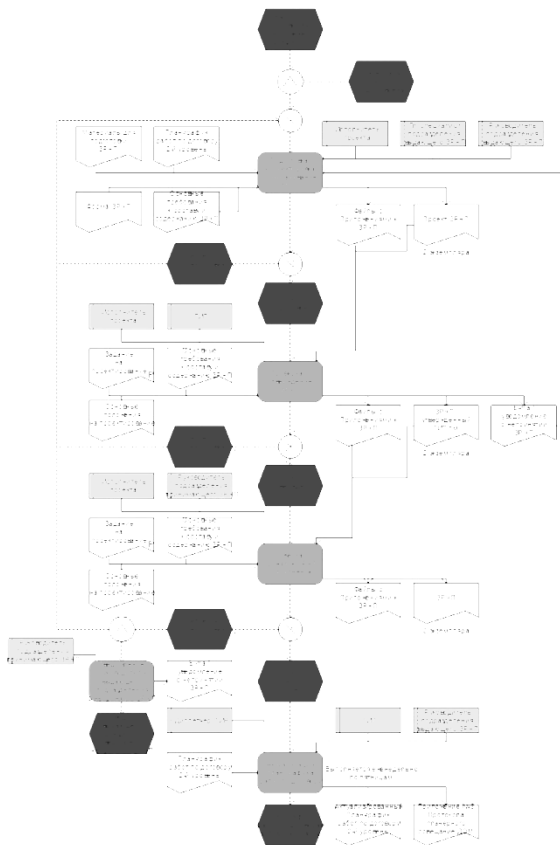


Рис. 1. eEPC модель ЗРЧП

Рассмотрим модуль супервизора, который должен формировать процедуру подготовки и выдачи заданий на разработку частей проекта

(ЗРЧП), отслеживать истории модификации инженерного документа управления проектированием в многопользовательской среде ПИО, обеспечивать необходимое управление согласованием и утверждением проектных документов. eEPC модель ЗРЧП показана на рис.1

Как видно из модели такая нотация описывает в нужном объеме для СИД не только операционную последовательность, но и состав документов используемых в операциях .

Для последующей верификации модели перед подготовкой программного кода ПО СИД согласно предлагаемой нами методики ее структурная модель должна быть переведена в нотацию СП, что позволит установить управляемость и наблюдаемость инженерного документооборота.

С целью уменьшения размерности СП и минимизации возможных системных (структурных) ошибок логично использовать типовые шаблоны (Patterns) операций проектной деятельности [1]. При разработке ПО СИД типовые шаблоны СП преобразуются в программные объектно-ориентированные модули, которые идентифицируют и показывают отношения и взаимодействия между классами или объектами, без определения того, какие конечные классы или объекты приложения будут использоваться. Шаблон даёт решению свое имя, что облегчает работу для разработчиков коммуникацию между отдельными модулями СИД, позволяя ссылаться на известные шаблоны. Таким образом, за счёт шаблонов производится унификация компонентов ПО и снижается количество возможных ошибок. Правильно сформулированный шаблон проектирования позволяет, отыскав удачное решение, пользоваться им снова и снова. Набор шаблонов помогает разработчику выбрать возможный, наиболее подходящий вариант проектирования.

Вывод

Выполненная в такой последовательности подготовка алгоритма управления супервизора управления инженерным документооборотом будет непротиворечивой и будет соответствовать установленным спецификациям (документированным процедурам ПИО, регламентам работы) как при управлении портфелем проектов в целом, так и управлении отдельными проектами портфеля ПИО.

Список литературы

1. Kuzenkov V, Zebzeev A, Gromakov E., Resource leveling in the project design process by Petri net using, Advanced Materials Research Vol. 905 (2014) p.752-756

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ ДАТЧИКОВ НА ВОЛОКОННОЙ БРЕГГОВСКОЙ РЕШЕТКЕ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ С БОЛЬШОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ

З.Н. Алексеенко, О.В. Стукач
ООО «СибСенсор»
zakharalekseenko@gmail.com

Введение.

Целью работы является описание решения разработанного компаниями «СибСенсор» и «Инверсия-Сенсор» в сфере проведения автоматизированных измерений.

Одним из направлений работы компаний «СибСенсор» и «Инверсия-Сенсор» - является разработка и внедрение систем мониторинга на основе датчиков на волоконной брегговской решетке на объектах со сложной инфраструктурой. Примером являются гидроэлектростанции, заводы, рудники, объекты газопроводной сети, космической промышленности и другие. На этих объектах предъявляются особые требования к системам мониторинга. Это основные из них:

- Точность измерений
- Большое время наработки на отказ
- Безопасность эксплуатации в условиях нахождения датчиков в легковоспламеняющейся среде
- Возможность организации мониторинга на больших площадях.

Всем этим требованиям удовлетворяют системы на основе датчиков на волоконной брегговской решетке. По сравнению с системами мониторинга на электрических датчиках, она обладает следующими преимуществами:

- Высокая протяженность линии до 8 км
- Искробезопасность. Является неотъемлемым условием эксплуатации в шахтах и объектах нефтегазовой промышленности
- Отсутствие необходимости в питании датчиков
- Возможность разместить до 25 датчиков на одной волоконно оптической линии

Компаниями «СибСенсор» и «Инверсия-Сенсор» разработаны следующие типы датчиков:

- Температурный датчик
- Датчик давления
- Датчик малых перемещений.
- Оптический гироскоп
- Оптический акселерометр
- Оптический инклинометр.

Описание системы мониторинга.

Система на основе датчиков на волоконной брегговской решетке имеет обычно линейную слаборазветвленную структуру. Причиной является то, что на одной линии опроса можно установить до 25 датчиков.

Ниже представлена схема организации мониторинга на объекте. Каждая из линий датчиков имеет протяженность не менее 4 км.

Система мониторинга на основе датчиков на волоконной брегговской решетке состоит из следующих компонент

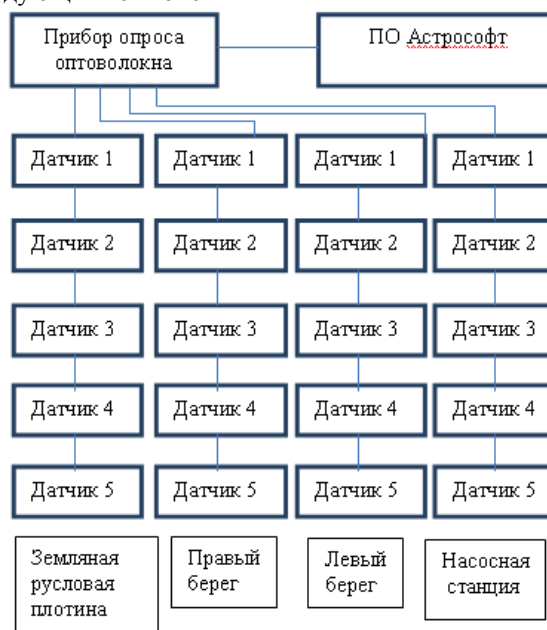


Рис. 1. Схема организации мониторинга на объекте.

1) Прибор опроса AstroSense A310, в промышленном исполнении. Имеет оптическое разрешение 2 пикометра. Служит для опроса оптоволокна с установленными в нем датчиками.

2) Одномодовое оптоволокно. Идентично оптоволокну, используемому для построения линий связи.

3) Датчики на волоконной брегговской решетке.

Устройство датчика на волоконно брегговской решетке

Волоконная брегговская решетка - распределенный брегговский отражатель (разновидность дифракционной решетки), сформированный в сердцевине оптического волокна. Волоконная брегговская решетка обладает узким спектром отражения, используется в волоконных лазерах, волоконно-оптических датчиках, для стабилизации длины волны лазерных диодов.

В основе волоконных брегговских решеток лежит явление дифракции, возникающей, если у материала сердцевины оптического волокна пери-

одически изменяется показатель преломления. Период модуляции Λ подбирают таким образом, чтобы в отражении возник резонанс на нужной длине волны. Если средний показатель преломления структуры n , то резонансная длина волны равна $\lambda_B = 2n\Lambda$

При периоде структуры 530 нм резонанс отражения возникает на длине волны около 1540 нм. Для сравнения у длинно-периодной волоконной решетки период составляет 100 мкм и более.

Характерная длина ВБР от 1 мм до нескольких см, то есть количество штрихов тысячи и десятки тысяч. Амплитуда модуляции показателя преломления - нескольких единиц 10^{-4} . Большое количество штрихов при малом изменении показателя преломления приводит к узкому спектру коэффициента отражения - ширина обычно составляет доли нм.



Рис.2. Решетка Брегга

Период структуры и резонансная длина волны изменяется при механическом сжатии или растяжении. Это используется для перестройки длины волны генерации лазера. Изменение температуры приводит к изменению показателя преломления вещества и также сдвигает резонансную длину волны.

Для наглядности ниже представлен график зависимости мощности сигнала от длины волны.



Рис.3. Отраженный спектр.

Два пика на графике это датчики на волоконных брегговских решетках. Как было описано выше, длина волны, на которой отражает датчик, зависит от периода решетки. Поэтому при построении систем мониторинга необходимо учитывать это, и включать датчики в линию так, чтобы у них не перекрывались рабочие диапазоны длин волн

4) Программное обеспечение для преобразования данных полученных от прибора в требуемые физические величины.

Нами было разработано специализированное программное обеспечение для опроса датчиков. Ввиду значимости объекта автоматизации к нему предъявляются особые требования по надёжности, а также, по точности измерений. Некоторые элементы программного обеспечения проходили сертификацию, на пример модуль

определяющий датчики на отраженном спектре. Ниже представлена схема, по которой работает программное обеспечение.

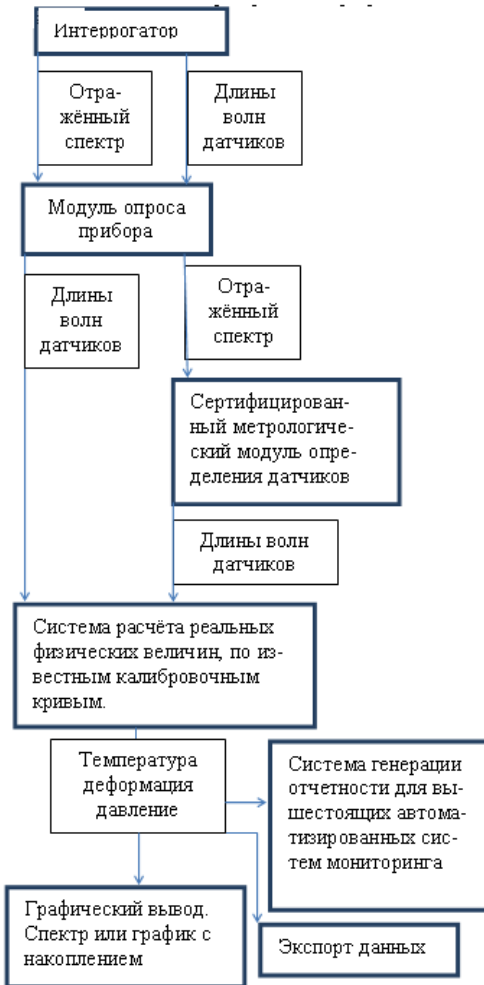


Рис.4. Принципиальная схема сбора и обработки данных в ПО.

Заключение.

Приборы на основе волоконно оптических датчиков на настоящее время являются оптимальным решением для построения систем мониторинга. Они опережают конкурентные решения по многим параметрам, таким как

- масса-габаритные характеристики (искробезопасные приборы довольно массивны, а также требуют соответствующего искробезопасного питания)
- высокая точность измерений
- большая протяженность линий.

Литература

1. Волоконно-оптические датчики [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.devicesearch.ru/article/datchiki_deformacii, свободный.
2. Внутренние документы компаний «Сиб-Сенсор» и «Инверсия-Сенсор».

КЛАССИФИКАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Гофман А.К., Литвинов В.П.

Научный руководитель: Литвинов В.П., зав. лабораторией ИПС ИК ТПУ
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Lamer-Uter@yandex.ru

Введение

Современные способы ведения бизнеса, вопросы обеспечения безопасности населения, жизнедеятельности объектов и решение социальных вопросов требуют своевременной информации различного характера. Данная возможность легко реализуется в городах и производственных областях где использование каналов связи не вызывает сомнений. Но существуют регионы со сложным рельефом или большой удалённостью объектов, где прокладка наземных сетей не возможна, или не рентабельна. Одним из решений данной проблемы является использование спутниковой связи.

Но для решения конкретных задач необходимо подобрать конкретный вид спутниковой связи или скомбинировать несколько ее видов. Чем же различаются между собой системы спутниковой связи?

Область покрытия

На рынке спутниковой связи существуют различные системы, такие как Iridium, GlobalStar, Inmarsat, Thuraya, Hughes, iDirect. Существуют отечественные, такие как Истар и Гонец. Зоны покрытия этих систем таковы:

- Iridium – вся территории Земли и ее водных ресурсов, включая северный и южный полюсы.
- Глобалстар – работает на большей части материковой суши и прилегающих морей от 70° ю.ш. до 70° с.ш.,
- Inmarsat – обеспечивает устойчивую работу системы практически на всей территории земного шара, за исключением северных и южных широт.
- Thuraya рпг– обеспечивает покрытие территории 140 стран Европы, Центральной Азии, Ближнего Востока, Северной и Центральной Африки.
- Hughes – технология позволяет строить системы как региональные, т.е. с покрытием одного или нескольких регионов, так и глобального масштаба с использованием геостационарных спутников - обычных ретрансляторов сигнала, обеспечивая устойчивую работу системы практически на всей территории земного шара, за исключением северных и южных широт.
- Гонец – система спутниковой связи, обеспечивающая глобальное покрытие, включая северный и южный полюсы. Эта система находится

в состоянии развития и планируется к полноценному функционированию в 2015 году.

Тип абонентского оборудования

Каждая система спутниковой связи выполняет ограниченный и различный сервис передачи данных, т.к. невозможно выполнить одной системой все задачи организации каналов связи. Поэтому каждая система имеет свое уникальное терминальное (абонентское) оборудование, которое отличается исполнением и характеристиками:

- Iridium и Глобалстар – мобильные телефоны (для голоса) и модемы передачи данных (до 9.6 кбит/с) с ненаправленной антенной
- Thuraya – мобильные телефоны (для голоса) с ненаправленной антенной и модемы передачи данных (до 400 кбит/с) с направленной антенной
- Inmarsat – в основном мобильные модемы передачи данных (от 2 кбит/с до 500 кбит/с) с направленной антенной
- Hughes – стационарные и мобильные модемы передачи данных (до 3,6 Мбит/с) с направленной антенной
- Гонец- модемы передачи данных (до 64 кбит/с) с ненаправленной антенной.

Особенности орбит спутников

Имея представление о том, на каких территориях необходимо обеспечить связь, стоит рассмотреть особенности движения спутников по орбитам.

Существует несколько типов орбит движения спутников связи, отличающихся высотой, формой и углами между плоскостями орбиты и экватора Земли.

По высоте орбиты бывают:

- Низковысотные круговые (LEO) с высотами от 500 до 1500 километров (системы Iridium, GlobalStar)
- Средневысотные круговые (MEO) с высотами порядка 10 тыс. км. (системы Odyssey и ICO)
- Наклонная высокоэллиптическая (HEO) с высотами орбиты перигея от 18 до 25 тыс. км и апогея от 46 до 50 тыс. км.
- Геосинхронная (GEO) с высотой 36 тыс. км.

Наклонная высокоэллиптическая орбита имеет наклонение плоскости орбиты к плоскости экватора. Полярная орбита – это частный случай наклонной эллиптической орбиты, имеющая наклонение орбиты к плоскости экватора равное

90°. Эти орбиты, в частности, используются в системах «Sirius XM» (США и Канада) и японской навигационной системой QZSS. Наклонная высокоэллиптическая орбита «Тундра» (Россия) используется для работы военных спутников.

Геосинхронная – орбита, двигаясь по которой, спутник делает оборот ровно за то время, за которое Земля обращается вокруг своей оси. Экваториальная орбита (или геостационарная орбита (GEO) - частный случай геосинхронной орбиты. Она находится в экваториальной плоскости нашей планеты. Для наблюдателя с земли спутники на этой орбите кажутся неподвижными, находясь в одной точке. Это очень удобно для организации спутниковой связи VSAT, так как не нужно регулировать положение рефлекторов антенн, направляя их на уходящий спутник. Геостационарная орбита имеет высоту над поверхностью Земли 35876 км, радиус 42241 км, длину 265409 км. Экваториальная орбита помимо преимуществ имеет и недостатки для спутниковой связи:

- С таких орбит невозможно передавать сигнал на приполярные районы Земли, так как угол падения сигнала очень мал, или даже отрицателен
- Ограничено количество вмещаемых на орбиту спутников. Все возможные точки размещения спутников на геостационарной орбите давно уже поделены между странами.

Различие диапазонов

Ещё одним различием спутниковых систем передачи данных является диапазон частот и способ их экономии. Существует два способа экономии частот:

- Переиспользование частот – когда применяется пространственное разделение, при котором каждая антенна спутника принимает сигнал только с определённого района земной поверхности, при этом разные районы могут использовать одни и те же частоты.
- Поляризационное разделение каналов – различные антенны принимают и передают сигнал на одной частоте с ортогональными поляризациями (для линейной поляризации во взаимно перпендикулярных плоскостях, для круговой соответственно с правосторонним и левосторонним вращением). При этом, одни и те же частоты могут применяться два раза (для каждой из поляризаций).

Диапазоны частот, в которых работают спутниковые приемо-передающие устройства следующие:

- L (1,5 ГГц) - подвижная спутниковая связь
- S (2,5 ГГц) - подвижная спутниковая связь
- C (4 ГГц, 6 ГГц) - подвижная и фиксированная спутниковая связь, телевидение

- X (8-12 ГГц) - фиксированная спутниковая связь
- Ku (11 ГГц, 12 ГГц, 14 ГГц) - фиксированная спутниковая связь, телевидение
- K (20 ГГц) - фиксированная спутниковая связь, телевидение
- Ka (30 ГГц) - фиксированная спутниковая связь, межспутниковая связь

Самым распространенным диапазоном в передаче больших объёмов данных являются C и Ku диапазоны. Активно развивается Ka диапазон. Эти диапазоны использует технология VSAT.

Особенности системы VSAT и системы Hughes

VSAT (Very Small Aperture Terminal) — малая спутниковая земная станция, то есть спутниковая станция с размерами антенн менее 2,5 метров. Система использует геостационарные спутники.

Технология Hughes (США) позволяет строить системы спутниковой связи размером от корпоративного до национального масштаба.

Основные характеристики систем HUGHES:

- Топология сети: звезда, полносвязная сеть, вложенная звезда.
- Формат прямого канала: DVB-S2
- Скорость ПД в прямом канале: до 121 Мбит/с, в обратном канале: до 3,2 Мбит/с.
- Частотный диапазон: C -, Ku – и Ka

Развитие системы Hughes

В настоящее время активно развиваются мобильные решения Hughes. Технологии уже применяются на авиа, железнодорожном, морском и автотранспорте.

Важная особенность компании Hughes - поддержка развития своей технологии путем создания учебно-исследовательского центра Hughes в ТПУ. Это единственный в своём роде учебный центр Hughes на Евразийском континенте. Учебный стенд, установленный в центре Hughes-ТПУ, позволяет проводить обучение по современным технологиям спутниковой связи и на практике соприкоснуться с действующей системой HN/NX. Такое сотрудничество способствует развитию спутниковой VSAT связи в России.

Список литературы:

1. Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли // Европа. – 2014. – 435 с.
2. Камнев В.Е., Черкасов В.В., Чечин Г.В. Спутниковые сети связи // Информ-Знание. – 2011. – 367 с.
3. Машбиц Л., Компьютерная картография и зоны спутниковой связи // Горячая Линия – Телеком. – 2012. – 260 с.
4. Вейцель В.В., Радиоприемники спутниковых систем // Эксмо. – 2013. – 224 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ КОРРЕКЦИИ СИГНАЛА ЛЧМ РАДАРА

А.А. Залевский, Ж.Т.Эрдынеев

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
zalevskiy.aleksey@gmail.com

Постановка задачи

В радарх с линейной частотной модуляцией на выходе смесителя формируется сигнал биений. Амплитуда этого сигнала имеет резкую зависимость от расстояния до объекта. И чем дальше объект, тем шире динамический диапазон входного сигнала, который подается на аналого-цифровой преобразователь для дальнейшей обработки. Так как динамический диапазон у АЦП ограничен, то невозможно выделить сигналы из шума, амплитуда которых меньше шага квантования АЦП. Целью данной работы является проектировка схемы для компенсации составляющих сигнала, которые ослабли из-за потерь распространения сигнала до цели и обратно.

Работа радара

В радарх с ЛЧМ модуляцией отраженный и опорный сигнал подаются на смеситель, на выходе которого формируется низкочастотный сигнал биений, частота и амплитуда которого зависят от радиальной скорости цели и её дальности. Для того чтобы обрабатывать сигналы от объектов находящихся на разных расстояниях необходимо, чтобы их амплитудные параметры входили в динамический диапазон АЦП. На рисунке 1 показана зависимость потерь ($20 \cdot \log(U_{отр}/U_{опор})$) при распространении сигнала до цели от расстояния до нее. Характер зависимости гиперболический и обратно пропорционален расстоянию в четвертой степени. Из рисунка 1 видно, что обнаружение дальних объектов приводит к увеличению входного динамического диапазона анализирующей системы.

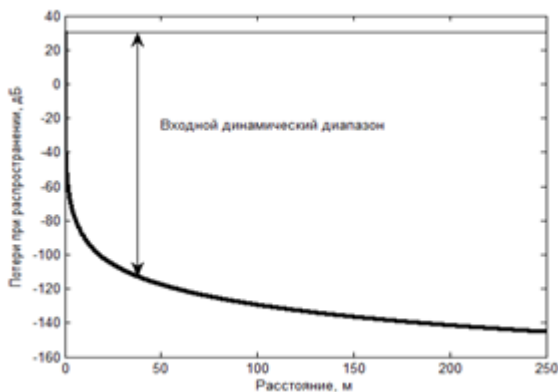


Рис.1 – Потери при распространении

Сжатие динамического диапазона

В спектре сигнала биения присутствуют гармоники от ближних целей так и от дальних.

Для того чтоб обрабатывать такой сигнал, необходимо усилить те составляющие спектра которые ослабевают из-за потерь при распространениях на большие расстояния. Зависимость между расстоянием до цели и частотой биения прямопропорциональна. Исходя из этого, можно пересчитать зависимость затухания от расстояния в частотную зависимость. На рисунке 2 показана обратная величина затуханию, то есть усиление, в логарифмическом масштабе по частоте. Если корректировать входной сигнала по такой зависимости, то распределение максимумов в спектре сигналов станет одинаковой.

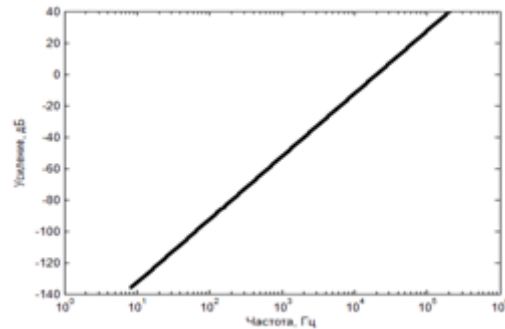


Рис.2 – Требуемое усиление

Необходимые параметры коррекции

Параметры коррекции будем считать для реального радара, параметры которого приведены в таблице. Из рисунка 2 определим необходимый коэффициент усиления, он составляет 40дБ/дек. Так как дальность действия радара соответствует 36 метра, что соответствует частоте сигнала биения в 30 кГц, то необходимо обеспечить на этой частоте максимальное усиление в 40дБ. Зная частоту дискретизации АЦП и рабочую полосу сигнала, можно найти частоту среза для устранения алиасинга. Рабочая частота до 30 кГц и частота АЦП 200 кГц, значит выше частоты 170 кГц спектр входного сигнала необходимо подавить не менее чем на 20дБ.

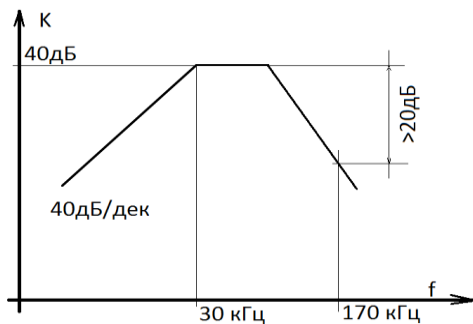
Девияция частоты	40 МГц
Период излучения	320 мкс
Частота дискретизации АЦП	200 кГц
Дальность действия	36 м

Таблица.1 – Параметры лчм радара

Выбор схемы коррекции

Применение усилителя с АРУ не подходит, так как при наличии большого и малого (более высокочастотного) сигнала на входе, усиление

будет выбрано согласно максимальному сигналу и переходящие гармоники от дальних целей будут потеряны. В связи с тем, что устройство должно быть компактное, и с большим коэффициентом усиления, то использование операционных усилителей оптимально. На рисунке 3 приведена требуемая амплитудно-частотная характеристика, которую нужно получить в соответствии с рассчитанными требованиями. Данную характеристику можно получить при использовании ФНЧ и ФВЧ включенных последовательно, либо ПФ. Фильтр первого порядка обеспечивает крутизну в 20 дБ/дек, поэтому ФВЧ должен быть второго порядка. На рисунке 4 показаны типичные звенья на ОУ. Под буквой *a* полосовой без положительной обратной связи (ПОС), под *б* ФНЧ Салена-Кея, под *в* ПФ Салена-Кея. Введение ПОС позволяет более резко получить изменение АЧХ. Сочетая



различные комбинации звеньев, можно получить требуемую АЧХ.

Рис.3 - Требуемая АЧХ

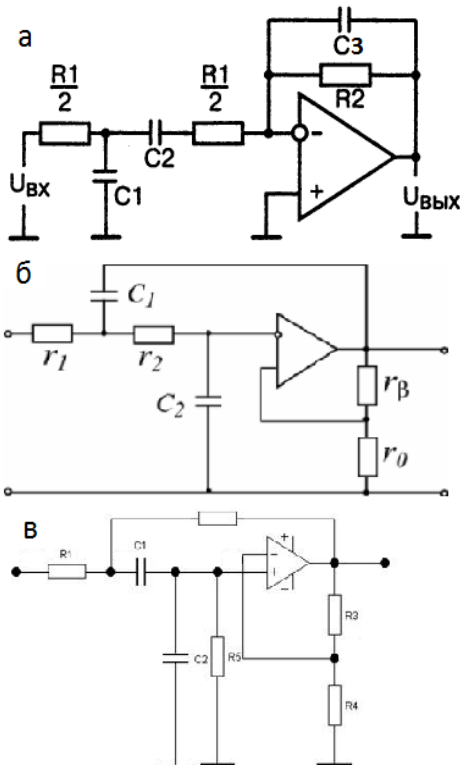


Рис. 4 - Типичные звенья активных фильтров на ОУ

Метод расчета

Получение передаточных функций для звеньев, осуществлялось методом узловых потенциалов. В программу Mathcad заносилась матрица проводимости, дальше по методу Крамера находилась функция отношения узловых напряжений. Таким образом, получены аналитические выражения частотных функций для всех схемных реализаций фильтров. Данный освоенный метод полностью совпадает с результатами, полученными из симулирующих сред проектирования электрических схем (использовался Multisim). Зная зависимости передаточных функций (ПФ) от параметров элементов, рассчитаны и частично подобраны элементы для каждого звена. По известным выражениям ПФ была проверена устойчивость по критериям Найквиста и Гурвица.

Практическая реализация

По спроектированным схемным решениям был собран прототип. На рисунке 5 показана измеренная АЧХ активного фильтра по схеме, изображенной на рисунка 4а. Разница между полученными результатами и рассчитанными обусловлена не идеальностью ОУ и измерительным оборудованием.

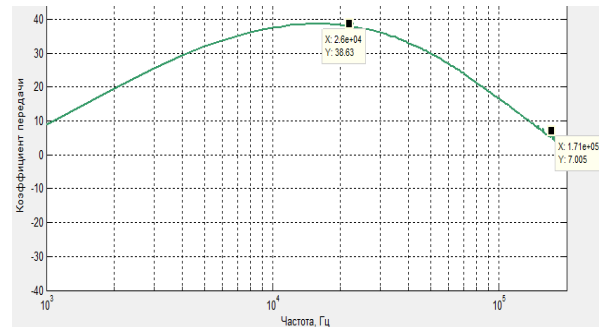


Рис.5 – Измеренная АЧХ рассчитанного фильтра

Заключение

■ Приведен принцип, по которому необходимо проектировать корректирующую цепь для сигнала со смесителя лчм радара. Выбрана схема коррекции и рассчитан для него активный фильтр. При измерении на нагрузке с высоким импедансом никаких искажений нет, а при подключение 50-омной нагрузки на выход появились несоответствия с расчётами, что дает мотивацию к дальнейшим перерасчетом.

■

Литература

1. Моделирование и анализ линейных устройств на основе операционных усилителей. Учебно-методическое пособие. Кологривов В.А. 2012г.71с.
2. Сайт Findpatent [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/206/2060514.html>

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДВУХМАССОВОГО ПОДВИЖНОГО ЗВЕНА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Пякилля Б.И., Гончаров В.И.
Томский политехнический университет
pakillaboris@gmail.com

Введение

Робототехнические системы с каждым годом начинают играть все большую роль в промышленном производстве, а в некоторых случаях без них уже невозможно представить эффективную работу предприятия и качественное изготовление продуктов. С возрастанием требований к качеству получаемой продукции, возрастают и требования к качеству функционирования роботов и робототехнических систем, а значит, возникают все новые научные проблемы, связанные с обеспечением оптимальной работы систем автоматического управления (САУ) роботами. В основе построения качественной автоматической системы лежит глубокое понимание свойств управляемого объекта. Для этого поведение исследуемого объекта необходимо описать средствами некоторого формального языка. В нашем случае, это означает построить математическую модель. Построение математической модели связано с обязательным наличием некоторого набора экспериментальных данных в виде массивов входных и выходных сигналов. Этими входными и выходными сигналами, в случае управления положением звена робота, являются заданные и фактические значения углов, угловых скоростей и ускорений, а также моментов. Далее необходимо использовать метод, позволяющий, по имеющимся данным, получить математическую модель изучаемого объекта. Перейдем к подробному описанию используемого метода идентификации.

Описание метода идентификации

Для идентификации был выбран метод, основанный на применении вещественного интерполяционного метода (ВИМ) [1], доказавшего свою эффективность и небольшие вычислительные затраты.

ВИМ принадлежит к методам, оперирующим с математическими описаниями в области изображений. Базовой основой метода является вещественное интегральное преобразование:

$$F(\delta) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-\delta t} dt, \delta \in [C, \infty), C \geq 0 \quad (1)$$

где оригиналу $f(t)$ ставится в соответствие изображение $F(\delta)$, представленное как функция вещественной переменной δ . Формулу (1), являющуюся прямым преобразованием, можно рассмотреть как частный случай преобразования Лапласа,

связанный с заменой переменной: комплексной $p = \delta + j\omega$ на вещественную δ .

Использование преобразования (1) для решения задачи идентификации, как и в базовом случае применения преобразования Лапласа, связано с определением передаточной функции $W(p)$ по известным сигналам входа $x(t)$ и выхода $y(t)$. Отличие заключается в переходе к вещественным изображениям $W(\delta)$, $X(\delta) = L\{x(t)\}$, $Y(\delta) = L\{y(t)\}$, $\delta \in [C, \infty)$, $C \geq 0$. На основе этих моделей формируется уравнение $Y(\delta) = W(\delta)X(\delta)$, в котором присутствует искомая функция $W(\delta)$.

Далее, имея математическое выражение вида

$$W(\delta) = \frac{\int_0^{\infty} y(t)e^{-\delta t} dt}{\int_0^{\infty} x(t)e^{-\delta t} dt}, \quad (2)$$

можно найти вещественную передаточную функцию $W(\delta)$. Переход к передаточной функции по Лапласу осуществляется формальной заменой вещественной переменной δ на комплексную p в соответствии с рекомендациями [1,2].

Практическое применение соотношения (2) требует еще двух пояснений. Во-первых, в практических задачах входные и выходные сигналы $y(t)$, $x(t)$ заданы своими отсчетами $y(t_i)$, $x(t_i)$, $i = 1..n$. Эта особенность требует перехода в формуле (2) к численному интегрированию, что делается достаточно просто. Во-вторых, технология ВИМ использует численные расчеты. Поэтому по формуле (2) ищется предварительно так называемая численная характеристика

$$\{W(\delta_i)\}_\eta = \{W(\delta_1), W(\delta_2)..W(\delta_\eta)\}, i = 1..n$$

которая является численной формой математического описания динамического объекта [1,2], позволяя значительно сократить объем вычислений по сравнению с традиционными методами.

С учетом сказанного расчетная формула принимает вид:

$$W(\delta_i) = \frac{\int_0^{\infty} y(t)e^{-\delta_i t} dt}{\int_0^{\infty} x(t)e^{-\delta_i t} dt}, i = 1..n. \quad (3)$$

Математическая модель, в форме численной характеристики, объекта управления и исходная непрерывная вещественная передаточная функция имеют однозначную связь [2]. Она устанавливается при помощи системы линейных алгебраиче-

ских уравнений, которое при выполнении несложных условий система уравнений имеет решение и оно единственное [1,2].

Изложенные основы вещественного интерполяционного метода и его применения к задаче идентификации позволяют перейти к рассмотрению конкретной задачи получения математической модели и ее решению.

Применение метода идентификации

За экспериментальные данные будет взята переходная характеристика двухмассового подвижного звена робота IRB 1400 шведско-швейцарской фирмы ABB [3]. Характеристика эта получена путем изменения управляющего момента вращения вала электродвигателя и, записи с помощью датчиков, полученной угловой скорости вращения звена. Наличие помех в измерительном тракте обуславливает ее колебательный и «нервный» характер. Вид характеристики представлен на рисунке 1.

За математическую модель, адекватно описывающую поведение звена, выбрана передаточная функция

$$W(p) = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + k}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + 1},$$

где $n \leq 3$, $m < 3$.

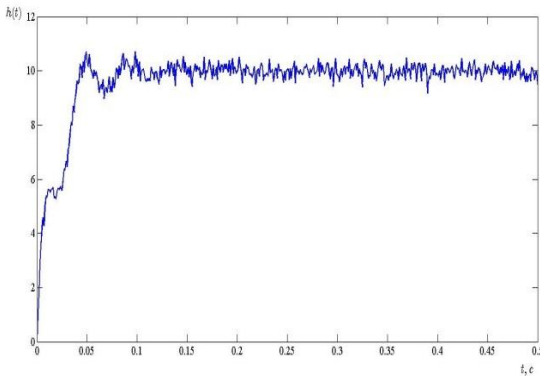


Рис. 1. Переходная характеристика подвижного звена

Выбор такого вида передаточной функции обусловлен возможностью представления исследуемого объекта в виде линейной системы без потери точности описания.

Используем предложенный алгоритм идентификации, основанный на использовании ВИМ. При проведении процедуры идентификации учтем, что нам известно конечное значение пере-

ходной характеристики, а значит и коэффициент усиления исследуемого объекта $k = 10$. За величину, характеризующую качество полученной модели, был взят критерий Чебышева:

$$\Delta h_{\%} = \frac{\max_{i \in [1, n]} |y_m(t_i) - y(t_i)|}{y_{\max}},$$

где y_{\max} – максимальное значение выходного сигнала. Результаты идентификации при различных вариантах порядка числителя и знаменателя передаточной функции $W_a(p)$ звена представлены в виде таблицы 1.

Таблица 1. Результаты идентификации

$W_a(p)$	$\Delta h_{\%}$
$\frac{10}{0,015p + 1}$	24,59
$\frac{0,051p + 10}{8,4 \cdot 10^{-7} p^2 + 0,024p + 1}$	17,52
$\frac{-4,71 \cdot 10^{-5} p^2 + 0,1p + 10}{2,1 \cdot 10^{-5} p^2 + 0,0325p + 1}$	21,84
$\frac{0,07p + 10}{4,03 \cdot 10^{-8} p^3 + 8,1 \cdot 10^{-6} p^2 + 0,02p + 1}$	19,5
$\frac{0,0008p^2 + 0,03p + 10}{5,3 \cdot 10^{-7} p^3 + 0,0001p^2 + 0,02p + 1}$	9,9

Таким образом, наиболее точно двухмассовое подвижное звено описывается передаточной функцией с параметрами $n = 3$, $m = 2$.

Заключение

В результате проделанной работы была идентифицирована математическая модель двухмассового подвижного звена промышленного робота IRB 1400 с помощью вещественного интерполяционного метода.

Литература

1. Måns Östring Identification, Diagnosis, and Control of a Flexible Robot Arm // Linköping Studies in Science and Technology. Thesis №948, 2002.
2. Belikmaier, M.Y., Goncharov V.I. Correctors for automatic control systems: Synthesis by uniform approximation// Automation and Control, 1997. (5 PART 1) , pp. 715-721
3. Goncharov V. Rudnicki V. Real interpolation method in automatic control systems self-adjustment problem// Systems Science, vol. 36, № 3, 2010. pp. 35 - 37

САР ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛООБМЕННИКА

Неупокоева А.Е., Скороспешкин М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: nastena-yurga@rambler.ru

В процессе работы систем автоматического регулирования (САР) нестационарными объектами необходимо предоставить заданное качество регулирования. Для того чтобы компенсировать нежелательные изменения свойств объекта, обычно изменяют характеристики регулирующего устройства. В большинстве случаев это достигается изменением параметров пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора (ПИД-регулятора).

Однако изменение параметров ПИД-регулятора не всегда может обеспечить заданное качество регулирования системы. Также методы подбора нужных параметров ПИД-регулятора довольно сложны и требуют немало времени на подстройку.

Одним из решений проблемы обеспечения заданного качества регулирования системы является способ, основанный на использовании адаптивных корректирующих устройств, включенных последовательно с регулятором. При изменении параметров данных устройств, корректируются динамические свойства САР, и тем самым компенсируется изменение свойств объекта управления.

Различают следующие типы данных устройств:

1. Корректирующее устройство с амплитудным подавлением (АП).
2. Корректирующее устройство с фазовым опережением (ФО).
3. Двухканальное корректирующее устройство с отдельными каналами для амплитуды и фазы (АФ)[3].

В данной работе приводятся результаты исследований САР температуры углеводородного конденсата на выходе из кожухотрубного теплообменника (КТ). САР реализована на основе ПИД-регулятора и последовательного адаптивного псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением.

В ходе работы системы, параметры регулятора не меняются и соответствуют начальной настройке. В процессе работы САР, в зависимости от изменений параметров объекта управления, меняется постоянная времени T корректирующего устройства. Данное изменение происходит только в тех случаях, когда качество регулирования становится неудовлетворительным. Это позволяет повысить качество переходных процессов, а также обеспечить устойчивость системы.

В данном технологическом процессе изменяется теплообменник с изменяющимся агре-

гатным состоянием вещества. Передаточная функция теплообменника имеет следующий вид:

$$W(s) = \left(\frac{K}{T_1 \cdot s + 1}\right) \left(\frac{1 - b \cdot e^{-\tau s}}{T_2 \cdot s + 1}\right) \left(\frac{1}{T_4 \cdot s + 1}\right),$$

где K – статический коэффициент передачи теплообменника, T_1, T_2, T_3, T_4 – постоянные времени теплообменника, b – константа, учитывающая конструктивные особенности теплообменника, τ – запаздывание теплообменника.

Постоянная времени T_1 определяет изменение давления пара в межтрубном пространстве; T_2 и T_3 – учитывают изменение теплообменных свойств стенок и жидкости в трубках КТ; T_4 учитывает инерционность выходной камеры для технологического потока. Параметры переменных: $K=9$; $T_1=0.27$; $T_2=25.8$; $T_3=0.94$; $b=0.7$; $\tau=10$; $T_4=1.11$.

САР температуры в КТ должна постоянно поддерживать температуру на уровне 90°C , величина перерегулирования должна быть $<20\%$, а время регулирования $<60\text{c}$. Настройки ПИД-регулятора: $K_{\text{п}}=0,2$; $K_{\text{и}}=0,05$.

В системе Matlab была смоделирована САР температуры углеводородного конденсата на выходе из КТ (Рисунок 1).

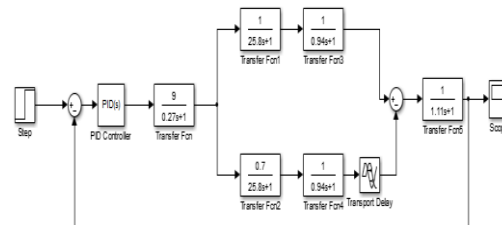


Рис. 1. Реализация САР в пакете Simulink среды Matlab

Внутренние возмущения объекта управления – изменение коэффициента теплопередачи на наружной и внутренней поверхностях трубы, а также удельная теплоемкость стенки трубки теплообменника. Основными внешними возмущениями являются изменения температуры теплоносителя и окружающей среды.

Допустим, что удельная теплоемкости стенки трубки КТ понизилась так, что значение T_2 передаточной функции теплообменника уменьшилось с 25,8 до 17,0 с.

Кривые переходного процесса на ступенчатое задающее воздействие САР приведены на рисунке 2, для случаев, когда значение постоянной времени $T_2=25,8$ с (кривая 1) и $T_2=17$ с (кривая 2).

Проанализировав кривые переходных процессов, можно сказать, что при изменении значе-

ния постоянной времени T_2 с 25,8 до 17,0 с, качество САР не удовлетворяет заданному.

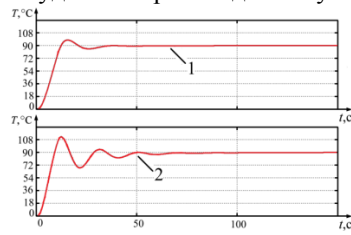


Рис. 2. Графики переходного процесса при различных значениях T_2

Для улучшения качества регулирования температуры углеводородного конденсата в теплообменнике было введено последовательное адаптивное корректирующее устройство с амплитудным подавлением. При изменении параметров объекта управления данное устройство повышает запас устойчивости по амплитуде. Структурная схема САР приведена на рисунке 3. Модель САР с адаптивным корректирующим устройством представлена на рисунке 4.

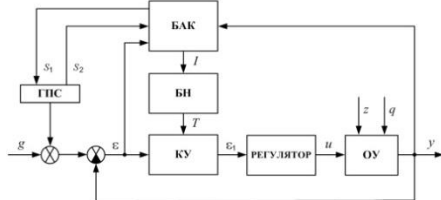


Рис. 3. Структурная схема САР

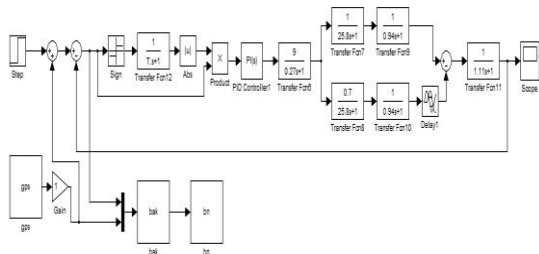


Рис. 4. Реализация САР с адаптивным корректирующим устройством в пакете Simulink среды Matlab

Входе работы САР параметры ПИ-регулятора остаются неизменными, а в зависимости от изменения параметров объекта управления, меняется создаваемый корректором запас устойчивости по амплитуде. Эти изменения происходят только в тех случаях, когда качество регулирования САР не удовлетворяет заданию.

В момент времени t_1 , в систему поступает импульс с генератора пробного сигнала (ГПС). После подачи импульса в блоке анализа качества (БАК) рассчитывается эталонная оценка критерия качества САР и запоминается в качестве эталонной оценки. В момент времени t_2 происходит из-

менение постоянной времени T_2 передаточной функции объекта управления. Далее происходит подсчет текущей оценки критерия качества САР, сравнение с эталонной оценкой, и по результату сравнения принимается решение о подстройке корректирующего устройства.

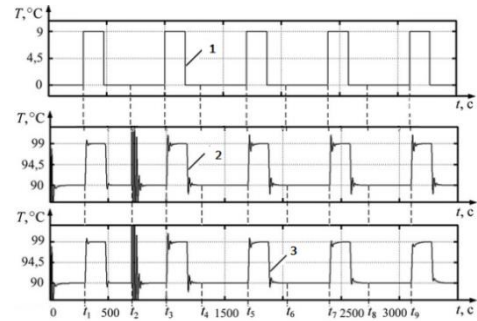


Рис. 5. Графики переходных процессов

На рисунке 4 приведены графики переходных процессов с использованием корректирующего устройства (кривая 3) и только с ПИ-регулятором (кривая 2). Кривая 1 показывает импульсы, поступившие с ГПС. Качество САР с корректирующим устройством значительно лучше, чем без корректора. При изменении постоянной времени T_2 до 3 секунд, качество работы САР с корректором удовлетворяет заданию, в то время как САР без корректора становится неустойчивой.

В результате проведенных исследований была показана эффективность использования САР с ПИ-регулятором и последовательным корректирующим устройством с амплитудным подавлением, для систем с параметрически нестационарными свойствами объекта управления.

Список литературы

- 1 Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования, издание третье, исправленное. – М: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1975–768 с.
- 2 Попов Е.П., Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 304 с.
- 3 Нелинейные корректирующие устройства в системах автоматического управления / под ред. Ю.И. Топчиева. – М.: Машиностроение, 1971. – 466 с.:

ЛОКАЛИЗАЦИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

А.С. Беляев

Томский политехнический университет

Tomsk polytechnic university

E-mail: belyaewas@mail.ru

В настоящее время очень широко развиваются направления связанные с искусственным интеллектом. Одна из сфер применения, которого является робототехника. Создание умных роботов с интеллектом является основной проблемой и задачей в современном мире.

Существует несколько методов искусственного интеллекта применяемого в робототехнике: нейронные сети, генетические алгоритмы, адаптивные алгоритмы, нечеткая логика. Данные методы позволяют решать практически все локальные задачи, связанные с движением, распознаванием и многими другими задачами роботов.

Самое широкое применение в настоящий момент получают именно классические нейронные сети и генетические алгоритмы.

Но недостаток высококвалифицированных специалистов в данной области не позволяет данному направлению развиваться очень стремительно.

В данной работе решена задача локализации мобильного робота Robotino, по средствам нейронных сетей основанных на методе МГУА.

Метод группового учёта аргументов (МГУА)— семейство индуктивных алгоритмов для математического моделирования мультипараметрических данных. Метод основан на рекурсивном селективном отборе моделей, на основе которых строятся более сложные модели. Точность моделирования на каждом следующем шаге рекурсии увеличивается за счет усложнения модели. [1]

МГУА позволяет выбрать модель оптимальной сложности из заданного класса моделей, чтобы описать имеющийся набор экспериментальных данных

Построенная на этих данных модель им не противоречит, и поэтому может быть названа правдоподобной.

Метод МГУА позволяет самим не формировать связи между слоями и структуру самих слоев, что значительно упрощает жизнь специалисту в данной области.

Robotino- мобильный робот компании FESTO Didactic. система двигателей включает в себя три колеса; каждое из них приводится в движение отдельным двигателем. Оси колёс расположены под углом 120° друг у другу. По всему основанию Robotino расположен мягкий бампер, способный работать в качестве сенсора, там же расположены инфракрасные дальномеры и датчики угла поворота. [2]

И так, была поставлена цель, разработать систему локализации для данного робота на основе нейронных сетей.

Первым этапом данной работы являлось создание программы для робота для создания обучающей выборки.

Данной программа записывала значения энкодеров после движения 1 минуты при заданных нами скоростях моторов. В результате были получены следующие данные (рисунок 1).

номер	Н.Кавский	н	Н.Зелёный	н	Н.Кавский	н	Н.Зелёный	н	Энкодер	ЭН2	ЭН3	V1	V2	V3
1г	1062г	575г	1074г	954г	977г	601г	1165г	929г	775г	777г	7953г	100г	100г	100г
2г	977г	601г	1164г	930г	880г	585г	1115г	882г	690г	723г	-6938г	100г	100г	-100г
3г	880г	585г	1115г	882г	924г	547г	1203г	803г	737г	-7519г	7751г	100г	-100г	100г
4г	924г	547г	1203г	803г	937г	443г	1158г	749г	6358г	-7792г	-7807г	100г	-100г	-100г
5г	937г	443г	1158г	749г	928г	549г	1201г	809г	-6916г	7808г	7793г	-100г	100г	100г
6г	928г	549г	1201г	809г	887г	583г	1112г	888г	-7512г	7166г	-7808г	-100г	100г	-100г
7г	887г	583г	1112г	888г	987г	606г	1164г	940г	-7340г	-7534г	7404г	-100г	-100г	100г
8г	987г	606г	1164г	940г	1077г	582г	1074г	960г	-7926г	-7947г	-8102г	-100г	-100г	-100г
9г	1078г	582г	1074г	960г	895г	730г	1264г	817г	2151г	2176г	2229г	200г	200г	200г

Рис. 1. Структура обучающих данных

В ходе данного этапа происходило определение координат при помощи камеры расположенной над рабочей областью.

На рисунке 2 представлено изображение робота после его перемещения, для определения координат после перемещения.



Рис. 2. Определение координат происходит по поиску цвета, излучающего светодиодами, залепленными на роботе.

Следующий этап, обучения сети. Происходил с помощью специально написанной программы-сервера, который обчислял структуру сети по методу МГУА. Необходимые параметры и расчеты, а так же сравнение полученных результатов и определение точности происходило в среде Mathcad.

Следующим этапом является анализ полученных решений, и выбор лучших вариантов.

В результате были получены следующие результаты, представленные на рисунках 3,4,5.

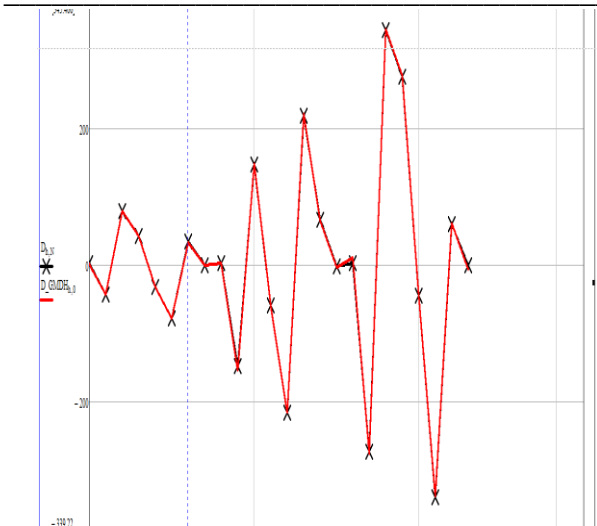


Рис. 3. Сравнение полученных результатов и истинных по координате y. Средняя ошибка порядка 2 мм.

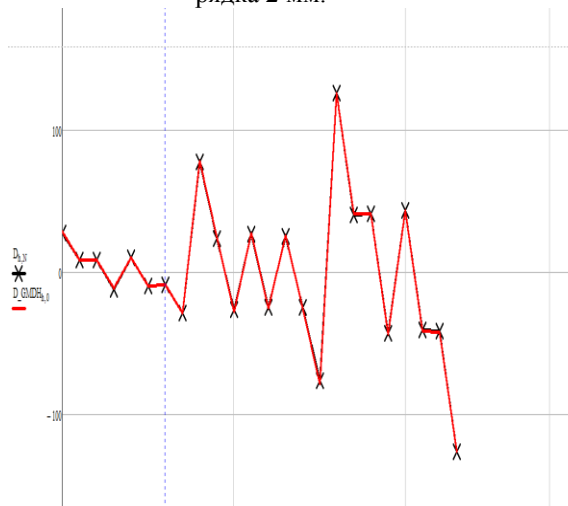


Рис. 4. Сравнение полученных результатов и истинных по углу поворота. Средняя ошибка порядка 0,5 градуса.

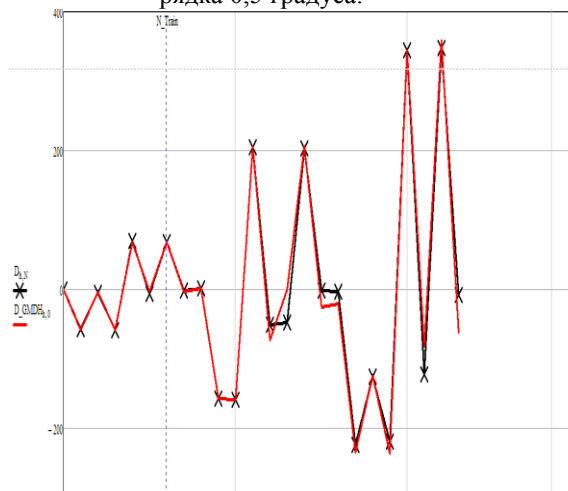


Рис. 5. Сравнение полученных результатов и истинных по координате x. Средняя ошибка порядка 1 см.

Данные сети в качестве входных переменных имеют 3 значения энкодеров и 3 значения скоростей моторов.

В результате данной работы был проведен анализ работы нейронных сетей при изменении ее параметров и полученных результатов. А так же получены 3 нейронных сети, при необходимости можно легко объединить их в одну программу, которые позволили получить очень высокую точность по сравнению с размерами самого робота.

Так же было получена, что нейронные сети больше всего информации задействуют от энкодеров, а не от значений скоростей, что наглядно видно в структуре нейронной сети приведенной на рисунке 6.

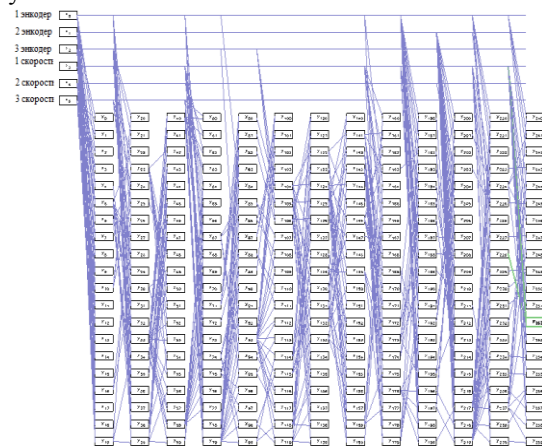


Рис. 6. Структура нейронной сети по методу МГУА, большее предпочтение отдает значениям энкодеров, а не мощностям моторов.

В заключении хочется отметить, что для решения задачи локализации можно использовать и другие методы основанные на показаниях энкодеров и мощностей моторов, но в случаях сложной кинематики робота, как у Robotino необходимо проводить дополнительные математические расчеты. Нейронные сети позволяют же убрать данную проблему.

Литература

1. Метод группового учёта аргументов URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_группового_учёта_аргументов (Дата обращения: 19.10.2014)
2. Robotino. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Robotino> (Дата обращения: 19.10.2014)

КОНЦЕПЦИЯ СИЛЬНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОБОТОТЕХНИКЕ

А.С. Беляев

Томский политехнический университет

E-mail: belyaewas@mail.ru

Введение

Огромное количество фантастических книг и фильмов рассказывают нам, как искусственный интеллект поработает, истребляет, ведет волну с человечеством. Почему, если все так плохо весь научный мир пытается решить проблему его создания? Что толкает ученых заниматься такими опасными вещами, зачем такие риски?

Давайте разберемся, что же такое этот пресловутый искусственный интеллект. Предлагалось много определений интеллекта (такие, например, как возможность пройти тест Тьюринга), но на настоящий момент нет определения, которое бы удовлетворило всех. Тем не менее, среди исследователей искусственного интеллекта есть общая договоренность о том, что Сильный ИИ обладает следующими свойствами:

- Принятие решений, использование стратегий, решение головоломок и действия в условиях неопределенности;
- Представление знаний, включая общее представление о реальности;
- Планирование;
- Обучение;
- Общение на естественном языке;
- И объединение всех этих способностей для достижения общих целей.

И так наш искусственный интеллект (ИИ) должен сам мыслить, то есть выбирать решения исходя из своих чувств, оценки ситуации и рефлексов.

Но почему наш ИИ должен выполнять наши приказания, а не свои желания. Следовательно, нам нужен ИИ, у которого желания и потребности будут нашими желаниями, то есть подчиненный искусственный интеллект. По сути, машина-раб. [1]

Применение такого ИИ очень широко, одним из которых может быть робототехника. Представьте себе робота с таким ИИ, он сможет решить любую задачу. Так как даже самую сложную задачу можно разбить на ряд стандартных задач, которые можно обозначить и решать таким подчиненным ИИ.

Движение в любую координату, подъем предметов, распознавание изображений, голоса, рукописного подчёрка, все это будет не просто возможно, а решаться элементарно.

Предположим, что у нас есть робот, которому мы просто передаем задачу с компьютера, «принеси мне кофе». Робот перемещается в кухню,

делает кофе и привозит его по месту назначения. Все просто на словах, но чтобы сделать даже подобный жесткий алгоритм нужно огромное количество времени, так как придется учитывать и объезжать препятствия, решить задачу локализации, движения, и это только чтобы доехать до кофе. А сколько нужно сделать дальше? Жестким алгоритмом это очень долго делать, да и ненадежно.

Создание ИИ займет у нас тоже не мало времени, но после нужно вам кофе, чай, или просто перевести запчасти с места на место, ваш «умный» робот будет делать все только получая задание. С помощью данного ИИ возможно одновременно управлять группами роботов, что на данный момент является чуть ли не самой сложной проблемой робототехники. Такие группы роботов будут просто передавать нужную информацию друг другу, причем появиться, возможность не «четко» задавать им эту необходимую информацию, а давать им возможный выбор информации, то есть, им самим решать, что выдавать в «эфир».

В настоящий момент многие ученые трудятся на этой задаче, и методика такого сильного подчиненного искусственного интеллекта во многих аспектах найдена. Создаются даже нейрокомпьютеры, что сильно свидетельствует о развитии данной области. Остается немного взять и доработать данные методы до универсальных роботов.

Разработаем алгоритм для универсального мобильного робота, то есть робота который имеет 2 мотора (колеса), энкодеры на данные моторы, датчик касания расположенный впереди робота и ультразвуковой датчик, направленный в сторону движения робота.

Искусственный интеллект будем создавать на примере решения задачи движения в нужную точку объезжая препятствия.

Эмоциональный аппарат

Основная задача данного робота доехать в нужную для нас координату, это и будет его главным желанием. То есть робот будет получать положительные эмоции, если будет приближаться к необходимой координате. То есть если текущая координата ближе к искомой, чем предыдущая, то положительная оценка будет положительной, иначе будет уменьшаться.

Что будет, если робот увидит препятствие?

В первый раз ничего. Робот будет биться своим датчиком касания, и отъезжать назад, это один из его рефлексов, в результате чего будет полу-

чать отрицательный импульс, который научит его больше не допускать столкновение.

Обратная связь в нейронах, позволит роботу вспоминать предыдущую ситуацию, перед столкновением с препятствием, анализировать ее, и оценивать. В результате чего в следующий раз когда робот будет в подобной ситуации он не допустит подобного движения. То есть если в следующий раз он обнаружит на дальномере значение позволяющее понять, что близко препятствие, он не будет ехать в него, он будет обходить его.

А что будет, если робот будет обходить препятствие и при этом увеличивать расстояние от цели. Для этого существует прогнозирование или моделирование ситуации, то есть робот смотрит все возможные варианты, просчитывает их эмоциональную оценку, и выбирает лучший. Если вдруг в лучшем варианте он обнаруживает препятствие, то он возвращается в исходное и выбирает следующий. То есть мы описали **аппарат прогнозирования ситуации** нашего робота.

База данных

Чтобы «держать в уме» все данные ситуации, нужна база данных. Ее структура должна содержать:

1. Ситуацию
2. Эмоциональную оценку
3. Показания всех датчиков (включая текущую координату)
4. Предыдущая ситуация
5. Предыдущая эмоциональная оценка

То есть мы получаем следующую структуру.

На входы мы получаем значения энкодеров (которые переводим в координаты) и значения датчиков. Оцениваем эмоциональную оценку и прогнозируем дальнейшие действия, их эмоциональную оценку, выбираем лучшую и действуем. И так каждый раз.

Покажем еще раз на примере:

Робот находится в координате (0;0), нам необходимо добраться в координату (0, 100), то есть ехать просто прямо. Эмоциональная оценка 0. Предположим, что у робота есть 3 предположения по скорости: (50;100), (100;100), (100;50). Оцениваем каждый из них, в первом случае поедем по дуге влево, и приедем в точку эмоциональная

оценка которой, не очень будет отличаться от исходной, тоже самое будет и в 3 варианте. Во втором варианте он значительно улучшит свою оценку, так как будет ехать прямо с наивысшей скоростью. То есть прогноз примет за лучший данный вариант. И робот поехал. Предположим, что робот проехал какое то расстояние и стукнулся, рефлекторно отъехав назад. Он получил отрицательный импульс, который «убил» эмоциональную оценку, больше он никогда не выберет данный вариант, после он начинает перебирать варианты и объезжает препятствие. То есть методом перебора и сравнения эмоциональных оценок он будет перебирать и объедет препятствие.

Заключение

В заключении хочется отметить, что данного робота можно оснастить 3, 4, огромным количеством датчиков, и уменьшить время преодоления препятствий. Данный метод можно распространить практически на любого робота, так как практически все из них передвигаются.

На рисунке 1, представлена схема ИИ, распи-санного выше.

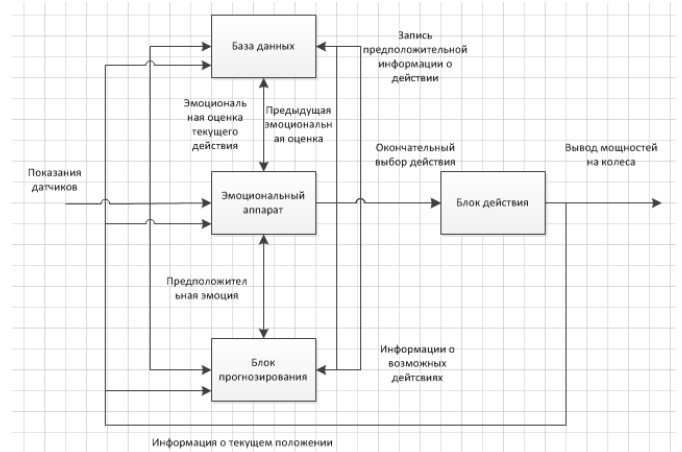


Рис. 1. Схема искусственного интеллекта для мобильного робота.

Литература

1. Автономный искусственный интеллект. Жданов А.А. – 2-изд. – М: Лабораторные задания, 2013г. –359с.

НЕДОСТАТКИ И ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОДНОПЛАТНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ В МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ

А.Р. Пантюхин

Томский политехнический университет

sanyapantuyukhin@gmail.com

Введение

С каждым днем предъявляются все новые требования к разработке систем. Они должны быть высокопроизводительными и как можно более энергоэффективными, такие же тенденции наблюдаются и в робототехнике. С увеличением количества датчиков и усложнением алгоритма работы - контроллеру приходится обрабатывать большие массивы данных, но приходит такой момент, когда увеличение невозможно. Чаще всего микроконтроллер заменяется компьютером, это приводит к повышению энергопотребления и уменьшению полезной массы перевозимой роботом.

Согласно статистике [1] при использовании персонального компьютера мы получаем большой прирост в производительности, но значительно теряем в габаритных характеристиках и удобстве использования конечного устройства. К тому же использование связки микроконтроллер – компьютер усложняет задачу программирования и разработки робота. Так как необходимо специально писать протоколы обмена данными и закупать дополнительные устройства, такие как преобразователи USB-UART.

В последнее время очень быстро развивается рынок одноплатных компьютеров, причем каждый разработчик может подобрать устройство по своим требованиям. Основная идея таких устройств: плата с процессором и минимальной обвязкой. Чаще всего компьютеры работают под операционной системой Linux. Она бесплатная и находится в свободном доступе, открытая архитектура позволяет писать драйверы практически под любое железо. В своей работе я использовал два, наверное, самых знаменитых компьютера это Raspberry Pi и Jetson TK-1.

Raspberry Pi

Одноплатный компьютер размером с банковскую карту, изначально разработанный как бюджетная система для обучения информатике. Впоследствии получивший намного более широкое применение и популярность, чем ожидали его авторы. Выпускается в трех версиях: «А» (256 Мб ОЗУ), стоимостью \$ 25, «В» (\$ 35, с ethernet, 512 Мб ОЗУ) и «В+» (с четырьмя портами USB, 512 Мб ОЗУ). Разрабатывается Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi выпускается в трех комплектациях: модель «А», модель «В» и модель «В+». Все версии оснащены ARM11 процессором Broadcom BCM2835 с тактовой частотой 700 МГц

и модулем оперативной памяти на 256Мб/512Мб, размещенными по технологии «package-on-package» непосредственно на процессоре. Модель «А» оснащается одним USB 2.0 портом, модель «В» двумя, а модель «В+» четырьмя. Также в моделях «В» и «В+» присутствует порт Ethernet. Помимо основного ядра, BCM2835 включает в себя графическое ядро с поддержкой OpenGL ES 2.0, аппаратного ускорения и FullHD-видео и DSP-ядро. Одной из особенностей является отсутствие часов реального времени. Вывод видеосигнала возможен через композитный разъем RCA или через цифровой HDMI-интерфейс. В версии «В+» вывод возможен через аудиоразъем 3,5. Корневая файловая система, образ ядра и пользовательские файлы размещаются на карте памяти SD, MMC, microSD (только в модели «В+») или SDIO. Внешний вид Raspberry Pi представлен на рисунке 1.

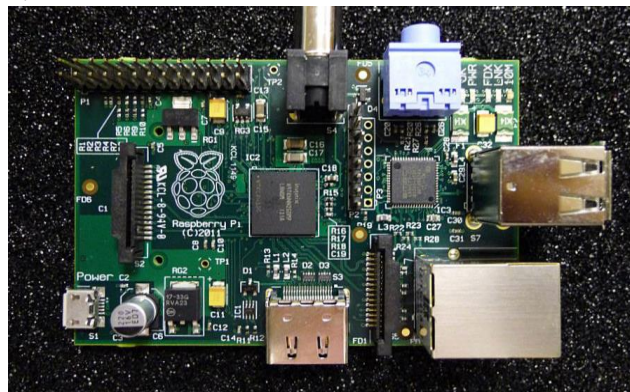


Рис. 1. Внешний вид Raspberry Pi

Конечно, использование Raspberry Pi позволяет решить проблемы, которые возникают, например, при использовании микроконтроллера. Мы получили прирост в вычислительной мощности по сравнению с МК и увеличили полезную нагрузку. Но для реализации действительно мощных алгоритмов чаще всего используются параллельные вычисления, без использования видеокарты реализация невозможна. В ходе работы возникла идея перенести вычисления на сервер, к которому робот будет подключаться удаленно и передавать текущие данные, после обработки сервер должен передать управляющее воздействие на робота. Но при использовании такого метода мы получаем задержку которая зависит от скорости соединения между роботом и сервером.

NVIDIA JETSON TK-1

Платформа для разработчиков NVIDIA Jetson TK1 - это полноценный ПК, созданный для разработки мобильных приложений и приложений для встраиваемых систем. Платформа построена на процессоре Tegra K1, первом мобильном процессоре с поддержкой CUDA. Tegra K1 содержит 192 программируемых ядра, что обеспечивает более чем 300 Гфлопс вычислительной мощности. Эти ядра построены на базе той самой архитектуры Kepler, которая находится в основе самых быстрых в мире суперкомпьютеров.

Сочетание архитектуры Kepler и поддержки технологии CUDA делают Jetson TK1 отличным решением для разработки приложений в таких областях, как компьютерное зрение, робототехника, медицина, безопасность, автомобилестроение и не только. Этот одноплатный компьютер был представлен в марте 2013 года. Вы можете видеть его на рисунке 2.



■ Рис. 2. Внешний вид Jetson TK-1

■
■
Благодаря полному набору средств для разработки и профилирования, а также встроенной поддержке камер и других периферийных устройств, NVIDIA предлагает идеальное решение, которое поможет сформировать будущее встраиваемых систем. Благодаря новой архитектуре с пониженным энергопотреблением этот одноплатный компьютер можно использовать в мобильной робототехнике. Данный одноплатный компьютер многократно улучшил характеристики мобильного робота. Снижение энергопотребления приводит к увеличению времени работоспособности. Jetson TK-1 обладает разъемом Ethernet, что позволяет подключаться к нему удаленно, например через сеть интернет и получать текущие параметры робота в режиме реального времени. Так как на данный компьютер предустановлена операционная система Ubuntu 13.04, то мы смогли пол-

ноценно использовать ROS и его навигационный стек. Перенесли вычисления с центрального процессора на видеокарту, что позволило нам получить прирост в производительности алгоритмов. Данные приведены на рисунке 3.

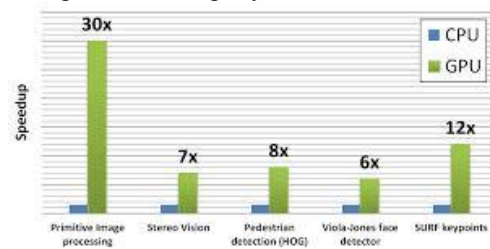


Рис. 3. Сравнение производительности при вычислениях на CPU и GPU

Для построения окружающего мира робота использовался сенсор Kinect. Поэтому было важно наличие USB порта в одноплатном компьютере и возможность использовать полный его функционал.

В процессе переноса кода с компьютера на Jetson возникла проблема с драйверами для Kinect.

Заключение

Рынок одноплатных компьютеров постоянно развивается. Если пару лет назад никто не мог представить, что возможно использовать такие устройства и получать довольно высокую производительность. Достоинства одноплатных компьютеров:

- 1) Малые габариты
- 2) Низкое энергопотребление
- 3) Достаточный набор стандартных интерфейсов связи
- 4) Работают под управлением Linux

Недостатки:

- 1) Низкая производительность по сравнению с ПК
- 2) Требуются дополнительные знания при работе с периферийными устройствами

Литература

1. Nvidia Developers

[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://developer.nvidia.com>, свободный.

2. Raspberry Pi [Электронный ресурс].
3. Wikipedia [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ РЕДУКЦИЕЙ ИНДУКТОРНОГО ТИПА

Т.Ю. Пенкина

Научно-исследовательский Томский политехнический университет

pentan-1987@mail.ru

Е.М Курбатов

ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва

Введение

Системы наведения антенн (СНА), в зависимости от типа космического аппарата (КА), обладают возможностью выполнения ряда поставленных задач:

- эпизодическое перенацеливание из одного положения в другое;
- эпизодическая орбитальная юстировка антенн;
- слежение за абонентом (как по программной траектории, так и с помощью радиопеленгатора).

Повышение требований к качеству функционирования СНА приводит к их усовершенствованию. Современным поколением спутников на предприятии ОАО «ИСС» являются КА серии «Луч-5». Опыт создания СНА таких спутников включает в себя чёткую структуризацию системы. Обобщённая модель управления положением антенны представлена на рисунке 1.



ИТ-источник тока; К-коммутатор;
ЭД- электродвигатель; Р-редуктор; А-антенна

Рис.1 Модель управления СНА

Для управления антеннами КА серии «Луч-5» используется трёхфазный синхронный электродвигатель с электромагнитной редукцией (СДЭР) индукторного типа с расщеплёнными обмотками, схема которого представлена на рисунке 2.

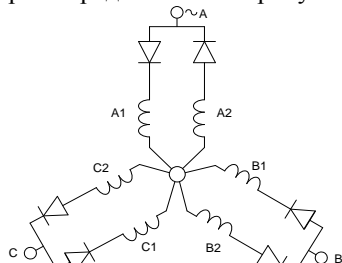


Рис.2. Схема СДЭР

Особенностями данного типа двигателей является возможность работы в режиме фиксированной стоянки под током, а также высокая стабильность скорости вращения при изменении момента

нагрузки в широких пределах, которая обеспечивается принципом действия электродвигателя [1].

Достоинствами электромагнитной редукции являются:

- повышенные значения электромагнитного момента и пониженные значения угловой скорости, что способствует снижению минимально допустимого передаточного числа редуктора;
- уменьшение угловой скорости вала редуктора и, следовательно, первого механического звена редуктора, что существенно снижает износ последнего;
- использование повышенного значения частоты питающего напряжения, что при импульсном питании обеспечивает лучшее сглаживание токов в обмотках, уменьшение пульсаций электромагнитного момента и мгновенных значений угловой скорости.

Управление СДЭР

Функционирование СДЭР осуществляется двумя способами:

- в режиме непрерывного вращения;
- в шаговом режиме.

Для обеспечения непрерывного вращения, СДЭР необходимо запитать системой непрерывных трёхфазных токов, а в шаговом режиме достаточно обеспечить стабилизацию амплитуды тока.

Для обеспечения минимизации аппаратных затрат наиболее оптимальным является реализация шагового режима. Схема коммутатора, реализующего шаговый режим, представлена на рисунке 3.

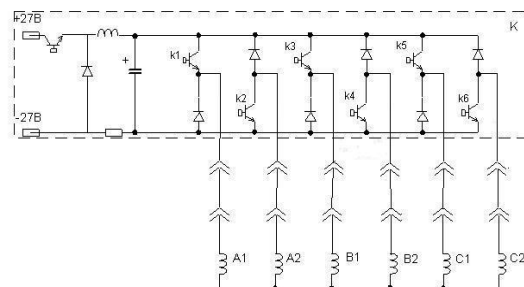


Рис.3 Схема подключения электродвигателя к коммутатору

Диаграмма тока в ключах коммутатора и в фазах двигателя представлена на рисунке 4.

В данном случае формирующие коммутатором сигналы представляют собой диаграмму идеаль-

ных токов, протекающих по трем фазам электродвигателя.

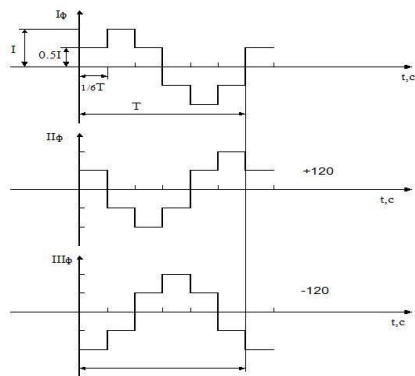


Рис.4 Диаграмма тока, формируемая коммутатором

В процессе испытаний, были зафиксированы формы тока в фазах СДЭР, на различных частотах управления как показано на рисунке 5.

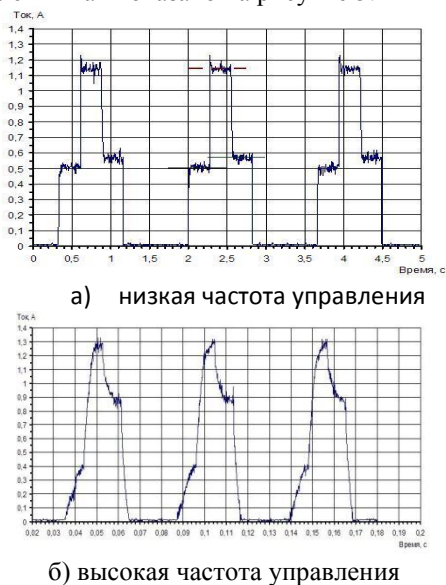


Рис.5 Полученные при испытаниях формы тока на разных частотах управления

При этом, исходя из рисунка, на низкой частоте управления, форма тока близка к идеальной характеристике коммутатора (рисунок 4), что несвойственно для формы тока, зафиксированной при высокой частоте управления. Полученные искажённые характеристики тока приводят к изменениям динамических характеристик двигателя. Поэтому задача сводится к разработке корректной модели коммутатора с электрической частью двигателя, где необходимо сформировать сигналы по шести полуфазам.

Модель СДЭР

Математическая модель СДЭР представляет собой дифференциальное уравнение, на базе которого в приложении Simulink пакета MatLab получена расчётная модель. На рисунке 6 представлена модель подключения одной обмотки двигателя.

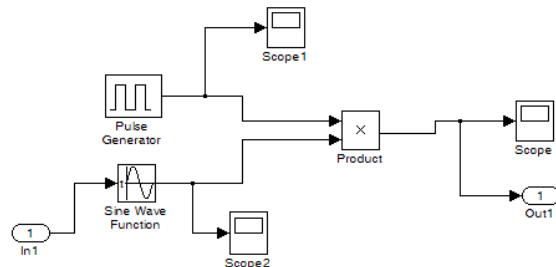


Рис. 6 – Модель одной обмотки СДЭР

Аналогичным образом моделируется управление остальными обмотками СДЭР, что в конечном итоге приводит к созданию макромодели двигателя (рисунок 7).

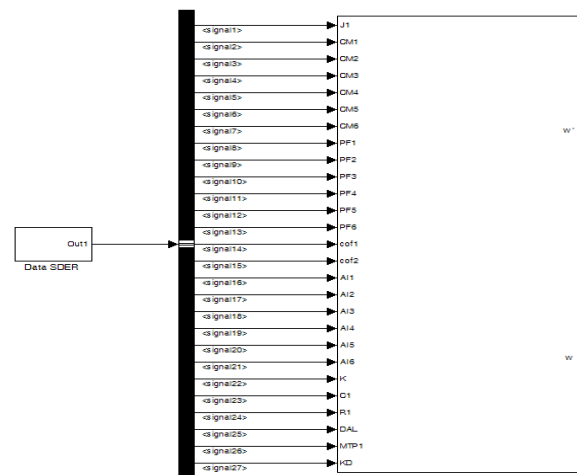


Рис. 7 – Макромодель СДЭР

■ Заключение

■ Результаты моделирования показали, что форма тока расчётной модели электродвигателя совпадает с экспериментальными данными, что в свою очередь позволяет назвать модель верифицированной.

■ Литература

1. Микроэлектродвигатели для систем автоматики (технический справочник). Под ред. Э.А.Лодочникова и Ф.М.Юферова, М, «Энергия», 1969 г.-272 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛОВ КОЭФФИЦИЕНТОВ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО ПОЛИНОМА, ГАРАНТИРУЮЩИХ ЗАДАННУЮ РОБАСТНУЮ СТЕПЕНЬ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ

Т.А. Езангина

Томский политехнический университет

eza-tanya@yandex.ru

Введение

В теории робастного управления большое значение имеет теорема Харитонова, позволяющая оценивать устойчивость полиномов с коэффициентами, изменяющимся в известных интервалах. Для анализа робастной устойчивости необходимо вместо проверки бесконечного числа полиномов, проверить на устойчивость только четыре полинома Харитонова, составленных из крайних значений коэффициентов, чередующихся парами (два минимальных значения – два максимальных) [1]:

$$P_1(s) = \underline{p}_0 + \underline{p}_1 s + \overline{p}_2 s^2 + \overline{p}_3 s^3 + \dots,$$

$$P_2(s) = \overline{p}_0 + \underline{p}_1 s + \underline{p}_2 s^2 + \underline{p}_3 s^3 + \dots,$$

$$P_3(s) = \overline{p}_0 + \overline{p}_1 s + \overline{p}_2 s^2 + \underline{p}_3 s^3 + \dots,$$

$$P_4(s) = \underline{p}_0 + \underline{p}_1 s + \underline{p}_2 s^2 + \underline{p}_3 s^3 + \dots,$$

Очевидно, что для проектировщика систем управления важно получить не просто устойчивую систему, а систему с желаемым качеством функционирования. При этом заметим, что система может быть устойчивой, но время затухания ее переходных процессов может быть настолько велико, что практически данная система не может быть использована. Известно, что быстрдействие системы определяется ее степенью устойчивости. Поэтому для разработки систем автоматического управления с интервальными параметрами представляет интерес задача определения интервалов коэффициентов характеристического полинома системы, при которых степень робастной устойчивости больше заданной, т.е. корни полинома лежат левее заданной вертикальной прямой при любых изменениях коэффициентов полинома. На рис. 1 показано отображение области изменения коэффициентов характеристического полинома на корневую плоскость для случая полинома с робастной степенью устойчивостью, большей η .

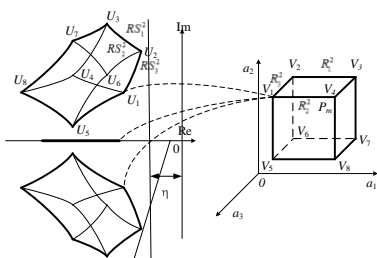


Рис. 1. Отображение многогранника коэффициентов

Определение допустимых диапазонов изменения коэффициентов характеристического полино-

ма позволяет решать задачу интервально-параметрического синтеза робастных регуляторов, чьи настраиваемые параметры линейно входят в коэффициенты характеристического полинома. Таким образом, задачей данной работы является разработка методики определения интервальных коэффициентов характеристического полинома, при которых их корни лежат левее вертикальной прямой, задающей робастную степень устойчивости.

Алгоритм определения интервалов коэффициентов полинома

Пусть задан интервальный полином:

$$P(s) = [p_n]s^n + [p_{n-1}]s^{n-1} + \dots + [p_0], \quad (1)$$

где $\underline{p}_i \leq p_i \leq \overline{p}_i$ (\underline{p}_i - нижний предел, \overline{p}_i - верхний предел). На основе коэффициентов p_i получены достаточные условия робастной устойчивости и робастной колебательности [1,2]. Эти условия использует показатели устойчивости λ_i и показатели колебательности δ_z [3]. Пусть в характеристическом полиноме (1) известны пределы не менее двух старших коэффициентов полинома (1). Используя достаточные условия робастной устойчивости и робастной колебательности, составим систему неравенств для определения неизвестных интервалов коэффициентов полинома

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_i^{**}(\eta) = \frac{\overline{p}_{i-1} \overline{p}_{i+2}}{(\underline{p}_i - \overline{p}_{i+1})(n-i-1)\eta)(\overline{p}_{i+1} - \underline{p}_{i+2})(n-i-2)\eta)} \leq \lambda^* \\ F_m(\eta) = \underline{p}_m - \overline{p}_{m+1}(n-m-1)\eta \geq 0, m=1, n-1 \\ F_0(\eta) = \underline{p}_0 - \overline{p}_1\eta + 2\underline{p}_2 \frac{\eta^2}{3} \geq 0 \\ \delta_z = \frac{\underline{p}_z^2}{\overline{p}_{z-1} \overline{p}_{z+1}} \geq \delta_d, z=1, n-1, \end{array} \right.$$

(2)

В результате алгебраических преобразований, проведенных на основе системы (2), получим выражения для пределов коэффициентов p_i

$$\underline{p}_i = \frac{\lambda^* (\overline{p}_{i+1} - (n-i-1)\eta \overline{p}_{i+2})(\overline{p}_{i+2} - (n-i-2)\eta \overline{p}_{i+3})}{\overline{p}_{i+3}}, i=g, \dots, 0, g=n-k \quad (3)$$

$$\overline{p}_z = \frac{\underline{p}_{z+1}^2}{\delta_d \overline{p}_{z+2}}, z=g, g-1, \dots, 0, g=n-k \quad (4)$$

$$\underline{p}_i = \pm \frac{\beta \pm \sqrt{\beta^2 - 4\alpha\gamma}}{2\alpha}, i = g, g-1, \dots, 1, g = n-k$$

$$\alpha = 1; \beta = -\lambda^* \frac{\delta_d}{p_{i+2}} (\overline{p_{i+1}}(p_{i+1}) - (n-i-2)\overline{p_{i+1}}),$$

$$\gamma = -\lambda^* \frac{\delta_d}{p_{i+2}} ((n-i-1)\eta \overline{p_{i+1}}^2 - (n-i-2)\eta \overline{p_{i+2}})$$

$$\underline{p}_i = \overline{p_{i+1}}(n-i-1)\eta \geq 0, i = g, g-1; \dots, 0 \quad (5)$$

$$\underline{p}_0 = \overline{p_1}\eta - 2\underline{p_2} \frac{\eta^2}{3}, \quad (7)$$

На основе выражений (3) – (7) составлен алгоритм определения интервальных коэффициентов, гарантирующих робастную устойчивость интервального полинома. Блок-схема данного алгоритма приведена на рис. 3.

Алгоритм содержит следующие этапы:

1. Задание постоянных коэффициентов полинома, допустимого показателя робастной колебательности, робастной степени устойчивости.
2. Проверка выполнения условий (3), (4) при известных коэффициентах интервального полинома.
3. Решение (3), (4), нахождение максимальных значений p_i и выбор из них минимального значения p_i .
4. Решение (5), (6) и определение из них максимального значения p_i .

Применение алгоритма для интервально - параметрического синтеза робастного регулятора

■ Пусть система автоматического управления имеет объект управления

$$W_{ov} = \frac{b}{[a_5]s^5 + [a_4]s^4 + [a_3]s^3 + [a_2]s^2 + [a_1]s^1 + [a_0]},$$

где $[a_5] = [0.5; 1], [a_4] = [11.5; 12], [a_3] = [46.5; 47], [a_2] = [107.5; 108], [a_1] = [121; 122], [a_0] = [25; 50], b = 3.2$ и ПИД-регулятор $W_c(s) = \frac{k_2 s^2 + k_1 s^1 + k_0}{s}$.

■ Требуется определить интервалы настроек ПИД-регулятора k_2, k_1, k_0 , при которых робастная степень устойчивости системы больше $\eta = 0.04$ и робастная колебательность ограничена значением $\delta_d = 1.3$.

■ Запишем интервальный характеристический полином данной системы $P(s) = [p_6]s^6 + [p_5]s^5 + [p_4]s^4 + [p_3]s^3 + [p_2(k_2)]s^2 + [p_1(k_1)]s^1 + [p_0(k_0)]$, где $[p_6] = [a_5], [p_5] = [a_4], [p_4] = [a_3], [p_3] = [a_2], [p_2(k_2)] = [a_1] + b[k_2], [p_1(k_1)] = [a_0] + b[k_1], [p_0(k_0)] = b[k_0]$.

■ Следуя разработанному алгоритму, определены пределы неизвестных коэффициентов полинома (1) $[p_0(k_0)], [p_1(k_1)] [p_2(k_2)]$. Из выражений коэффициентов $p_0(k_0), p_1(k_1) p_2(k_2)$ с помощью правил интервальной арифметики найдены пределы настроек ПИД-регулятора $k_0 = [1.4; 6.03]; k_1 = [5.33; 29.36]; k_2 = [2.4; 18.35]$.

■ Таким образом, в рассматриваемой системе будет гарантироваться заданная робастная степень устойчивости при любых значениях параметров ПИД-регулятора из найденных диапазонов. Полученный результат проверен путем построения областей локализации корней интервального полинома (рис. 2).

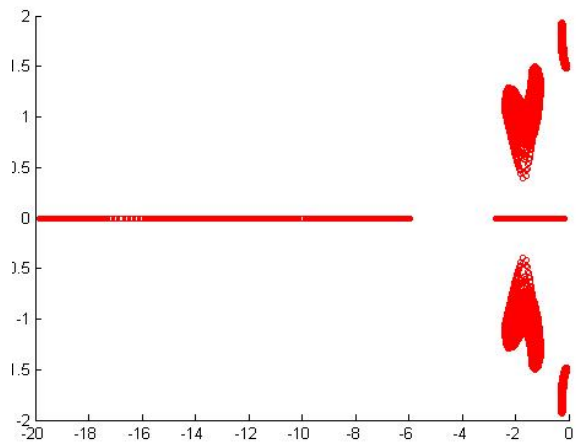


Рис. 2. Области локализации корней

Заключение

В работе на основе робастного расширения коэффициентного метода разработан алгоритм определения интервалов коэффициентов характеристического полинома, гарантирующих заданную робастную степень устойчивости. Данный алгоритм может быть использован для определения интервалов настроек робастных регуляторов. Эффективность алгоритма проверена на примере интервально-параметрического синтеза робастного ПИД - регулятора.

Литература

1. Б.Т. Поляк, П.С. Щербаков Робастная устойчивость и управление. М.: Наука, 2002.– 303с.
2. S.A. Gayvoronskiy, T.A Ezangina. Bundled Software for the Desing of Interval Dynamic Systems. Applied Mechanics and Materials .Vols. 446 – 447 (2013), pp. 1217-1221.
3. S.A. Gayvoronskiy, T.A Ezangina. Robust control of complex dynamic units with interval parameters. Systems and Computer Science (ICSCS), 2013 2nd International Conference on 26-27 Aug. 2013, Villeneuve d'Ascq, France, PP.201-204.

СИНТЕЗ МНОГОКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

Т.А. Щелканова

Томский политехнический университет
3ene4ka@sibmail.com

Введение

В теории и практике автоматического управления основные вопросы связаны с синтезом коррекции, придающей системам заданные свойства. Задача полностью решена для одноконтурных систем управления. Однако в случае многоконтурных систем автоматического управления (САУ), существуют трудности, которые не позволяют достигать, а иногда даже приближаться к заданной точностью к наилучшему решению в рамках заданных структур и критериев.

Распространение традиционного для одноконтурных САУ подхода к расчету таких структур – сопоставление желаемой передаточной функции и передаточной функции синтезируемой САУ – приводит к уравнениям, которые содержат несколько неизвестных коэффициентов, определенных моделями регуляторов и обратных связей [1].

Сложность уравнений состоит в том, что они являются нелинейными. Поэтому для синтеза САУ в общем случае приходится использовать приближенные способы поиска решения. Наиболее распространенный – последовательный расчет контуров, начиная с внутреннего [2, 3]. Недостатки такого варианта очевидны. Принятая схема требует распределения желаемых показателей САУ на каждый контур синтезируемой системы, что можно сделать только приближенно. Таким образом, появляется дополнительная погрешность в итоговом результате синтеза.

Желание повысить точность построения многоконтурных систем заставляет искать пути вычисления неизвестных коэффициентов, не используя приближенные методы, включая последовательный синтез контуров. Это возможно только в том случае, если удастся разрешить исходное уравнение синтеза. В настоящей работе рассматривается один из таких подходов.

1. Вещественный интерполяционный метод

Вещественный интерполяционный метод (ВИМ) относится к классу операторных методов, которые ставят в соответствие функции-оригиналу $f(t)$ изображение $F(\delta)$ [4]. Функция-изображение $F(\delta)$ может быть получена из формулы преобразования Лапласа

$$F(p) = \int_0^{\infty} f(t) \cdot e^{-pt} dt, \quad p = \delta + j\omega \quad (1)$$

при замене комплексной переменной $p = \delta + j\omega$ на вещественную δ . Такая замена может быть осуществлена при условии сходимости интеграла в

(3), что гарантирует существование и единственность функции $F(\delta)$.

Особенностью ВИМ является то, что изображение функции $f(t)$ может быть получено как в аналитической форме, простой заменой в соответствующей формуле Лапласа комплексной переменной s на вещественную переменную δ , так и в виде графика $F(\delta)$ и набора отсчетов $F(\delta_i)$, называемого численной характеристикой (ЧХ). Предполагается, что ЧХ несет полную информацию об исходной модели и потому возможен однозначный переход к непрерывной форме. Применительно к понижению порядка использование модели в форме ЧХ позволяет сравнительно просто реализовать вычислительные аспекты этой процедуры.

Решение задачи синтеза системы управления с привлечением ВИМ базируется на приближенном равенстве численной характеристики синтезируемой системы и численной характеристики эталонной системы

$$W_{зам}^{жел}(\delta_i) = W_{зам}^{синт}(\delta_i), \quad (2)$$

где δ_i - узел интерполирования, i - номер узла интерполирования.

Рассмотрим возможности и особенности предложенного метода для решения задач синтеза регуляторов многоконтурных САУ. Для упрощения задачи с сохранением ее принципиальных особенностей исследование выполним на примере двухконтурной системы.

2. Синтез двухконтурной системы управления

Задача синтеза двухконтурной системы управления (рис. 1) сводится к решению уравнения (2).

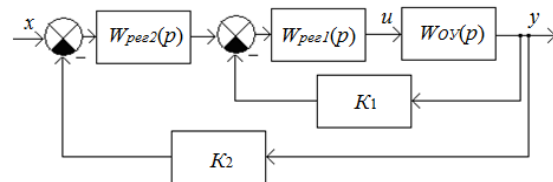


Рис. 1. Операторно-структурная схема двухконтурной САУ

Примем, что регуляторы $W_{pec1}(p)$ и $W_{pec2}(p)$ имеют структуру

$$\begin{aligned} W_{P_{e22}}(\delta) &= \frac{b_{P_{e221}}\delta + b_{P_{e220}}}{a_{P_{e221}}\delta + 1}; \\ W_{P_{e21}}(p) &= \frac{b_{P_{e211}}\delta + b_{P_{e210}}}{a_{P_{e211}}\delta + 1}. \end{aligned} \quad (3)$$

Таким образом, видно, что для решения задачи необходимо определить значения шести неизвестных параметров. Для этого необходимо вычислить численные характеристики $W_{зам}^{жел}(\delta_i)$ для шести узлов интерполирования. В результате получаем систему из шести уравнений с шестью неизвестными.

Ранее в [5] выбор узлов интерполирования осуществлялся из условия их равномерного распределения. В настоящей работе выбор узлов интерполирования осуществляем в соответствии на основе нулей полиномов Чебышева [6]:

$$T_{n+1}(x) = x \cdot T_n(x) - \frac{1}{4} T_{n-1}(x), \quad x \in [-1, 1]. \quad (4)$$

Для применения (4) к решению задачи (2) необходимо согласовать интервалы определения рассматриваемых функций. Для этого введем переменную t подстановкой

$$x = 2e^{-at} - 1. \quad (5)$$

Для определения значений узлов интерполирования выберем полином $T_n(t)$ и найдем его δ -изображение по (5). В результате получаем

$$\delta_i = \frac{1+x_i}{1-x_i} a. \quad (6)$$

Преобразовав выражение (2) с учетом рис. 1 и выражений (3) получаем систему уравнений:

$$\begin{aligned} &W_{зам}^{жел}(\delta_i) + W_{зам}^{жел}(\delta_i) \cdot ((a_{P_{e221}} \cdot a_{P_{e211}} + K_1 \cdot \\ &a_{P_{e221}} \cdot b_{P_{e211}}) \cdot \delta_i^2 + (a_{P_{e221}} + a_{P_{e211}} + K_1 \cdot \\ &b_{P_{e211}} + K_1 \cdot a_{P_{e221}} \cdot b_{P_{e210}}) \cdot \delta_i + K_1 \cdot b_{P_{e210}} + \\ &+ 1) \cdot W_{OY}(\delta_i) + W_{зам}^{жел}(\delta_i) \cdot K_2 \cdot (b_{P_{e221}} \cdot b_{P_{e211}} \cdot \\ &\delta_i^2 + (b_{P_{e221}} \cdot b_{P_{e210}} + b_{P_{e220}} \cdot b_{P_{e211}}) \cdot \delta_i + \\ &+ b_{P_{e220}} \cdot b_{P_{e210}}) \cdot W_{OY}(\delta_i) = \\ &= (b_{P_{e221}} \cdot b_{P_{e211}} \cdot \delta_i^2 + (b_{P_{e221}} \cdot b_{P_{e210}} + b_{P_{e220}} \cdot \\ &b_{P_{e211}}) \cdot \delta_i + b_{P_{e220}} \cdot b_{P_{e210}}) \cdot W_{OY}(\delta_i). \end{aligned} \quad (7)$$

3. Расчетный пример: расчет регуляторов системы управления электроприводом

В качестве эталонной системы принимаем двухконтурную САУ электроприводом из [7]. В соответствии с [7] передаточная функция разомкнутой эталонной системы имеет вид:

$$\begin{aligned} W_{раз}^{жел} &= (138,0\delta^3 + 18691,0\delta^2 + 16315,0\delta + 3395,0) / \\ &/ (5,81 \cdot 10^{-11} \delta^7 + 5,63 \cdot 10^{-7} \delta^6 + 0,0042\delta^5 + 0,975\delta^4 + \\ &+ 83,1\delta^3 + 3515,0\delta^2 + 3053,0\delta + 632,0). \end{aligned}$$

Для упрощения задачи два коэффициента определяем из условия статики: $b_{0П} = 5,373$ и $b_{0С} = 22,072$. Таким образом, имеем 4 неизвестных: $b_{1П}$, $a_{1П}$, $b_{1С}$, $a_{1С}$. Следовательно, необходимо определить четыре узла интерполирования. Для этого воспользуемся выражением (6): $\delta_1 = 0,44647a$; $\delta_2 = 2,2398a$; $\delta_3 = 0,039556a$; $\delta_4 = 25,274a$.

Варьируя значение свободной переменной a осуществляем поиск оптимального расположения узлов. При этом решение нелинейной системы уравнений (7) осуществляем методом Ньютона.

Получаем, что при $a=0,005$ приемлемое по точности решение получено в результате 8 итераций: $b_{0П} = 5,373$; $b_{0С} = 22,072$; $b_{1П} = 15,861$; $a_{1П} = 2,978$; $b_{1С} = 22,072$; $a_{1С} = 9,449 \cdot 10^{-3}$.

Заключение

Представленный способ синтеза САУ с несколькими неизвестными обратными связями и регуляторами проверен на примере двухконтурной системы. При сравнении полученных результатов с [5] видно, что использование неравномерного расположения узлов интерполирования на основе полиномов Чебышева приводит к наилучшим результатам, что при решении той же задачи при равномерном распределении узлов.

-
- **Литература**
- 1. I. Murray, Richard M. Feedback control systems. Version 2. 2008;
- 2. Kessler, C.: Das symmetrische Optimum. Teil 1, rt 6 (1958), Nr.11, S. 395-400 und Teil 2, rt (1958), Nr. 12, S. 432-436;
- 3. Коцегуб П.Х., Толочко О.И. Оптимизация систем управления по модулю амплитудно-частотной характеристики. - Изв. вузов, Электромеханика, 1977, №6, с.679-684;
- 4. Гончаров В.И. Вещественный интерполяционный метод синтеза систем автоматического управления. – Томск: Изд-во ТПУ, 1995. – 108 с.
- 5. Т.А. Shchelkanova, V.I. Goncharov. The synthesis of multi-loop control systems;
- 6. Гончаров В.И. Вещественный интерполяционный метод синтеза систем автоматического управления. – Томск: Изд-во ТПУ, 1995. – 108 с.
- 7. А.С. Алексеев, С.В. Замятин, Д.А. Плотников. Определение момента инерции электропривода по временным характеристикам. // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – № 5. – С. 65–69.

ГИДРОУДАРНЫЕ БУРОВЫЕ МАШИНЫ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Коровкин П.В.

Томский политехнический университет

epashkov@tpu.ru

Гидроударные машины имеют широкую область распространения в буровом деле. Обобщенно хорошо апробированные участки использования гидроударников можно представить в виде схемы. Обширный диапазон применения гидроударных машин обусловлен тем, что такие механизмы являются одним из основных источников роста всех производственно-технических показателей бурения.

Кроме того, гидроударники могут использоваться как самостоятельные машины, являясь главным техническим элементом в процессе проходки скважин – гидроударники для ликвидации аварий в скважинах и для ударно-вибрационного бурения скважин в неплотных породах.

Основной отличительной особенностью ударно-вращательного способа бурения является возможность реализации на забое суммарного воздействия ударных импульсов, осевого давления и крутящего момента. Это обеспечивает снижение энергоёмкости процесса разрушения пород и, как следствие - повышенную эффективность проходки скважин при пересечении, прежде всего, крепких пород.

Так, например, гидроударное бурение (ударно-вращательное или вращательно-ударное) коронками диаметром 76 мм обеспечивает увеличение механической скорости в 1,8...2,0 раза, повышение проходки за рейс в 1,5 раза и рост коммерческой скорости в 1,6 раза по сравнению с существующими способами бурения твердосплавными и алмазными коронками того же диаметра.

Одним из направлений повышения производительности бурения разведочно-эксплуатационных скважин на нефть и газ также может стать использование ударно-вращательного способа бурения взамен вращательного. Одной из предпосылок такого вывода являются исследования, которые проведены в НПО «Буровой техники» (ВНИИБТ). Основной вывод этих исследований состоит в том, что применение, например, таких гидроударников, как ВВО-5А, ВВО-145, ВВО-170 и др. при ударно-вращательном способе бурения по песчанникам, известнякам и твердым сланцам обеспечивает увеличение механической скорости бурения в 1,3-1,8 по сравнению с вращательным бурением в аналогичных условиях. Одновременно наблюдается рост проходки на долото на 25-30%. Учитывая, что стоимость долота составляет, в среднем 5-7 тыс. грн., имеет место существенная экономия по материалам. Т.е., в общем случае, имеет место

повышение тех параметров, которые определяют экономичность способа бурения скважин.

Практика показывает, что гидроударники, наряду с использованием для бурения разведочных скважин, могут успешно применяться и в других отраслях промышленности, а также на вспомогательных работах.

Имеется положительный опыт использования гидроударников для бурения скважин из подземных горных выработок. В отечественной и зарубежной практике морского бурового производства гидроударные машины по существу являются единственной технической базой реализации ударно-вибрационного однорейсового бурения подводных скважин на глубину до 10 м и более с вероятностью пересечения тяжелых грунтов.

Несомненный интерес представляет также возможность использования гидроударных машин для ликвидации и предупреждения прихватов бурового снаряда. Широко известно, что при наложении вибраций уменьшается коэффициент трения между контактирующими элементами (между наружной поверхностью бурового снаряда и расклинивающими его частицами породы), что способствует извлечению прихваченного в скважине инструмента.

Разнообразные условия применения, а также сложность рабочих процессов в гидроударных машинах, взаимосвязанных с процессами в подводном трубопроводе (колонне бурильных труб) и в скважине, обусловили большое разнообразие технических схем и особенностей конструкции гидроударных машин.

В общем случае, гидроударники представляют собой импульсную систему со свободно движущимся поршнем-бойком, перемещающимся между наковальней и верхним ограничителем, который может быть как жестким, так и упругим. В зависимости от направленности гидравлического воздействия на поршень гидроударники можно разделить на две основные группы:

1. Гидроударники одинарного действия с одной рабочей полостью цилиндра, у которых один ход бойка совершается под действием промывочной жидкости, другой – за счет силы пружины или собственного веса бойка;

2. Гидроударники двойного действия, с двумя рабочими полостями цилиндра, у которых возвратно-поступательное движение бойка обеспечивается энергией потока жидкости без участия пружин.

Приведенное разделение гидроударников является весьма обобщенным. Гидроударники прямого действия (рис.1,а) характеризуются тем, что в них эффективная энергия от источника (бурового насоса) отбирается на рабочем ходе. При этом часть ее передается бойку, а часть накапливается в пружине, за счет которой обеспечивается холостой ход.

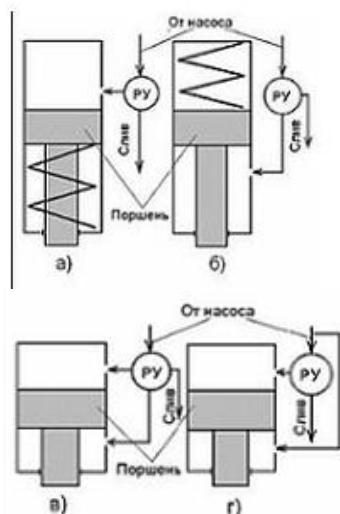


Рис.1. Схемы гидроударных механизмов.

Гидроударники обратного действия характеризуются тем, что в них энергия потока отбирается на холостом ходе бойка и накапливается, в основном, в пружине (упругом элементе) в виде потенциальной энергии сжатия (рис.1,б). Разгон бойка и удар его по наковальне осуществляется под действием веса бойка и энергии упругого элемента. Подъем (взвод бойка с одновременным сжатием силовых пружин) – под действием давления жидкости, поступление которой в рабочую полость цилиндра регулируется распределительным устройством (РУ).

Гидроударники двойного действия по исполнению гидродвигателя и характеру рабочего процесса разделяются на два основных вида.

К первому виду можно отнести гидроударники, у которых имеются две рабочие полости цилиндра (рис.1,в), контролируемые водораспределительными устройствами.

Ко второму - гидроударники со ступенчатым (дифференциальным) поршнем, разделяющим цилиндр на две камеры, из которых только одна контролируется водораспределительным устройством (рис.1,г).

В работе проведен обзор гидроударных механизмов. Показаны основные особенности различных типов таких механизмов. Выявлено, что в

ряде случаев в качестве рабочего тела в такого рода механизмах может использоваться промышленная жидкость. Большое разнообразие применяемых конструкций гидроударных механизмов обусловлено различными условиями их эксплуатации.

Литература

1. Пашков Е.Н. Определение времени автоматической балансировки ротора при установившейся скорости // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 476-482.
2. Саруев Л.А., Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Кузнецов И.В. Силовой механизм сваебойной машины // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 482-485.
3. Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Юровский П.Г. Повышение эффективности бурения шпуров применением безбойковой гидроимпульсной системы // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S4 (1). С. 521-527.
4. Зиякаев Г.Р., Пашков Е.Н., Урниш В.В. Влияние трения на точность автоматической балансировки роторов // В мире научных открытий. 2013. № 10.1 (46). С. 104-117.
5. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // Фундаментальные исследования. 2012. № 6-3. С. 596-600.
6. Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития. 2012. № 1. С. 225-229.
7. Мартюшев Н.В. Использование информационных технологий в образовательном процессе // В мире научных открытий. 2012. № 5. С. 25-38.
8. Мартюшев Н.В. Сетевые информационные технологии в образовании // В мире научных открытий 2012. № 5.1. С. 208-220.
9. Мартюшев Н.В. Триботехнические свойства свинцовосодержащих бронз // Известия высших учебных заведений. Физика. 2012. Т. 55. № 5-2. С. 201-204.
10. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2008. № 3. С. 19-23.
11. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // Литейное производство. 2008. № 5. С. 10-11

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПРИБОР ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

Семенков И.В.

Томский политехнический университет
semenkov@tpu.ru

В настоящее время в машиностроении большое количество деталей изготавливается из медных сплавов - бронз. Там где от таких сплавов требуются повышенные прочностные характеристики, применяется никелевая бронза. Однако из-за её высокой дороговизны количество применяемых в промышленности марок никелевых бронзы крайне ограничено, а сами никелевые бронзы слабо исследованы. Вместе с тем высокий предел прочности на разрыв и хорошие триботехнические характеристики делают эти сплавы в ряде случаев просто незаменимыми.

Сотрудниками кафедры МТМ ТПУ проводятся экспериментальные работы по выявлению закономерностей влияния условий кристаллизации на структуру и свойства таких никелевых бронз. В ходе проводимых исследований, было показано, что скорость охлаждения влияет на структуру и свойства таких бронз. Кроме того, скорость охлаждения не постоянна по всему сечению отливки, что дает различную структуру по сечению. Уже имеющиеся данные в литературе содержат лишь качественные данные об этом. В результате появилась задача количественной оценки влияния скорости охлаждения.

Для решения поставленной задачи сотрудниками кафедр ПМЭ и МТМ ТПУ был создан прибор для построения зависимостей температуры охлаждаемой отливки от времени – «Термограф» (Рис. 1).

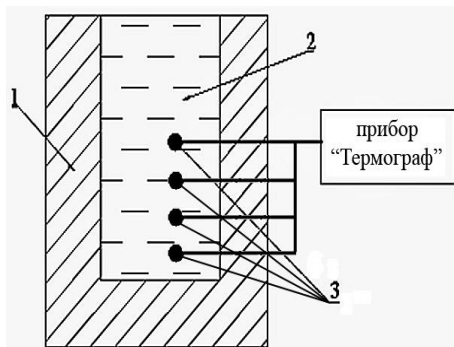


Рис. 1. Внешний вид прибора «Термограф».

Прибор имеет 8 хромель-алюмелевых термопар. Регистрация значений термо-э.д.с. термопар ведется с помощью высокоскоростного прибора «Термограф». Значение термо-э.д.с. преобразуется с помощью аналогово-цифрового преобразователя и записывается в память прибора. Прибор способен регистрировать до 40 значений термо-э.д.с. в секунду. Далее обработка результатов и построение графических зависимостей осуществляется на

персональном компьютере при помощи программы «ТетмоХр».

Таким образом, в данной работе изучалось неравномерность охлаждения отливок, а так же определялись скорости охлаждения материала в различных сечениях отливки. Исследуемые бронзы выплавляли в высокочастотной индукционной тигельной печи ВЧГ2-100/0,66 из технически чистых компонентов в тигле из графита. Состав шихты исследуемой бронзы приведен в таблице 1.

Таблица 1. Содержание элементов % масс.

Марка бронзы	Содержание элементов, % масс			
	Sn	Ni	Cu	Раскислитель
БрОН10-20	10	20	69.5	0,5

Раскисление проводилось фосфористой медью перед закладкой никеля и олова в расплав. Температуру заливки исследуемой бронзы составляла 1170°C и контролировалась быстродействующим оптическим пирометром ТПТ-90 с лазерным наведением по графитовой таблетке на поверхности расплава.

Бронзу БрОН10-20 заливали в графитовую литейную форму с соотношением массы отливки к массе формы 1:2,5. После заливки в холодные графитовые формы при температуре 25°C, они охлаждались на воздухе. Отливка представляла собой цилиндр с диаметром 18 мм и высотой 70 мм.

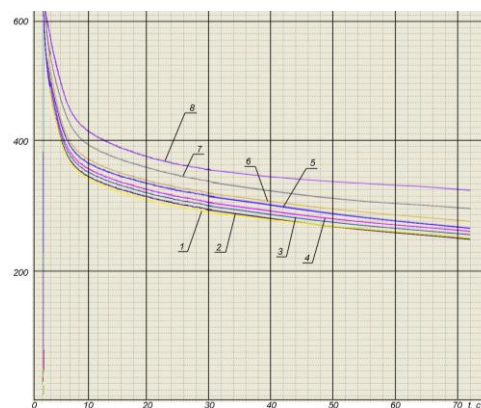


Рис.2. Зависимости температуры отливки от времени.

При построении кривых, хромель-алюмелевые термопары (с диаметром проволок 0,3 мм) располагали на расстоянии 6 мм от стенки формы в соответствии с рекомендацией, данными в работе [1]. По высоте термопары располагались – первая на расстоянии 3 мм от дна отливки, остальные на расстоянии 3 мм друг от друга (рис. 2) Погрешность при измерении и преобразовании сигнала в цифровой вид, при использовании хро-

мель-алюмелевых термопар составляет при температурах выше 500°C менее 1°C [2]. На рис. 3 представлены кривые охлаждения никелевой бронзы при отливке в графитовый кокиль, построенные с помощью прибора «Термограф» и компьютерной программы «ТермоХр». Номер кривых указывает на их удаленность от дна отливки (рис. 2). Так кривая 1 соответствует положению термопары на расстоянии 3мм от дна, кривая 2 – 6 мм, кривая 3 – 9мм и так далее.

По построенным зависимостям в интервале от температуры заливки (1170°C) до 800°C, (включая кристаллизацию), определили среднюю скорость охлаждения (табл. 2). Такой выбор интервала обусловлен близкой к линейной зависимостью температуры отливки от времени в нем.

Анализируя полученные результаты можно увидеть, что удаление от края отливки в осевом направлении, в соответствии с классическими представлениями о кристаллизации слитка, приводит к падению скорости охлаждения. Из таблицы 2 видно, что в приповерхностной зоне скорость охлаждения максимальна и составляет 160°C/с. С удалением от донной части отливки скорость снижается.

Таблица 2. Скорости охлаждения отливки в различных её сечениях.

Номер термопары	Удаление от нижней части отливки, мм	Скорость охлаждения, °C/с
1	3	160
2	9	158
3	12	154
4	15	150
5	18	146
6	21	143
7	24	138
8	27	134

По итогам проделанной работы можно сделать следующие выводы и заключения:

1. Отработана методика определения скоростей охлаждения сплавов с использованием разработанного прибора. Показано что для никелевых бронз оптимальным является измерение скорости охлаждения в интервале от температуры заливки (50-70°C) выше линии ликвидуса до 800°C.

2. Определены численные значения скоростей охлаждения в различных сечениях отливки из никелевой бронзы при литье в графитовую литейную форму. Показано, что разность скоростей охлаждения в приповерхностных и центральных слоях в данном случае может достигать 15-17%.

Литература

1. Мартюшев Н.В. ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ НА КАФЕДРЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ ТПУ // Фундаментальные исследования. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ // Фундаментальные исследования. 2012. № 6-3. С. 596-600.
3. Мартюшев Н.В. РАЗРУШЕНИЕ ОТЛИВОК ИЗ БИНАРНЫХ СВИНЦОВИСТЫХ БРОНЗ // Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития. 2012. № 1. С. 225-229.
4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКОГО НАНОКОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА Известия высших учебных заведений. Физика. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.
5. Мартюшев Н.В. ФАЗОВЫЙ СОСТАВ БРОНЗЫ БРОС10-10 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ОХЛАЖДЕНИЯ ОТЛИВОК И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА // Известия высших учебных заведений. Физика. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.
6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. ДЕФЕКТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОЛИТЫХ БРОНЗОВЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ КОЛЕЦ НАСОСОВ И КОМПРЕССОРОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ // Цветные металлы. 2012. № 1. С. 79-81.
7. Мартюшев Н.В. ЛЕГИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ОТЛИВОК С ПОМОЩЬЮ ОБМАЗОК ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2008. № 3. С. 19-23.
8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. ПОТЕРИ ЛЕГКОПЛАВКОЙ ФАЗЫ ПРИ ВЫПЛАВКЕ И ЗАТВЕРДЕВАНИИ СВИНЦОВИСТЫХ БРОНЗ // Литейное производство. 2008. № 5. С. 10-11.
9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 68.
10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 403.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ СБОРОЧНЫМ КОМПЛЕКСОМ

С.О Иванов, Т.Е. Мамонова
Томский политехнический университет
sterliextrime@yandex.ru

Введение

В настоящее время развитие практически любого производства зависит от используемых электромеханических и механических систем. Большое распространение получили ленточные конвейеры в совокупности с манипуляционными роботами

Исследование и анализ систем управления удобнее всего проводить на учебных робототехнических комплексах. Анализ систем управления необходим для оптимизации выполняемых действий. Это может позволить расширить область применения исследуемого объекта.

Описание робототехнического сборочного комплекса

Робототехнический сборочный комплекс, общий вид которого представлен на рисунке 1, состоит из толкателей 1 – 4, транспортера 5, накопителей 6 – 8 для деталей типа «Основание», «Ось», «Кольцо», приемочного лотка 9, основания 10, манипулятора 11, ПК с монитором 12, системы технического зрения (СТЗ) 13.

Крайние положения выдвижного модуля толкателя фиксируются по двум оптическим датчикам с открытыми каналами.

Мини-робот имеет пять степеней подвижности и функционирует в ангулярной сферической системе координат. В начальном положении наклоны всех звеньев робота принимаются равными нулю. Положительным наклоном считается вращение звена против часовой стрелки.

Видеокамера предназначена для приема графической информации о наличии детали на конвейере. Входит в систему технического зрения РСКТЗ.

Персональный компьютер предназначен для управления РСКТЗ при помощи программного обеспечения, которое обеспечивает передачу команд системе управления комплексом.

Система управления предназначена для управления толкателями М1– М4, транспортером М5 и мини-роботом.

Описание системы компьютерного управления

Программное обеспечение РСКТЗ состоит из файла Complex.exe – основной программы для ПК, файлов инициализации комплекса, вспомогательных изображений, динамически подключаемых библиотек (DLL) и примеров управляющих программ. Существует возможность управления в ручном и в автоматическом режимах.

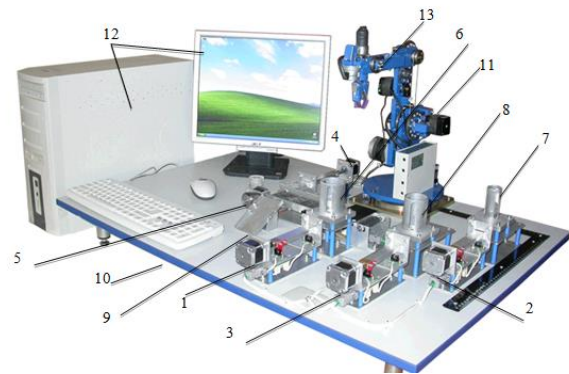


Рис. 1. Общий вид РСКТЗ

Исследование системы компьютерного управления

Команды перехода робота в заданное положение «ПРх» и «Отн» не всегда обеспечивают перемещение по кратчайшей траектории. Возможно несколько вариантов положений звеньев в пространстве. Другими словами – возникает неоднозначность определения входных значений координат каждого звена.

Еще одной особенностью управления РСКТЗ является то, что при задании координат центра схвата перемещение схвата осуществляется в вертикальном положении.

Для того чтобы обеспечить манипулятору эффективное управление, необходимо составить его кинематическую модель или схему. После того, как кинематическая схема составлена, можно приступать к решению прямой задачи кинематики – нахождение координат точки по заданным воздействиям на звенья.

Методы решения прямой задачи кинематики можно разбить на три основные группы: матричные, геометрические и векторные [1].

Для решения прямой задачи для исследуемого манипулятора воспользуемся матричным методом решения – преобразованием Денавита-Хартенберга. В основе данного метода лежит единое расположение координатных осей для каждого из сочленений звеньев [2]

В преобразовании используются следующие параметры: присоединенный угол θ_i , перемещение d_i , перемещение a_i , угол α_i . [3].

Матрица преобразования Денавита-Хартенберга определяется выражением (1):

$$\begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cdot \cos \alpha_i & \sin \theta_i \cdot \sin \alpha_i & a_i \cdot \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cdot \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \cdot \sin \alpha_i & a_i \cdot \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

На Рис.2. представлена кинематическая схема рассматриваемого манипулятора с расставленными по правилам осями.

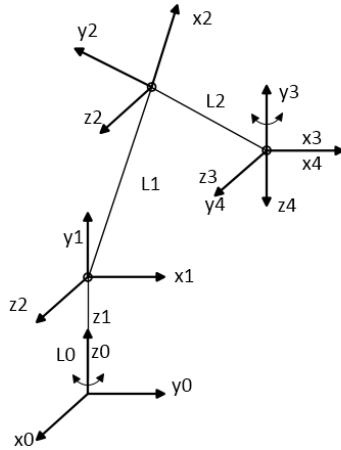


Рис.2. Кинематическая схема манипулятора

В таблице 1 представлены параметры преобразований.

Таблица 1. Параметры преобразований Денавита-Хартенберга

Рассматриваемая СК	θ_i	d_i	a_i	α_i
1	q_0	L_0	0	90
2	$-q_1 + 90$	0	L_1	0
3	$-q_2 - 90$	0	L_2	0
4	0	0	0	90

При решении системы были получены следующие зависимости углов координат центра схвата от углов поворота:

$$\begin{aligned} x &= \cos q_0 \cdot (L_2 \cdot \cos(q_1 + q_2) + L_1 \cdot \sin q_1); \\ y &= \sin q_0 \cdot (L_2 \cdot \cos(q_1 + q_2) + L_1 \cdot \sin q_1); \\ z &= L_0 - L_2 \cdot \sin(q_1 + q_2) + L_1 \cdot \cos q_1. \end{aligned} \quad (2)$$

Проверим полученные выражения, подставив значения углов поворота, равные нулю.

При проверке теоретических расчетов на лабораторном стенде обнаружилось отклонение результатов, а именно: по расчетной координате X отклонение составило 0 мм, по расчетной координате Y отклонение составило 30 мм, по расчетной координате Z отклонение составило 90 мм.

Далее были измерены размеры кисти манипулятора, а так же высота схвата, которые не учитывались при расчете. Размеры кисти как раз компенсируют разницу в теоретических и практических значениях по соответствующим осям координат. Таким образом, расчетные координаты примут вид:

$$\begin{aligned} x &= \cos q_0 \cdot (L_2 \cdot \cos(q_1 + q_2) + L_1 \cdot \sin q_1) + L_3 \cdot \cos q_0; \\ y &= \sin q_0 \cdot (L_2 \cdot \cos(q_1 + q_2) + L_1 \cdot \sin q_1) + L_3 \cdot \sin q_0; \\ z &= L_0 - L_2 \cdot \sin(q_1 + q_2) + L_1 \cdot \cos q_1 - L_4. \end{aligned} \quad (3)$$

После проверки получившегося выражения ошибка по координате Z становится равным нулю.

Обратная задача кинематики состоит в определении необходимых углов поворота и перемещений по заданным в базовой СК координатам.

При решении обратной задачи кинематики возможно несколько положений звеньев манипулятора при одних координатах центра схвата. Решение осложняется еще и наличием обратных тригонометрических функций, которые при некоторых значениях углов поворота звеньев являются неопределенными.

Методы решения обратной задачи кинематики можно разбить на две основные группы: аналитические и численные методы[4].

Для решения обратной задачи кинематики для исследуемого манипулятора воспользуемся геометрическим подходом. Попытка решения системы нелинейных уравнений (3) в пакет MatCAD 14 оказалась не возможна.

Вывод

В ходе работы был произведен анализ и исследование учебного робототехнического комплекса и его системы управления. При этом были получены: кинематическая схема рассматриваемого манипулятора, математические формулы обобщенных координат центра схвата. Решение прямой задачи возможно с минимальной погрешностью, которая будет зависеть от суммы погрешностей измерения длин звеньев манипулятора и погрешности компьютерных вычислений.

Литература

1. HP Adaptive Enterprise Grid for University Teaching and Learning [Электронный ресурс]. URL:http://www.aptechsar.com/hp/task_pzk.shtml, свободный, (дата обращения: 10.05.2014 г.)
2. Forward kinematics: the denavit-hartenberg convention. unpublished. pp. 70–102.
3. Современные проблемы науки и образования (ВАК)/ Частиков А.П., Тотухов К.Е., Урвачев П.М. Теоретические основы интеллектуальной диагностики виртуального робота [Электронный ресурс]. URL: www.science-education.ru/107-8310 , свободный, (дата обращения: 15.05.2014 г.)
4. HP Adaptive Enterprise Grid for University Teaching and Learning [Электронный ресурс]. URL:http://www.aptechsar.com/hp/task_ozk.shtml , свободный, (дата обращения: 24.05.2014 г.)

ТРЕНАЖЕР: ОБНАРУЖЕНИЕ И ВЫДЕЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

А. Л. Бурдяло, Е.И Громаков
Томский политехнический университет
Томский государственный университет
Samuel24rus@gmail.com

Введение

Современные производственные предприятия должны быть готовы к возникновению неисправностей в технологическом процессе и переходу к аварийному режиму работы. Неисправности могут возникать в датчиках, исполнительных элементах, в системе управления и в любых других частях технологического оборудования. Они могут быть любого вида и могут приводить к недопустимым ситуациям, таким как травмы персонала и ухудшение качества продукции.

Диагностика некоторых неисправностей сложна даже для опытных подготовленных операторов. Обнаружение и выделение неисправностей является важной частью процесса диагностики неисправностей в системе оператором. Регулярное обучение на тренажерах позволяет ему быть готовым, чтобы произвести необходимые действия в аварийной ситуации и тем самым уменьшить риск для персонала, а также сохранить деньги компании.

Целью данной работы является развитие методологии проектирования тренажера обнаружения и выделения неисправностей технологических установок в нефтегазовой отрасли.

Методы обнаружения неисправностей

При разработке систем автоматизации для выделения и идентификации неисправностей могут использоваться различные методы обнаружения неисправностей. Критериями для их оценки могут служить:

- Быстрое обнаружение;
- Хорошие свойства выделения, определения неисправности;
- Устойчивость к неопределенностям и шумам;
- Адаптируемость к изменениям в процессе;
- Низкие затраты на разработку и обслуживание;
- Возможность определять несколько неисправностей, возникших в одно время.

Различные методы имеют свои недостатки и преимущества в сравнении друг с другом. Все методы делят на три категории – основанные на количественных моделях, основанные на качественных моделях и методы, основанные на истории процесса.

Методы, основанные на количественных моделях

Данные методы в процессе определения и выделения неисправностей оперируют с невязками. Один из способов их получения – дублирование

аппаратуры и датчиков процесса. При этом невязки будут получаться как разница между показателями аппаратуры. Так один из аппаратов можно считать неисправным, если два или более датчиков контроля его состояния показывают существенно различающиеся значения. Невязки, полученные таким образом, называют физическими. Другой способ получения невязок – использование модели процесса. Выходные сигналы модели сравниваются с измерениями, полученными из реальной модели. Невязки, полученные таким образом, называют аналитическими. Преимуществом такого способа является отсутствие нужды в дополнительном дорогостоящем оборудовании. При ситуации, соответствующей установленным требованиям, невязки близки к нулю, в процессе нет неисправностей. Результатом возникновения неисправностей являются большие невязки.

Обобщенная структура системы диагностики неисправностей для количественных моделей представлена на рисунке 1.

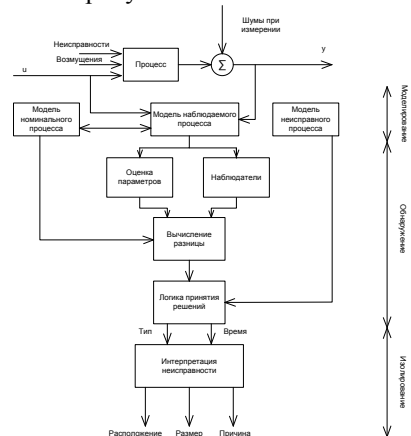


Рис. 1 Обобщенная структура системы диагностики неисправности для количественных моделей

В количественных моделях для реализации обнаружения и выделения неисправностей используются математические модели в явном виде. Большинство методов использует линейные дискретные модели в виде черного ящика, такие как вход-выходные модели и модели в пространстве состояний. Такие модели без неисправностей, возмущений и шумов представляются в виде

$$x(k+1) = \Phi x(k) + \Gamma u(k) \\ \hat{y}(k) = Cx(k) + Du(k),$$

где $u(k)$ – входной сигнал, $\hat{y}(k)$ – выход модели, $x(k)$ – вектор состояния. Φ , Γ , C и D матрицы соответствующего размера. Используя импульсный

оператор преобразования $H(q)$, можно записать систему как

$$\hat{y}(k) = (C(qI - \Phi)^{-1}G + D)u(k) = H(q)u(k) = \frac{B(q)}{A(q)}u(k),$$

где q – оператор смещения.

Тогда невязки

$$\tilde{r}(k) = y(k) - \hat{y}(k) = [I \quad -H(q)] \begin{bmatrix} y(k) \\ u(k) \end{bmatrix}$$

Для выделения неисправности полученные невязки анализируются с помощью блока логики принятия решений.

Наиболее часто используемые методы для получения невязок являются методы с наблюдателями или фильтрами Калмана, используемыми для оценки состояния процесса. Методы базируются на использовании набора наблюдателей, в котором каждый из наблюдателей чувствителен к подмножеству возможных неисправностей и в то же время он нечувствителен к остальным неисправностям и к неизвестным входным воздействиям. Если в процессе нет неисправностей, все наблюдатели должны идеально отслеживать процесс, а невязки должны быть близки к нулю. При появлении неисправности только те наблюдатели, которые чувствительны к данному типу неисправностей, должны давать большие невязки, в то время как остальные невязки должны быть малы. Характер невязок используется для уточнения причины неисправности.

Методы, основанные на качественных моделях

В подходах качественных методов система представляется не в виде динамических связей между входами и выходами, а в форме качественных функций или связей, описывающих процесс. Такие функции могут описывать как меняется процесс (на пике, на спаде, увеличивается, уменьшается). Один из методов данной категории – это экспертные системы, которые содержат базы знаний, обычно построенные в виде «если-то-иначе» правил, и систему логических выводов, которая использует базу знаний для выдачи заключения о том, какие события вызвали текущее состояние. Другой метод из данной категории – знаковый орграф. Знаковый орграф — это набор узлов, представляющих переменные, и направленных дуг, которые описывают причинно-следственные связи. Плюс или минус на дуге представляет коэффициент усиления между двумя переменными. Коэффициент усиления +1 говорит о том, что две переменные изменяются в одном направлении. Пример знакового орграфа представлен на рисунке 2.

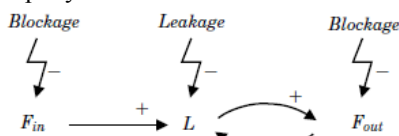


Рис. 2 Пример знакового орграфа

Также одним из методов может быть анализ дерева неисправностей (АДН). АДН состоит из блок-схем, которые дают графическое представление где могли появиться неисправности – в проекте, в процессе или в продукте. АДН по своей сути является методом поиска сверху вниз. Поиск начинается с события «неисправность» и проходит сквозь все подсистемы, компоненты и условия технологического процесса, которые могли привести к данной неисправности. Структура дерева зачастую представляет из себя логическую схему из элементов И или ИЛИ.

Методы, основанные на истории процесса

Данные методы не используют знания о процессе и законах функционирования системы, для анализа используются измерения и опыт, полученные из прошлых удачных выполнений процесса. Методы статистического управления и многомерного статистического контроля процесса, базирующиеся на принципах компонентного анализа, являются наиболее часто используемыми методами. Измерения рассматриваются как ряды статистических данных, в которых наблюдения распределены случайно. Распределения меняются, когда система выходит из-под контроля [1].

Существуют также другие методы, такие как анализ характера и последствий неисправностей и метод изучения опасных факторов и работоспособности (HAZOP-анализ), которые сложны для автоматизации либо не имеют возможности предоставлять информацию о неисправностях в реальном масштабе времени.

Подготовка операторов

В нефтегазовой отрасли работа операторов с автоматизированным технологическим процессом, с системами обнаружения и выделения неисправностей требует определенного уровня подготовки, поэтому использование компьютерных тренажеров, построенных на базе реальных производственных систем, является неотъемлемой частью подготовки современных специалистов в области управления технологическими процессами. Компьютерные тренажеры позволяют эффективно проводить подготовку специалистов при безопасных для окружающей среды и персонала условиях с минимальными затратами на воспроизведение реальной производственной системы.

При построении компьютерных тренажеров для подготовки операторов к работе с системами автоматизированной диагностики могут использоваться различные модели реальных производственных процессов. Выбор метода диагностики и типа модели зависит от условий протекания процесса и моделируемой производственной системы. Особого внимания заслуживают дискретно-событийные модели процессов.

Дискретно-событийные модели позволяют анализировать причинно-следственные связи в системе, взаимосвязь событий и их влияние на состояния элементов системы и системы в целом.

Дискретно-событийные модели применимы для систем, описание которых в виде дифференциальных уравнений сложно или невозможно. Для модельного описания таких систем могут быть применены конечные автоматы или сети Петри. Использование конечных автоматов оказывается сложным для разветвленных автоматизированных систем управления, в то время как сети Петри являются более гибким аппаратом моделирования. С помощью возможностей программного пакета LabVIEW дискретно-событийная модель объекта системы может быть внедрена в привычную структурную схему автоматизированной системы управления технологическим процессом в виде специального НМИ – блока обучения оператора.

Дискретно-событийные модели стандартных неисправностей, характерных для объектов управления в нефтегазовой отрасли, в виде шаблонов могут применяться при реализации тренажеров для подготовки операторов, а также как модели для формирования невязок в соответствии с выбранными диагностическими методами.

Сети Петри

В качестве примера моделирования дискретно-событийных систем с помощью сетей Петри проведем моделирование элементов насосной площадки дожимной насосной станции. Основными элементами насосной площадки являются задвижки и насос.

Сеть Петри N для каждого элемента будет определяться четырьмя составляющими [2]:

$$N = (P, T, Pre, Post),$$

где P - множество позиций, T – множество переходов, $Pre: P \times T \rightarrow \mathbb{N}$ -входная весовая функция, $Post: P \times T \rightarrow \mathbb{N}$ - выходная весовая функция.

Тогда для задвижек:

$$N_v = (P_v, T_v, Pre_v, Post_v),$$

где $P_v = \{V1, VC, VO, VS\}$, $T_v = \{t_{v1}, t_{v2}, \dots, t_{v10}\}$. Элементы P_v - это соответственно «Начальное состояние», «Задвижка закрыта», «Задвижка открыта», «Задвижка застряла/неисправна». Событиями (переходами) являются: закрытие задвижки (cv), открытие задвижки (ov), неисправность механизма задвижки или исчезновение питания привода задвижки (f). На рисунке 3 представлено графическое изображение сети Петри, описывающей работу задвижки.

Полученные шаблоны объединяются в контур исполнительного блока системы управления путем установления связей событий задвижки с событиями насоса и их общих состояний.

На следующем этапе в сеть Петри вносят событийность, связанную с датчиками и другими компонентами результирующей автоматизированной системы управления технологическим процессом. Затем производится перестроение сети Петри и на основе результирующей сети строится диагностический модуль.

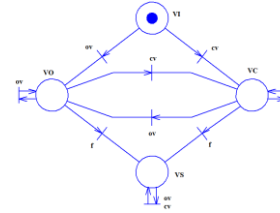


Рис. 3 Модель задвижки в виде сети Петри

Аналогичным образом составляется модель в виде сети Петри для насоса.

Примером диагностического модуля с выделением отдельных шаблонов (A, B, C и т.д.) может выступать сеть, показанная на рисунке 4 [2].

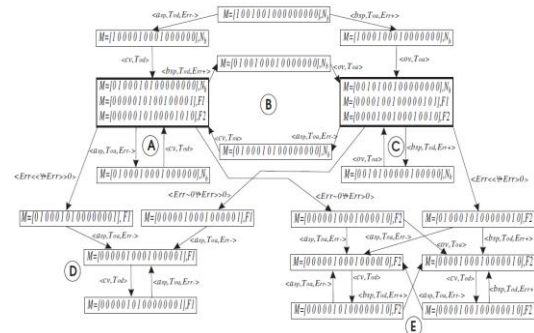


Рис. 4 Пример диагностического модуля

Полученная модель и диагностический модуль могут быть промоделированы с помощью модуля Matlab Stateflow и реализована в виде НМИ - модуля тренажера в LabVIEW. Возможности обоих программных пакетов позволяют симулировать непрерывную составляющую эксплуатации технологических установок с их дискретной событийностью. В ходе виртуального отображения особенностей эксплуатации технологических установок отслеживается реакция диагностического модуля на изменения режима работы системы: правильно построенный диагностический модуль обнаруживает и распознает генерируемые неисправности.

Выводы

Предложенное совершенствование методологии построения тренажеров операторов в нефтегазовой отрасли позволяет упростить разработку модулей обнаружения и выделения неисправностей. Тренажеры с использованием НМИ модулей на основе сетей Петри позволяют осуществлять тренаж операторов по месту их работы и повысят подготовленность операторов к аварийным ситуациям.

Литература

1. Olsson, P. Batch Control and Diagnosis – Lund, Sweden: Lund Institute of Technology, 2005. – 248.
2. M. Manyari-Rivera, J. Carlos Basilio. Integrated Fault Diagnosis Based on Petri Net Models, IEEE International Conference on Control Applications – Сингапур, 2007. – С. 958-963.
3. Java Platform, Enterprise Edition (Java EE) Technical Documentation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.oracle.com/javase/>, свободный

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОГИЛЬЗ И ПРОБОЗАБОРНЫХ УСТРОЙСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА УЗЛЕ УЧЕТА НЕФТИ ПК «ПРИГОРОДНОЕ»

Бурдяло А. Л., Громаков Е.И.
Томский политехнический университет
Томский государственный университет
Samuel24rus@gmail.com

Введение

Качество нефти для современных компаний нефтегазовой отрасли является одним из важнейших показателей, определяющим положение компании на рынке. Лучшее качество продукции обеспечивает большую ее конкурентоспособность.

Учет качества нефти – неотъемлемая часть процесса транспортировки нефти и подготовки нефти к передаче покупателю.

Узлы учета нефти предназначены для автоматического оперативного определения характеристик нефти, таких как плотность, влагосодержание, давление и температура. В узлах также осуществляется отбор проб и передача информации на автоматизированное рабочее место оператора.

ПК «Пригородное»

Производственный комплекс «Пригородное» - объект компании Sakhalin Energy Investment Company Ltd., состоит из завода по производству сжиженного природного газа (СПГ) и терминала отгрузки нефти (ТОН). Терминал отгрузки нефти расположен (наряду с отгрузочным трубопроводом и выносным причальным устройством (ВПУ) для отгрузки нефти на танкеры) к востоку от завода по производству СПГ и имеет общие с ним системы управления, находящиеся в Центре управления, и вспомогательные системы, расположенные на территории завода. Нефть поступает на ТОН с Пильтун-Астохского и Лунского месторождений по транссахалянской трубопроводной системе. Здесь она смешивается с конденсатом из установки газо-фракционирования. После смешивания нефть транспортируется в резервуары для хранения – вертикальные цилиндрические стальные резервуары с «плавающей» крышей. Емкость каждого резервуара около 95 тысяч м³. Из резервуаров для хранения нефть через подводный трубопровод поступает на ВПУ, которое выполняет функцию одноточечного причального устройства и расположено на расстоянии 4.8 км от берега. Глубина воды в месте его установки составляет около 30 м. ВПУ может принимать нефтеналивные танкеры вместимостью от 40 до 150 тысяч м³ [1]. Учет нефти производится перед попаданием нефти в подводный трубопровод.

Пробозаборник

Отбор проб нефти осуществляется с помощью пробозаборника, установленного в наземной части подводного трубопровода. Внешний вид одного из используемых в трубопроводах ПК

«Пригородное» пробозаборников нефти представлен на рисунке 1.

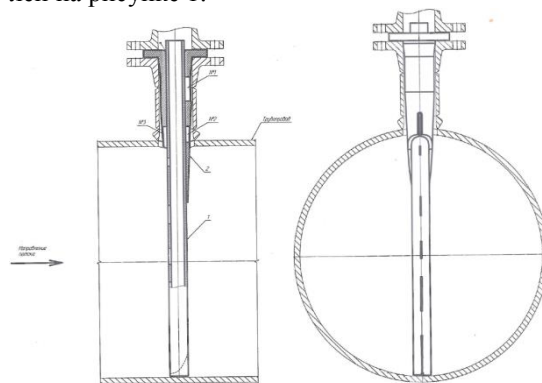


Рис. 1 Используемый пробозаборник

Термогильзы служат для защиты датчиков температуры, устанавливаемых в трубопроводах. Внешний вид одной из используемых в трубопроводах ПК «Пригородное» термогильз представлен на рисунке 2.

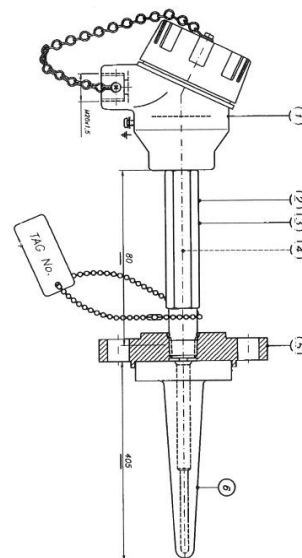


Рис. 2 Используемая термогильза

Программа расчета параметров

Для автоматизированного расчета прочностных параметров пробозаборников и термогильз в соответствии со стандартом ASME PTC 19.3 TW-2010 была создана программа Thermowell Calculation.

Вышеприведенный стандарт представляет собой рекомендации по осуществлению расчетов прочностных параметров для защитных гильз типовых форм. При определенных допущениях данные рекомендации могут быть использованы для расчета прочностных параметров пробозаборни-

ков нефти. Основной особенностью разработанной программы является возможность ее применения для расчета пробозаборников нефти.

В качестве начальных данных для расчета прочностных параметров пробозаборников и термогильз в разработанной программе выступают параметры процесса (нефть/газ, температура среды, давление, скорость жидкости, плотность, динамическая вязкость) и параметры термогильзы/пробозаборника (геометрические параметры, тип формы в соответствии со стандартом ASME 19.3 TW, параметры материала, из которого изготовлена термогильза/пробозаборник). Типовые формы в соответствии со стандартом ASME 19.3 TW представлены на рисунке 3.

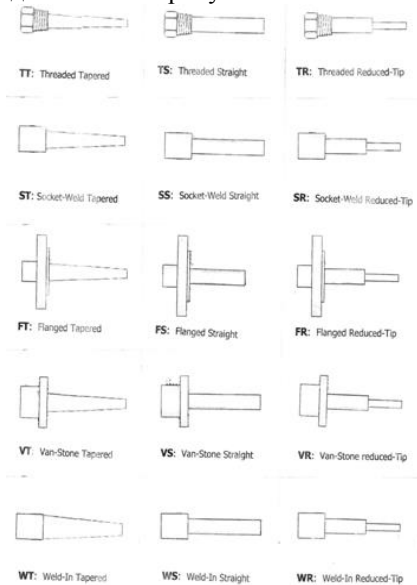


Рис. 3 Типовые формы термогильз

Окно расчета параметров объекта в режиме продольного резонанса, а также критерий оценки прочностных характеристик при динамической нагрузке на объект изображены на рисунке 4. Окно ввода начальных данных, расчета частотных показателей и критерия оценки прочностных характеристик по частотным показателям разработанной программы приведены на рисунке 5.

In-line Resonance	
Step 1	-1,6E+08 for 22sRes1300 139,6815 for 1300sRes5*10^5 143,1117 for 5*10^5sRes5*10^7
Step 2	VIR, м/с 139,6815 Fn 1000 GSP 37,52465 Pd, Па 7797,54 Sd, Па 2,93E+08
Step 3	#DEL/L/D1 for A/b<33 Kt 2,2 2,2 for A/b>33
Step 4	Sa max, Па 6,44E+08
Step 5	Eref, Па 2,02E+11 202 Па for group A 195 Па for group B FT 9,39E-01
Step 6	Sf, Па 2,07E+07 FT*FE*Sf 1,94E+07

Criteria	
Sa max < FT*FE*Sf	
Sa max	FT*FE*Sf
2992430	1,94E+07

Рис. 4 Окна разработанной программы (Продольный резонанс)

На основании начальных данных разработанная программа производит расчеты прочностных параметров в соответствии со стандартом ASME PTC 19.3 TW-2010: собственную частоту колебаний, частоту вынужденных колебаний, параметры

при статической и динамической нагрузке, при продольном резонансе. Результирующие показатели, необходимые для определения допустимости использования термогильзы/пробозаборника при расчетных условиях, выводятся в специальных окнах "Criteria".

Initial Data			
L, M	0,1031	E, Па	1,9E+11
A, M	0,038	ρ, кг/м³	7861
B=A, M	0,038	ρ, кг/м³	7,993
d, M	0,006604	ρs, кг/м³	7,993
t, M	0,005	V, м/с	89,92
b, M	0	v, м²/с	2,14E-06
		P, Па	1,62E+06
		S, Па	1,37E+08

Calculations and Correction Factors	
Step 1	Da, M 0,038
Step 2	l, м⁴ 1,023E-07 m, кг/м 8,6460114 fa, Гц 2492,7032
Step 3	Hf 1
Step 4	Haf 0,9994916
Step 5	Has 0,9999642
Step 6	fn, Гц 2491,3965

Vortex Shedding Frequency	
Ns	0,2564
CD	1,4
Cd	0,1
Cl	1
fs, Гц	606,7234

Criteria	
fs < 0.4f _{cn}	0.4f _{cn}
606,7234	772,5021

Mounting Compliance Factor	
Hc	0,7751697
f _{cn} , Гц	1931,2552

Рис.5 Окна разработанной программы (Начальные данные)

В верхней части данных окон указывается критерий допустимости в символьном виде, ниже указываются численные значения рассчитываемых величин. Сравнение результатов осуществляется пользователем. Программа учитывает не только влияние статической и динамической нагрузки, но и возможность работы в режиме продольного резонанса, при резком возрастании нагрузки на устройство.

Пользователь осуществляет ввод начальных данных в специальные формы, программа автоматически производит расчет необходимых параметров. По полученным расчетным параметрам пользователь программы, используя предложенные критерии оценки, проводит оценку пригодности того или иного устройства для применения в заданных условиях.

Результаты использования программы

Созданная программа была использована для расчета прочностных параметров пробозаборников и термогильз, установленных в трубопроводах нефти ПК «Пригородное». Результаты расчета показали, что часть используемых термогильз подлежат замене, а несколько вариантов исполнений пробозаборников непригодны для использования в расчетных условиях.

Литература

1. Производственный комплекс «Пригородное» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.sakhalinenergy.ru>, свободный.

АДАПТАЦИЯ НАСТРОЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛЯТОРА ГАРАНТИРУЮЩИХ ТРЕБУЕМЫЕ ПРЯМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА САУ

Колпащиков К.В.

Томский политехнический университет

efimov@tpu.ru

Введение

В процессе эксплуатации системы автоматического управления (САУ) происходит изменение параметров объекта управления. Это связано с различными причинами: износ оборудования и отдельных узлов, изменение окружающих условий при его эксплуатации, изменение нагрузки на САУ и др. Следствием же таких изменений является не способность обеспечить требуемые показатели качества САУ при её эксплуатации.

В настоящее время существуют различные подходы для решения вышеобозначенной проблемы. В некоторых случаях разрабатывают и внедряют робастные системы управления [1–3]. Применение таких систем позволяет получить настроечные коэффициенты регуляторов, обеспечивающих определенные прямые показатели качества с учетом изменений параметров объекта управления в заданных пределах. Однако это приводит к загромождению чувствительности системы, что ведет к её эксплуатации не в оптимальном режиме [4].

Другим подходом к решению проблемы является применение адаптивных систем управления. Изменение настроечных коэффициентов регуляторов в процессе эксплуатации системы, что позволяет быть системе гибкой и чувствительной при изменениях параметров объектов.

Постановка задачи

Разработать подход, позволяющий в процессе эксплуатации системы адаптировать настроечные коэффициенты регулятора, гарантирующие требуемые прямые показатели качества.

Решение задачи идентификации

На сегодняшний день существует множество готовых приложений предназначенных для решения проблемы автоматической настройки параметров регуляторов. К сожалению, эти средства зачастую могут не удовлетворять требованиям качества регулирования. В связи с этим предложен разработанный подход к решению данной проблемы.

Для решения поставленной задачи задействуем программный продукт MatLAB, позволяющий синтезировать настройки регулятора, связав при этом его с программным обеспечением (ПО) программируемого логического контроллера (ПЛК) посредством технологии OPC, рис. 1.

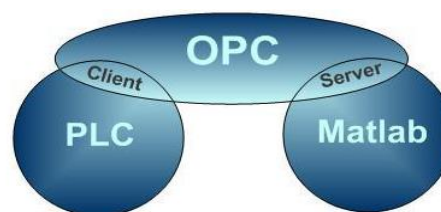


Рис. 1. Схема связи MatLAB и ПЛК

Пусть в качестве ПО ПЛК выступает Codesys (3S Software).

Весь процесс настройки параметров регуляторов предложенный в данной работе состоит из нескольких этапов. На первом этапе предполагается связь пакета MatLAB с пакетом, предназначенным для настройки контроллера, в данной работе был выбран пакет Codesys. Следующим этапом является этап считывания информации с пакета Codesys и формирование массива. Далее с помощью этого массива значений производится процесс идентификации. Конечным результатом идентификации является получение передаточной функции, что в дальнейшем позволяет применять строить математическую модель системы управления с применением того или иного регулятора.

В данной работе настройка параметров регуляторов может производиться автоматически или вручную. Возможность ручной настройки параметров обусловлена тем, что у пользователя есть возможность оценивания полученных параметров через SCADA интерфейс системы управления. Заключительным этапом настройки параметров является формирование массива значений коэффициентов регулятора передаваемых в ПО ПЛК посредством технологии OPC из MatLAB.

Для решения поставленной задачи необходимо:

1. обеспечить связи между устройствами передачи данных и регулирования;
2. обеспечить идентификацию объекта/ системы;
3. проанализировать изменения характеристик объекта;
4. выбрать метода настройки параметров;
5. поддерживать показатели качества перерасчетом настроечных параметров регулятора.

На рис. 2 представлен алгоритм работы системы с применением адаптации настроечных коэффициентов регуляторов.

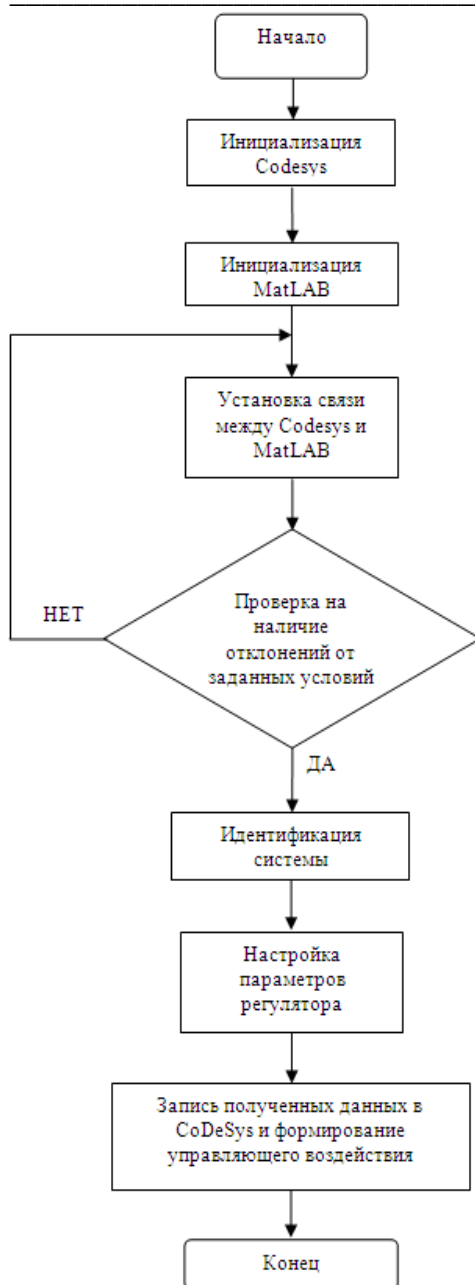


Рис. 2. Алгоритм работы системы

Идентификация объекта управления может производиться существующими способами, позволяющими их программно реализовать [5, 6]. Однако MatLAB содержит пакет `ident`, который способен по реакции объекта на ступенчатое воздействие вычислить передаточную его функцию объекта.

В свою очередь при наличии математической модели объекта управления возможен процесс автоматической настройки параметров регулятора с заданными показателями качества, используя при этом PID tuning MATLAB.

Заключение

Разработан подход к адаптации настроечных коэффициентов регулятора для системы с изменяющимися параметрами объекта управления.

Разработанный подход применен к системе управления построенной на базе программных продуктов Codesys, предназначенного для программирования ПЛК, и MatLAB, специализированного для решения задач управления и автоматизации.

Предложенный подход программно реализован и полностью автоматизирован.

Экспериментальные исследования подтвердили эффективность предложенного подхода к адаптации настроечных коэффициентов регулятора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов С. В. , Пушкарев М. И. , Гайворонский С. А. Выбор параметров ПИД-регулятора интервальной системы, гарантирующих заданное время регулирования // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 11-13 Мая 2011. - Томск: Изд-во СПБ Графикс, 2011 - Т. 2 - С. 108-109
2. Ефимов С. В. , Замятин С. В. , Пушкарев М. И. Синтез параметров регулятора систем управления с интервально заданными параметрами, гарантирующими требуемые прямые показатели качества, с учетом нулей и полюсов // Системный анализ, управление и навигация: сборник тезисов докладов XVII Международной научной конференции, Евпатория, 1-8 Июля 2012. - Москва: МАИ-ПРИНТ, 2012 - С. 81-83
3. Ефимов С.В., Замятин С.В., Гайворонский С.А. Синтез ПИД-регулятора с учетом расположения нулей и полюсов системы автоматического регулирования // Известия Томского политехнического университета, 2010. -т. 317 -№ 5 -с. 102-107
4. 129. Штейнберг Ш.Е., Серёжин Л.П., Залуцкий И.Е., Варламов И.Г. Проблемы создания и эксплуатации эффективных систем регулирования // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004. – № 7. – С. 1–7
5. Коновалов В.И. Идентификация и диагностика систем. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 156 с.
6. Ефимов С.В., Замятин С.В., Гайворонский С.А. Структурно-параметрическая идентификация объекта управления на основе характеристик переходного процесса // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 5. – С. 107–112.

СИНТЕЗ ПИ-РЕГУЛЯТОРА ЗАДАННОЙ СТЕПЕНИ АПЕРИОДИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ СИСТЕМ НИЗКОГО ПОРЯДКА

О.А. Ченкова, М.И. Пушкарев
Томский Политехнический Университет
ox1992@bk.ru

Введение

В настоящее время существует множество методов синтеза систем автоматического управления (САУ). Известно, что при их проектировании инженерными методами стараются упростить их математические модели, пренебрегая малыми параметрами системы [1]. При этом основываются на том положении, что динамика любой САУ сколь угодно высокого порядка с допустимой степенью точности может быть описана динамикой системы второго-третьего порядка [2].

Существует большой класс САУ, в которых переходные процессы не допускают колебаний, т.е. должны быть аperiodическими. Таким образом, тематикой данной статьи является разработка методики синтеза линейного регулятора для систем низкого порядка, обеспечивающего в системе гарантированную динамику.

Постановка задачи

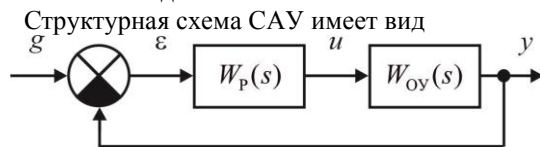


Рис. 1. Структурная схема САУ

где передаточная функция (ПФ) объекта управления $W_{oy}(s) = \frac{k}{c_2s^2 + c_1s + c_0}$, а в качестве регулятора

используется ПИ-регулятор $W_p(s) = \frac{k_1s + k_0}{s}$, где k_0 и k_1 – настраиваемые параметры регулятора.

Условием аperiodических переходных процессов является такое расположение полюсов, при котором ближайшим к мнимой оси является вещественный полюс, а область локализации свободных полюсов удалена на достаточное расстояние $\gamma = [\eta, \alpha]$, как показано на рис. 2.

Необходимо расположить вещественный полюс α замкнутой САУ в заданной точке комплексной плоскости, а оставшиеся свободные полюса левее границы η .

Разделение характеристического полинома на доминирующий и свободный

На основании ПФ объекта управления и регулятора характеристический полином замкнутой САУ может быть представлен в виде:

$$A(s) = \sum_{i=0}^n a_i s^i = a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0, \quad a_i > 0. \quad (1)$$

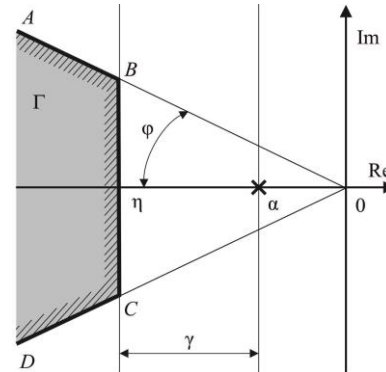


Рис. 2. Расположение доминирующего и свободных полюсов стационарной системы

Пусть минимальная степень устойчивости задается корнем $s = -\alpha$, который является решением полинома

$$Q(s) = s + \alpha. \quad (2)$$

Полином $Q(s)$ будем называть доминирующим полиномом.

Необходимо выделить полином $Q(s)$ из полинома (1), путем деления полинома (1) на полином (2) столбиком. При этом получается свободный полином вида:

$$P(s) = \sum_{i=0}^{n-1} p_i s^i = p_2 s^2 + p_1 s + p_0, \quad p_i > 0, \quad (3)$$

корни которого будут являться свободными полюсами системы.

Также при делении столбиком получится остаток от деления

$$R = a_0 - \alpha p_0, \quad (4)$$

На основании приведенных выше выражений, характеристический полином САУ может быть представлен в виде $A(s) = Q(s)P(s) + R$.

Рассмотрим случай, когда характеристический полином замкнутой системы имеет порядок $n = 3$, тогда свободный полином имеет второй порядок. На основании решения квадратного уравнения получены аналитические выражения для двух типов расположения свободных полюсов САУ:

–свободные полюса системы вещественные

$$\begin{cases} p_1^2 - 4p_0p_2 > 0; \\ p_0 \geq \eta p_1 - \eta^2 p_2, \end{cases} \quad (5)$$

–свободные полюса системы комплексно-сопряженные

$$\begin{cases} p_1^2 - 4p_0p_2 < 0; \\ p_1 > 2\eta^2 p_2. \end{cases} \quad (6)$$

На основании полученных выражений были определены условия, связывающие параметры

ПИ-регулятора с параметрами объекта управления и параметром η (таблица 1).

Таблица 1. Условия расположения свободных полюсов

Вид полюсов	Условия для параметров регулятора
Вещественные	$k_1 < \frac{(c_1 - ac_2)^2 - 4c_2c_0 + 4ac_2(c_1 - ac_2)}{4c_2}$
	$k_1 > \alpha(c_1 - ac_2) + \eta(c_1 - ac_2) - \eta c_2 - c_0$
	$k_0(k_1) = \alpha(k_1 + c_0 - \alpha(c_1 - ac_2))$
Комплексно-сопряженные	$k_1 > \frac{(c_1 - ac_2)^2 - 4c_2c_0 + 4ac_2(c_1 - ac_2)}{4c_2}$
	$k_0(k_1) = \alpha(k_1 + c_0 - \alpha(c_1 - ac_2))$

Пример

Рассмотрим объект управления с ПФ

$$W_{Oy}(s) = \frac{1}{0,07s^2 + 4s + 1}.$$

Необходимо определить параметры ПИ-регулятора, обеспечивающие в системе доминирующий вещественный полюс $\alpha = 1$ и расположение свободных полюсов левее $\eta = 15$.

На основании условий из таблицы 1, а также ПФ объекта управления и значений α и η получим область допустимых значений параметра регулятора $k_1 \in [46,13; 58,090)$ для случая, когда свободные полюса системы – вещественные:

- при $k_1 = 46,13$ находим $k_0 = 43,2$, $s_1 = -1$, $s_2 = -15$, $s_3 = -41,143$;
- при $k_1 = 58,08$ находим $k_0 = 55,15$, $s_1 = -1$, $s_2 = -27,687$, $s_3 = -28,456$.

На рисунке 3 изображены переходные характеристики системы при различных значениях параметров регулятора. Так кривая 1 соответствует $k_0 = 43,2$, $k_1 = 46,13$, а кривая 2 – $k_0 = 55,15$, $k_1 = 55,15$. Кривая 1 определяет следующие прямые показатели качества системы $t_p = 1,31, c$, $\sigma = 4,58\%$; кривая 2 соответствует $t_p = 1,05, c$, $\sigma = 4\%$.

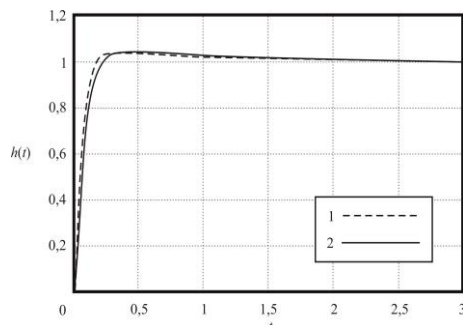


Рис. 3. Переходные характеристики системы (корни вещественные)

Заметим, что при выборе правой границы диапазона изменения параметра k_1 обеспечивается максимальная степень доминирования γ .

Теперь зададимся требованием, что корни свободного полинома должны быть комплексно-сопряженными. На основании условий из таблицы 1 получена область допустимых значений параметра регулятора $k_1 \in (58,090; \infty)$, причем

- при $k_1 = 58,1$ определяем $k_0 = 55,17$, $s_1 = -1$, $s_2 = -28,071 + 0,371j$, $s_3 = -28,071 - 0,371j$;
- при $k_1 = 100$ определяем $k_0 = 97,07$, $s_1 = -1$, $s_2 = -28,071 + 24,469j$, $s_3 = -28,071 - 24,469j$.

Видно, что при выборе значения параметра k_1 на левой границе его допустимого интервала выполняется условие комплексно-сопряженности свободных корней, а при увеличении k_1 степень доминирования γ остается прежней, но увеличивается степень колебательности системы.

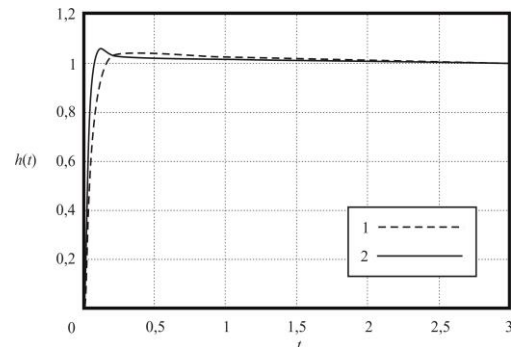


Рис. 4. Переходные характеристики системы (корни комплексно-сопряженные)

Прямые показатели качества: для случая 1 – $t_p = 1,05, c$, $\sigma = 4\%$; для случая 2 – $t_p = 0,452, c$, $\sigma = 5,57\%$.

Заключение

Значимость данной работы заключается в том, что её можно использовать в качестве примера к решению задач подобного типа, а полученные условия синтеза параметров ПИ-регулятора достаточно просты для создания на их основе программного обеспечения и применения в инженерной практике.

Литература

- Абдуллин, А.А. Анализ робастности неадаптивной системы управления электропривода с вариациями структуры и параметров / А.А. Абдуллин, В.Н. Дроздов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 6. – С. 40-44.

Райцын, Т.М. Синтез систем автоматического управления методом направленных графов. / Т.М. Райцын – Л.: Энергия, 1970. – 96 с

МАТЕМАТИЧЕСКИ-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

В.А. Котов, Е.И. Громаков, А.В. Лиепиныш
Томский политехнический университет
vladimirkotov91@mail.ru

Под объемом автоматизации объекта управления (ОУ) понимают его оснащенность средствами автоматизации контроля и управления, которая определяет реальные возможности автоматического получения информации о ходе технологического процесса (ТП) и (или) состоянии ОУ и использования этой информации для достижения целей управления.

Целью данной работы является развитие методологии выбора (определения) проектного объема автоматизации технологических процессов.

Уже на раннем развитии АС методология их проектирования была описана как в работах российских, так и зарубежных специалистов. Chen [1] предложил осуществлять проектирование вертикальной иерархии АС с точки зрения временной шкалы и целей управления, а Stephanopoulos [2] выделил пять этапов проектирования: операционный анализ, определение входов и выходов операций, проектирование рецикловых подсистем, расчет целей и ограничений для каждого ОУ и интеграцию подсистем автоматизации.

В большинстве современных методологий проектирования АС решаются 5 задач [3]: выбор контролируемых переменных, выбор манипулируемых переменных, выбор каналов измерения, выбор конфигурации управления и выбор алгоритма управления.

В соответствии с этим структура АС проектируется с использованием математической или процессо-ориентированной нотаций или обеих вместе.

Математическая нотация основывается на расчетных уравнениях, количественных моделях оптимизации с применением различных математических средств. В основе ее лежит расчет степеней свободы технологического процесса (Degrees of Freedom, DOF).

Степень свободы равна разности между числом переменных m (полная математическая модель системы) и числом связей n между переменными. Степень свободы характеризует число свободных переменных и соответствует числу управляемых переменных, с использованием которых можно стабилизировать ТП и оптимизировать его стоимость (расходы) и качество. Степень свободы – это число независимых переменных, которые необходимы и достаточны для управления процессом функционирования ОУ.

Различают две концепции проектных решений АС – PWC и CIM.

Структуризация АС, основанная на концепции Plantwide Control (PWC) (рис.1), обеспечивает выбор архитектурных решений управления производством в целом в классе оптимизационных алгоритмов управления, например, в классе Model Predictive Control (MPC), с акцентом на выбор структурного решения оптимизационной задачи управления, которое представляется в виде многослойной информационной архитектуры. При этом взаимосвязь верхних слоев с нижними определяется виде множества уставок (SP) контуров автоматического регулирования. Управление уставками используются для того, чтобы максимизировать эффективность процесса на нижележащем слое структуры PWC.

Интеграционный принцип (Computer Integrated Manufacturing, CIM) – это концепция формирования системы автоматизации на основе многоуровневой архитектуры взаимодействующих информационных систем управления, это автоматизированное управление в целом производственной деятельностью с акцентом на выбор интерфейсного решения (чаще всего OPC-взаимодействия) различных автоматизированных модулей управления (SCADA, MES и ERP), которое представляется в виде многоуровневой архитектуры.

При проектировании автоматизации технологических объектов с большим числом варьируемых переменных создание оптимальной стратегии управления, ее эффективность и простота зависят во многом от выбора «удачного набора» свободных (управляемых) переменных.

Для этого степень свободы присваивается той независимой управляемой переменной процесса, изменение которой в максимальной степени будет влиять на один или более ключевой показатель, характеризующий ценность ТП.

Математически задача оптимизации технологического процесса может быть формализована в виде трех составляющих (максимизации стоимости (J), удовлетворения заданных требований технической спецификации ($s.t.$) и операционных ограничений (g):

$$\begin{aligned} \min J(x, u_{ss}, d), \\ s.t, f(x, u_{ss}, d), \\ g(x, u_{ss}, d) \leq 0, \end{aligned}$$

где u_{ss} – контролируемые переменные ТП; d – возмущения; x – переменные состояния ОУ и ТП.

Типичная функция стоимости J представляется в виде:

$$-J = \sum_i k_p P_i - \sum_i k_F F_i - \sum_i k_Q Q_i,$$

где P_i – выходная продукция ТП; F_i – исходные компоненты; Q_i – обеспечение производства продукции (тепло, электричество, газ и др.).

При расчете объема автоматизации в дополнение к управляемым свободным переменным следует определять переменные, которые участвуют в формировании функционала оптимизации. Число таких переменных определяет стационарную степень свободы процесса. При определении числа стационарных степеней свободы (N_{ss}) различают следующие методы:

1. Расчет на основе уравнений.

N_{ss} = «число уравнений/технических требований» - «число переменных».

Этот метод довольно трудоемок при применении и требует от исполнителя хороших знаний по математике процессов. Такой подход может быть подвержен ошибкам, так как есть вероятность написать слишком много или слишком мало уравнений.

2. Расчет на основе подсчетов переменных.

Обычно система уравнений математической модели технологического объекта содержит избыток информационных переменных по сравнению с числом уравнений. Этот избыток определяет число независимых (свободных) переменных, которыми следует управлять с использованием средств автоматизации. Согласно [3] степень свободы технологического процесса удобно вычислять по формуле:

$$DOF = S_i + S_o + H - A,$$

где S_i - число входных переменных, S_o - число выходных переменных, H принимает значение 1, если извне в процесс поступает энергия, иначе 0, A принимает значение 1, если не используется (не контролируется) одна из переменных, характеризующих приход/расход процессной продукции иначе $A = 0$.

3. Расчет на основе числа клапанов (исполнительных устройств) (N_{valves}) [7].

$$N_{ss} = N_{valves} - N_{ons} - N_{specs},$$

N_{ons} – число выходных переменных, не участвующих в стоимостном эффекте, но которые необходимо контролировать (обычно это уровни жидкости в резервуарах);

N_{specs} – число контролируемых переменных, установленных техническими требованиями и не участвующими в создании стоимостного эффекта.

Пример расчета числа стационарных степеней свободы дистилляционной колонны (рис. 1):

Здесь $N_{valves} = 6$; $N_{ons} = 2$ (число уровней жидкости); $N_{specs} = 2$ (число специфицированных переменных), которые могут обеспечить улучшение динамики производительности процесса дистилляции, но которые не участвуют в создании стоимостного эффекта из-за ограничения заданного эксплуата-

ционной документацией (пусть это будут давление P и поток подачи F); $N_{ss} = 6 - 2 - 2 = 2$ это рефлюксные потоки L и V . Они независимы и могут быть переменными функциями оптимизирующего стоимостного функционала.

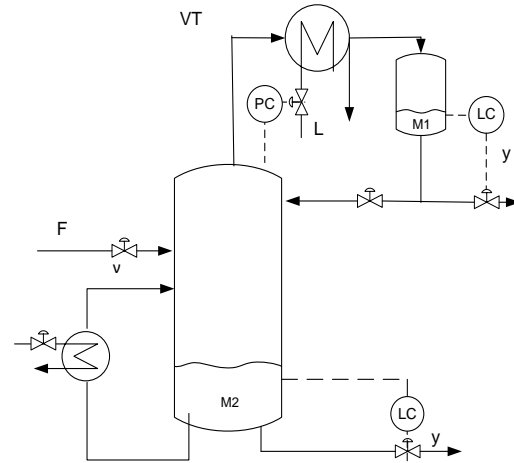


Рис.1 Дистилляционная колонна

Используя технику вычисления DOF , нетрудно определить объем достаточной автоматизации как сумму:

$$N_c = N_{ss} + N_{valves} + N_{ons} + N_{specs}.$$

Этот объем автоматизации должен быть расширен за счет учета необходимости контроля предельных и аварийных значений переменных соответственно N_{valves} , N_{ons} , N_{specs} .

Вывод

Для расчета объемов автоматизации технологических процессов можно использовать математическую методологию на основе расчета DOF . При этом расчет необходимого объема автоматизации должен включать суммирование числа стационарных степеней свободы, устанавливаемых на оптимизирующих слоях РWC-автоматизации и числа манипулируемых, контролируемых переменных. С учетом дополнительных требований противоаварийной защиты к полученному необходимому объему автоматизации следует добавить предельные и аварийные ограничения.

Список литературы

1. Chen, R., & McAvoy, T. J. . Plantwide control system design: Methodology and application to a vinyl- acetate process. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 42(20). 2003.
2. G. Stephanopoulos, *Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1984.
3. Skogestad, S. *Plantwide Control*. NTNU. 2006.

ПРИВОД ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ ГЛУБОКОВОДНОГО МАГНИТОМЕТРА

И.И. Булуев

Научный руководитель: О.В. Стукач
Томский политехнический университет
ilusha070893@mail.ru

Введение

«Мы живем в обществе, которое полностью зависит от науки и технологии и в котором мало кто знает хоть что-нибудь о науке и технологии» (Карл Саган).

Наука не стоит на месте: постоянное развитие технологий способствует улучшению социальной сферы жизнедеятельности человека. Любое изобретение, производимое человеком для человека, должно обладать высокими технологическими и техническими показателями, среди которых играет немаловажную роль чувствительность устройств и приборов настройки.

Магнитометр представляет прибор для измерения напряжённости магнитного поля и магнитных свойств материалов [1]. Существует множество различных типов магнитометров, однако для данного проекта предполагается использовать феррозондовый магнитометр ввиду его высокой чувствительности. Данный прибор можно применять для измерения и индикации магнитных полей (в основном постоянных или медленно меняющихся) и их градиентов.

Чтобы использовать высокочувствительный датчик без искажений его показаний и иметь максимальную точность результатов измерения, необходимо создать систему калибровки данным датчиком. Стоит отметить, что на сегодняшний день уже реализована масса систем для автоматической калибровки датчиков. Однако эти системы создаются для разных целей, принципы их действия различны, и, как следствие, они обеспечивают разную точность для калибруемых датчиков.

В основе проекта заложена идея создания системы автоматической калибровки глубоководного магнитометра. Калибровка будет производиться посредством привода на основе шагового двигателя.

Областью применения данной системы являются глубоководные аппараты, такие, как глубоководные роботы-исследователи и подводные лодки. Пособством точной калибровки датчиков возможно добиться нахождения объектов под водой на глубине до 10000 м с точностью не менее 10 нТл.

Также, в перспективе, предполагается использовать данную систему для калибровки не только глубоководных магнитометров, но и других датчиков, таких, например, как инклинометры – приборы для определения угла и азимута искривления буровой скважины с целью контроля её пространственного положения (применение в нефтегазовой отрасли).

Основной целью данного проекта является разработка системы управления шаговым двигателем для точного позиционирования калибруемого датчика в полости катушки.

Основной задачей исследования является изучение различных конструктивных подходов к решению проблемы. На основе данных подходов формируется структурная схема будущей системы. После разработки структурной схемы необходимо произвести выбор элементов, которые могут удовлетворять требованиям, заявленным выше.

Уникальность данного проекта заключается в том, что создаваемая система не имеет аналогов ни на территории Российской Федерации, ни за рубежом, а, следовательно, спрос на создаваемый продукт будет высок.

Разработка структурной схемы проектируемого устройства

Определим основные функциональные части изделий, их назначение и взаимосвязи. Графически структуру схемы проектируемой системы можно представить, как показано на рис. 1.

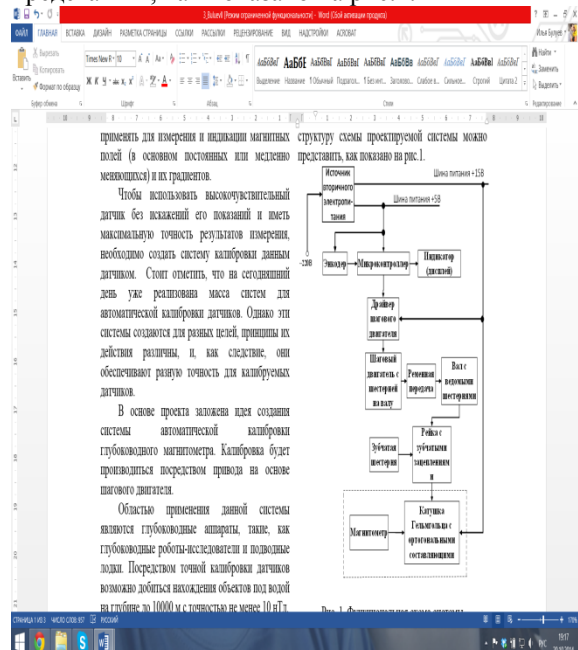


Рис. 1. Функциональная схема системы автоматической калибровки глубоководного магнитометра

Для понимания принципа работы схемы необходимо пояснить механизм работы каждого блока, его назначение, чтобы ориентироваться на дальнейший выбор конкретных типов устройств и их параметров.

Блок источника вторичного электропитания. Представляет собой блок устройства, предназна-

ченного для обеспечения питания электроприборов электрической энергией путём преобразования энергии других источников питания. В качестве другого источника выступает сеть переменного напряжения 220В.

Блок катушки с ортогональными составляющими. Представляет собой пластиковую катушку, на внешней части которой располагаются медные проводники, создающие магнитное поле. В основе лежит принцип колец Гельмгольца [2].

Блок магнитометра. Представляет собой блок, содержащий специальный датчик. В связи с тем, что одним из основных требований, предъявляемых к проектируемой системе, является высокая чувствительность, в работе предполагается использовать феррозондовый магнитометр – прибор для измерения и индикации магнитных полей (в основном постоянных или медленно меняющихся) и их градиентов.

Блок энкодера. Блок устройства, преобразующего линейное или угловое перемещение в последовательность сигналов, позволяющих определить величину перемещения [3]. Относительно рассматриваемой системы, энкодер необходим для внешнего воздействия: путём поворота вала производится задание смещения калибруемого магнитометра в катушке.

Блок микроконтроллера. Специальная микросхема, предназначенная для управления различными типами электронных устройств. В создаваемой системе предполагается использовать микроконтроллер как устройство управления шаговым двигателем. Управление будет происходить, благодаря внешнему воздействию на энкодер, который, в свою очередь, преобразует угол поворота своего вала в электрические сигналы, поступающие на микроконтроллер.

Блок индикатора (дисплея). Электронное устройство, предназначенное для отображения цифровой, цифробуквенной или графической информации электронным способом. Дисплей, используемый для проектируемой системы, должен отображать значение, высчитываемое микроконтроллером по углу поворота вала энкодера, а также стрелку вверх/вниз, указывающая направление движения калибруемого датчика.

Блок драйвера шагового двигателя. Драйвер шагового двигателя представляет собой мощную схему питания обмоток двигателя [4]. Выбирается, исходя из модели шагового двигателя.

Блок шагового двигателя. Представляет собой блок электромеханического устройства, преобразующего сигнал управления в угловое (или линейное) перемещение ротора с фиксацией его в заданном положении без устройств обратной связи [5]. Шаговый двигатель проектируемой системы осуществляет вращение по/против часовой стрелке, в зависимости от проходящего сигнала с микроконтроллера.

Блок ременной передачи. Устройство передачи механической энергии при помощи гибкого элемента – приводного ремня, за счёт сил трения или сил зацепления (зубчатые ремни).

Блок вала с ведомыми шестернями. Представляет собой вал с насаженными на него двумя шестернями. При помощи первой шестерни (входящей в ременную передачу) вал будет приводиться в движение, таким образом, вторая шестерня, вращающаяся вместе с валом, будет приводить в движение рейку с зубчатыми зацеплениями.

Блок зубчатой передачи. Представляет собой зубчатую шестерню, которая необходима для жёсткой фиксации рейки с зубчатыми зацеплениями с противоположной стороны относительно шестерни, находящейся в блоке вала с ведомыми шестернями.

Блок рейки с зубчатыми зацеплениями. Представляет собой рейку, имеющую пазы для зубчатых зацеплений. На конец рейки крепится магнитометр, который будет перемещаться в полости катушки.

Заключение

К концу 2015 г. планируется создание конечного продукта – системы автоматической калибровки глубоководного магнитометра. К заявленному времени данная система уже будет отлажена и отрегулирована посредством выявления всех её недостатков. На данный момент уже произведены все расчёты, необходимые для работоспособности системы автоматической калибровки, составлено техническое задание, выполнен его анализ и привлечены все необходимые силы, средства и ресурсы.

Работа выполнена за счёт средств субсидии в рамках реализации Программы повышения конкурентоспособности ТПУ.

Литература

1. Магнитометр: принцип действия, типы, применение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: http://qualytest.ru/katalog_produkcii/magnitoporoshkovyjj_kontrol/magnitometr
2. Кольца Гельмгольца. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.ngpedia.ru/id95551p1.html>
3. Энкодер. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://robocraft.ru/blog/technology/734.html>
4. «Контроллер шагового двигателя». Каталог принципиальных схем. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://kazus.ru/shemes/showpage/0/843/1.html>
5. Электропривод. Шаговый двигатель. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://electropriwod.ru/stepmotor.htm>

TRANSMISSION SYSTEM FOR AUTOMATIC CALIBRATION TEST OF DEEP-WATER MAGNETOMETER

I.I. Buluev

Scientific advisor: O. V. Stukach

Scientific supervisor: S.V. Rybushkina

National Research Tomsk Polytechnic University

ilusha070893@mail.ru

Introduction

“We live in a complex age where many of the problems we face can, whatever their origins, only have solutions that involve a deep understanding of science and technology. Modern society desperately needs the finest minds available to devise solutions to these problems.” (Carl Sagan).

Continuous development of technology helps to improve the social sphere of human activity. Each invention that is produced by a human for society must have high technological and technical parameters, among which sensitivity of devices and settings for calibration instruments have an important role.

The magnetometer is a device for measuring intensity of magnetic field and magnetic properties of materials. [1] There are many different types of magnetometers, but for this project it is planned to use a flux-gate magnetometer because of its high sensitivity. This device can be used to measure and evaluate magnetic fields (in general, constant or slowly varying magnetic fields) and their gradients.

It is necessary to create a system of calibration data to use a high-sensitivity sensor without distortion of the field value and have the maximum measurement accuracy. We know that modern systems for automatic calibration of sensors have already been implemented. However, these systems are designed for different purposes. The principles of action of these systems are different, and as a result, they provide different accuracy for the calibrated sensors.

The main idea of our project is to create a system of automatic calibration of a deep-water magnetometer. Calibration is carried out with a stepper motor driver.

These systems can be applied in deep submersibles, such as deep-water robots and submarines. Via accurate calibration of sensors it is possible to achieve location of objects under water to the depth of 10,000 meters with accuracy of not less than 10 nT.

In the future, it is expected to use the system to calibrate not only deep-magnetometers, but also other sensors. For example, it can be inclinometers – these are devices to determine the angle and azimuth of the borehole deformation in order to control its spatial position (used in oil and gas industry).

The main goal of our project is to create a system of step motor control for fine regulation of sensors in the enclosure of a coil.

The main objective of the study is to analyze different structural approaches to solving the problem of calibration. The main objective of our research defined the structure of the future system. After development of

the structural scheme it is necessary to make a choice of necessary elements.

The uniqueness of our project is in the fact that the anticipated system has no analogues in the Russian Federation or abroad and, consequently, will be in high demand at the market.

Development of the block diagram of the designed device

Firstly, it is necessary to define the basic functionality of the projected system, its purposes and relationship between its components. Graphically, the structure of the designed system is shown in Fig 1.

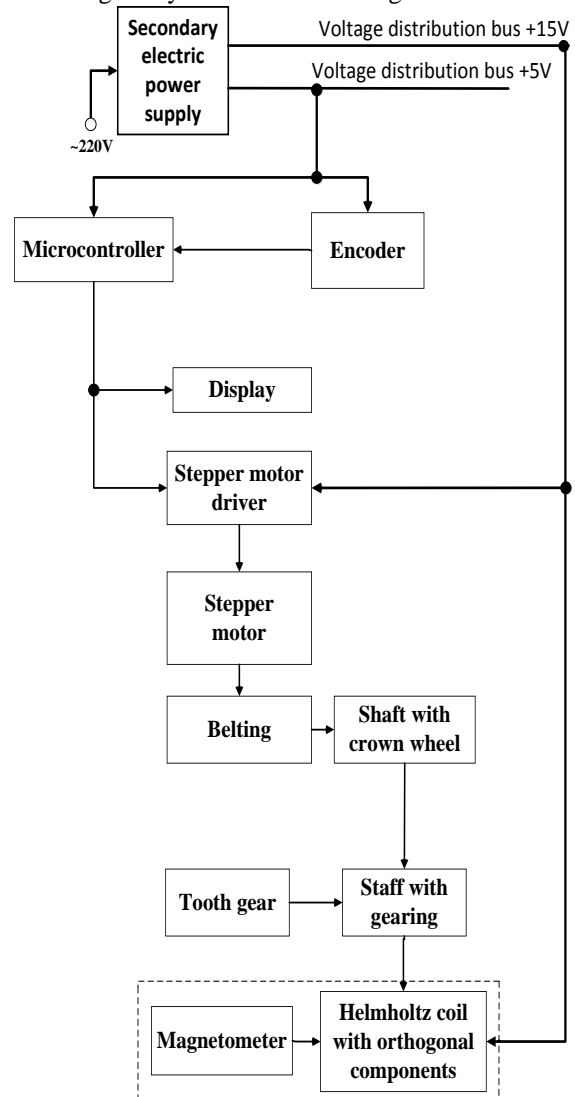


Fig. 1. Functional diagram of the automatic calibration of deep-water magnetometer

To understand the principle of operation of the system it is necessary to explain the mechanism of each block, its purpose and how it impacts further selection of specific devices and definition of their parameters.

Secondary electric power supply

It is a device that is designed to supply other devices with electrical power by converting the energy of different power supply sources of AC voltage of 220V.

Helmholtz coil with orthogonal components

Helmholtz coil with orthogonal components represent a plastic coil that has copper wires on the outside surface of the coil. Using them a magnetic field is created. It is based on the principle of Helmholtz coils. [2]

Magnetometer

It is a block containing a special sensor. Due to the fact that one of the main requirements for the designed system is its high sensitivity, it is necessary to use a flux-gate magnetometer in the research. It is an instrument for measuring and evaluating magnetic fields (constant or slowly varying magnetic fields) and their gradients.

Encoder

This device converts linear or angular movements into a sequence of signals that allow determining the amount of movement. [3] In our system, the encoder is required for external impact: offset of the calibrated magnetometer in the coil is performed by shaft rotation.

Microcontroller

A microcontroller is a special electronic chip for controlling different types of electronic devices. In the created system, a microcontroller will be used to ensure stepper motor control. The control will be carried out due to external impact on the encoder that converts the angle of rotation of its shaft into electrical signals that subsequently are transmitted to the microcontroller.

Display

It is an electronic device for displaying digital, alphanumeric or graphic information electronically. The display that is used for the designed system should display the value of the angle of rotation of the shaft encoder that is calculated by the microcontroller, and up/down arrow indicating the direction of movement of the calibrated sensor.

Stepper motor driver

The stepper motor driver is a powerful power supply scheme of the motor windings. [4] The stepper motor driver is selected based on the model of the stepper motor.

Stepper motor

It is an electromechanical device that converts a control signal into an angular (or linear) movement of the rotor. This movement passes with its fixation in a predetermined position without feedback. [5] The stepper motor of the designed system rotates clockwise or counter-clockwise, depending on the signal incoming from the microcontroller.

Belting

It is a device that enables transmission of mechanical energy using a flexible element due to the frictional forces or forces of engagement (power grip belts). [6]

Shaft with crown wheel

The shaft has two gear hills. When the first gear hill (part of belting) sets in motion the second gear hill starts rotating because it is on the same shaft. They will drive the staff with toothed.

Tooth gear

It is a gear wheel that is necessary for rigid fixation of toothed staff.

Staff with toothed

It is a staff that has daps for gearing. The magnetometer is clipped at the end of the staff that moves in the cavity of the coil.

Conclusion

By the end of 2015, the final version of the product – a system of automatic calibration for deep-water magnetometer – will have been created. By the stated time, the system will be debugged and adjusted through identification of all its defects. Currently we have already made analysis of the working capacity for the automatic calibration, prepared and analyzed engineering documentation; all the necessary resources and facilities have been attracted.

The final product will be used, as it was mentioned earlier, for deep-water robots and submarines. It is assumed that the main customers will be factories that produce submarines or radar systems.

- This study is financed from subsidies in the framework of the Program to Improve Competitiveness of Tomsk Polytechnic University.

References

1. Magnetometer: operating principle, types, usage. [Electronic source]. Access mode: http://qualytest.ru/katalog_produkcii/magnitoporoshk_ovyjj_kontrol/magnitometr. Free.
2. Helmholtz coils. [Electronic source]. Access mode: <http://www.ngpedia.ru/id95551p1.html>. Free.
3. Encoder. Types, usage, principles. [Electronic source]. Access mode: <http://robocraft.ru/blog/technology/734.html> Free.
4. “Stepper motor controller”. Catalog of circuit schematics. [Electronic source]. Access mode: <http://kazus.ru/shemes/showpage/0/843/1.html>. Free.
5. Actuator. Step motor. [Electronic source]. Access mode: <http://electroprivod.ru/stepmotor.htm>. Free.
6. Belting. [Electronic source]. Access mode: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/169401>. Free.
7. GOST (Standard) 2008 – 2.701. Unified system of design documentation. Schemes: kinds and types. The general requirements for implementation. [Electronic source]. Access mode: <http://ohrana-truda11.ru/pdf/2/2.701-2008.pdf>. Free.

ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Видяев И.Г.

Томский политехнический университет

vig@tpu.ru

Для эффективного управления проектом по внедрению ресурсоэффективных технологий в производственной сфере необходимо формирование объективных предпосылок для осуществления такого процесса. Вышесказанное быть реализовано в разработке технических нормативов и норм, аккумуляции требующихся финансовых ресурсов, оптимизации работ во времени и т. п. Особую роль играет формирование определенной последовательности наблюдения и корректировки результатов реализации проекта и протекающих процессов, повлиявших на эти результаты. Эта последовательность называется оценкой ресурсоэффективности в сфере литейного производства, которая необходима для своевременного принятия управленческих решений.

За определение оценки возьмем процесс выявления значимости объекта в соответствии с заранее установленными целями. Основным результатом такого выявления будет технико-экономически обоснованное мнение о состоянии или изменении состояния оцениваемого объекта за определенный период времени в количественном или качественном выражении.

Соответственно, оценка ресурсоэффективности литейных технологий – это процесс определения значимости произошедших изменений в литейной технологии и ее основных составляющих за определенный промежуток времени на основе изучения результатов изменения технических, экономических и социальных показателей, характеризующих эффективность использования ресурсов объектом оценки [1].

Цели оценки ресурсоэффективности литейных технологий: *оптимизация* – выбор наилучшего решения из нескольких для повышения эффективности использования ресурсов при производстве продукта; *идентификация* – определение литейной технологии, качество которой наиболее соответствует реальному объекту в заданных условиях;

В российской и зарубежной практике при проведении оценки ресурсоэффективности продуктов и услуг применительно к любым отраслям экономики главным является соблюдение устоявшихся правил или как их по-другому называют *принципы оценки ресурсоэффективности*.

Принципы оценки ресурсоэффективности – это основные начала, которыми руководствуются при проведении оценки.

Исполнение работы по оценке ресурсоэффективности должно быть компетентным:

1. Специалисты, проводящие оценку ресурсоэффективности гарантируют честность и открытость всего процесса оценки:

2. Специалисты по оценке уважают безопасность и достоинство людей, с которыми они взаимодействуют в процессе своей профессиональной деятельности

3. Специалисты имеют профессиональные обязательства, определяющиеся общественными интересами и общественным благом:

Для оптимизации и количественной оценки эффективности возможных вариантов проектируемых или же уже существующих литейных технологий необходимо правильно выбирать критерии их эффективности [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Функциональные критерии: объемно-временные характеристики реализуемого литейного процесса; надежные характеристики реализации литейного процесса; параметры, характеризующие степень достижения основного конечного результата литья, реализуемого при помощи данной технологии.

Ресурсные критерии: материальные ресурсы; энергетические ресурсы; людские ресурсы; временные ресурсы; информационные ресурсы.

Литейное производство является неотделимой частью машиностроительной промышленности. Именно продукция литейных цехов в дальнейшем превращается в готовые машины. В наше время существует много гибких технологий для получения точных и очень сложных отливок. В общем, литейные формы можно разделить на многократные и разовые (песочные).

Для изготовления разовых литейных форм используется песок. Но не любой, например намывной речной песок совершенно не подойдет для этих целей из-за своих специфических свойств. На основе вышесказанного формулируется следующий вывод, что основными и наиболее важными видами ресурсов в производственной сфере (литейном производстве) являются энергетические и материальные ресурсы. Отсюда поэтому максимальное внимание при технологизации производственных процессов получения промышленной продукции выделяется энергосберегающим и материалосберегающим технологиям производства готовых изделий [4].

Критериями наиболее распространенными для сравнения и произведения оценки технологий производства и в том числе литейных технологий являются *энергетические критерии*. Затраты энер-

гии как электрической, механической и любых других видов в общественно полезном производстве можно выделить как один из важных показателей степени технологизации в развитии современного социума. Тем не менее, наиболее общим показателем технологичности любого вида (социальной, информационной, производственной и т.д.) следует признать *экономия социального времени*. Такая экономия достигается как результат использования вышеназванной технологии. Данный критерий, обозначенный академиками П.Г. Кузнецовым и В.Г. Афанасьевым одним из наиболее общих степеней развития социума, представляется авторам данной статьи пригодным для количественной оценки эффективности различных видов литейных технологий. Благодаря этому критерию можно производить сравнительный анализ литейных технологий. Общеизвестно, что любая экономия (производственная, энергетическая и т.д.) в итоге может быть сведена к экономии времени. Здесь стоит отметить, что, по мнению П.Г. Кузнецова, именно *бюджет социального времени* и является главным ресурсом для жизнеобеспечения и развития современного общества [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Для внедрения и практической реализации любого процесса модернизации общества (интеллектуального, духовного или экономического) необходимо, чтобы оно обладало возможностью затратить на эти цели определенную часть имеющегося у него в наличии общего ресурса социального времени. Обществу нужен некоторый «свободный ресурс» времени, социального времени. Данный ресурс должен иметься в общем бюджете социального времени общества кроме трат по иным «статьям» этого бюджета. Под иными «статьями» здесь имеется в виду статьи связанные с решением задач обыкновенного жизнеобеспечения и воспроизводства общества [2].

Отсюда, наиболее значимыми и полезными с общественной точки зрения для социума являются те технологии, которые дают возможность сэкономить наибольший объем социального времени, освобождая его для иных целей. Ярким примером таких иных целей может являться развитие общества

Конечно же, использование экономии социального времени в качестве общего критерия эффективности литейных технологий сегодня еще не обеспечено необходимыми методическими разработками. Однако хотелось бы подчеркнуть, что данный подход представляется нам исключительно перспективным. Ведь он не только позволяет создать необходимую научную и технологическую основу для практического воплощения в

жизнь широко пропагандируемого сегодня гуманистического лозунга: «Все во благо человека!», но также изменяет и *мировоззрение общества*, его отношение к социальной роли и значимости развития информационных технологий.

Результаты работы, представленные в настоящей статье, выполнены при поддержке гранта Президента РФ МК-6661.2013.8.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 596-600.
3. Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.
4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.
5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы брос10-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.
6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнolитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.
7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.
8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.
9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.
10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЗАМОК С ДАТЧИКОМ ОТПЕЧАТКА ПАЛЬЦЕВ «TOUCH LOCK»

А.Д. Курилова, Д.Е. Новицкий, И.И. Савенко
Томский политехнический университет
3208607970@mail.ru

Введение

Замок является важной составляющей двери. От его надежности и качества будет зависеть безопасность вашего имущества.

Всем давно известны достоинства и недостатки традиционных механических дверных замков. Достоинств много, а главных недостатков два:

1 Все существующие на сегодняшний день механические замки выпускаются уже не менее 15-и лет, поэтому их конструкция и методы вскрытия не являются секретом для “заинтересованных лиц”.

2 Так как ключевые отверстия таких замков видны с внешней стороны, то определить марку, тип и расположение дверного замка не составляет труда.

Поэтому устанавливать электронные замки намного надежнее. Электронные замки делятся на несколько типов:

1 Замки с системой аутентификации сетчатки глаза. Преимущества: алгоритм статически надежен. Недостатки: высокая цена и низкая доступность готовых решений.

2 Кодовый замок. Опять же не нужно использовать ключи, но код можно забыть или его могут подсмотреть при вводе.

3 Замки с RFID-меткой. Преимущества: удобство в использовании, возможность замаскировать считыватель метки так, что визуально замок не будет виден, что повышает защищенность от взлома. Недостатки: RFID-метку возможно скопировать легко и незаметно для владельца.

4 Замок с датчиком отпечатка пальца.

Технологии устройства «Touch Lock»

Биометрические замки начали развиваться в 90-х годах XX века вместе со скачком развития биометрических технологий, когда сенсоры, распознающие папиллярный узор пальца, стали намного точнее. Такие замки еще называют дактилоскопическими или смартлоками.

Помимо способности распознавания по отпечаткам, биометрические замки имеют все характеристики и функции обычных механических замков. Также по надежности, секретности и взломостойкости биометрические замки на сегодняшний день стали превосходить механические устройства среднего и высокого класса. Помимо этого, они избавляют от ключей, магнитных карт, запоминания кодовых комбинаций. Так что вероятность остаться за закрытой дверью, потому что потерял

ключ или забыл код, невелика [1].

Наиболее проработанный на сегодняшний день биометрический метод идентификации личности - это распознавание отпечатка. У каждого человека свой уникальный папиллярный узор на пальцах, благодаря этому и возможна идентификация. Классические алгоритмы используют характерные точки в узоре: конец, разветвление линии узора, одиночные точки. К тому же используется информация о морфологической структуре папиллярного узора: положение замкнутых, спиральных и “арочных” линий друг относительно друга. Уникальные характеристики отпечатка преобразуются в код, сохраняющий информацию об изображении отпечатка, этот код и хранится в базе данных, которая используется для хранения и сравнения отпечатков. Время транслирования изображения папиллярного узора в код и идентификации чаще всего не превышает одной секунды, но имеет зависимость от размера базы данных. Время, затрачиваемое на поднесение руки, не учитывается.

Одним из таких биометрических замков является «Touch Lock». Интегрированный в модуль датчик отпечатков пальцев выполняет ряд функций, таких как регистрация отпечатков, обработка изображений, идентификация, поиск и хранение шаблонов.

«Touch Lock» довольно прост в эксплуатации: палец прикладывается к сенсору, считывается его отпечаток, и если находится соответствие в базе данных, тогда замок открывается [2].

Принцип обработки отпечатка пальца

Устоявшимися понятиями для биометрии являются — False Acceptance Rate (*FAR*) и False Rejection Rate (*FRR*). Первое понятие характеризует шанс ложного совпадения биометрических характеристик двух разных людей. Второе же – вероятность запрета доступа человеку, который имеет допуск. Система биометрии тем качественнее, чем меньше у неё *FRR* при том же *FAR*.

Для понимания значения вероятностей *FAR* и *FRR*, можно оценить, насколько часто будут проявляться ложные совпадения, если система идентификации будет установлена в организации размером в *N* человек. Шанс неверного совпадения отпечатка пальца полученного сканером для базы данных из *N* отпечатков равна $FAR * N$. Порядка *N* человек проходит через пункт контроля доступа каждый день. В таком случае вероятность ошибки в течение рабочего дня будет равна $FAR * (N^2)$. Если допустима одна ошибка в течение рабочего

дня, тогда: $FAR * N^2 \approx 1 \Rightarrow N \approx \sqrt{\frac{1}{FAR}}$

Стандартное значение FAR для датчиков отпечатка пальца – 0.001%.

Соответственно из формулы получаем, что система идентификации при $FAR=0.001\%$ будет стабильно работать с численностью персонала $N \approx 300$.

Преимуществами данного метода являются: высокая достоверность — статистические показатели метода выше, чем у методов идентификации по лицу, голосу, росписи; невысокая цена устройств, предназначенных для сканирования отпечатка пальца; несложная процедура сканирования отпечатка.

Недостатком является легкое повреждение папиллярного узора отпечатка пальца мелкими порезами, царапинами. Люди, которые использовали сканеры отпечатка пальца в фирмах числом порядка сотен человек, говорят об относительно высокой частоте отказа сканирования. Ещё на текущем уровне технологий есть возможность относительно просто подделать изображение отпечатка [3].

Используемым сканером отпечатков пальцев в проекте «Touch Lock» является «ZFM-20» от компании Adafruit. В качестве системы управления используется Arduino Mega2560, программирование которой происходит на языке «Wiring». База данных с соответствиями отпечатков людям на текущий момент хранится в EEPROM (постоянной энергонезависимой памяти) Arduino.

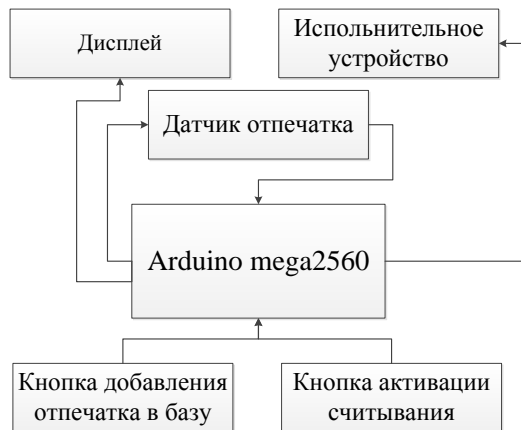


Рис. 1. Схематическое устройство «Touch Lock»

Перспективы

В дальнейшем планируется два варианта развития: в первом управляющая программа и база данных находятся на сервере, а Arduino используется лишь как исполняющее устройство команд сервера, во втором база данных будет храниться на съёмном носителе, подключаемом напрямую к Arduino, а обработка будет вестись ею самой. Так же планируется замена Arduino на обычный мик-

роконтроллер AVR серии ATmega, для удешевления и упрощения устройства. Ещё будут добавлены часы реального времени, позволяющие контролировать время прихода и ухода сотрудников (при установке на предприятии), так же это нововведение позволит задавать индивидуальное время доступа для каждого человека, т.е. кто-то может заходить всегда, а кто-то, например уборщики, лишь в стандартное время уборки. Помимо этого в устройство будет добавлен датчик температуры и влажности, что позволит легко контролировать эти параметры в комнате. Планируется добавление графического дисплея с удобным выводом меню для управления всеми функциями замка.

На текущий момент «Touch Lock» питается от сети переменного тока через блок питания, на случай отключения сети электроснабжения будет добавлено резервное питание от аккумулятора и схема для его зарядки. Ещё, возможно, будет добавлен внешний разъем для подключения батареи «Крона», чтобы гарантировать возможность открытия двери даже при очень длительном отключении электроэнергии.



Рис. 2. Отпечаток пальца

Литература

- 1 Интернет версия журнала «Barlette» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://barlette.ru/journal/article/505.html>, свободный
- 2 Сайт электронного биометрического замка «Touch Lock» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://projectee.devyourself.ru/co/TouchLock/>, свободный
- 3 IT-сообщество «Хабрахабр» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/126144/>, свободный

ГУСИНООЗЁРСКАЯ ГРЭС. ЦЕХ ТЕПЛОЙ АВТОМАТИКИ И ИЗМЕРЕНИЙ

А.А. Соболев

Томский политехнический университет

siberiansable@mail.ru

Введение

Основной целью деятельности филиала «Гусиноозерская ГРЭС» открытого акционерного общества «ИНТЕР РАО - Электрогенерация» является получение прибыли и обеспечение безопасной, экономичной и надежной работы оборудования в процессе осуществления видов деятельности, закрепленных Уставном Обществе.

Основными видами деятельности являются производство и передача электрической и тепловой энергии, поставка (продажа) электрической и тепловой энергии, обеспечение эксплуатации энергетического оборудования, зданий и сооружений в соответствии с действующими нормативными требованиями, проведение своевременного и качественного его ремонта, технического перевооружения и реконструкции энергетических объектов, а также развития энергосистемы.

Географическое положение

Площадка Гусиноозерской ГРЭС в республике Бурятия в южной части Загустайской степи на северном берегу озера Гусиное, образованного юго-восточным склоном Хамбинского хребта, северо - западным склоном Моностаевского хребта и долиной Гусино - Убукунской впадины, в 4,0 км от г. Гусиноозерска, между речкой Загустай и железнодорожной магистралью Улан-Удэ – На-ушки. Рельеф площадки относительно спокойный, с общим уклоном к озеру Гусиное. Особенности микрорельефа площадки характеризуются чередующимися гривками и лощинами, ориентированными в направлении северо-востока на юго-запад с наличием отдельных впадин (небольших озер и заболоченных участков). Заболоченные участки имеют связь с грунтовыми водами.

Краткая характеристика мощности электростанции

Установленная электрическая мощность филиала «Гусиноозерская ГРЭС» ОАО «ИНТЕР РАО – Электрогенерация» 1200 МВт, тепловая мощность от отборов турбин 220 Гкал/ч.

На первой очереди установлено четыре блока с турбинами К-210-130-3 и котлами БКЗ-640-140ПТ1. Проектное топливо - уголь БЗР Хольбольджинского разреза.

На второй очереди установлено два блока с турбинами К-215-130-3 и котлами ТПЕ-215. Проектное топливо - Уголь Д, ДГ Тугнуйского разреза. В качестве растопочного топлива используется мазут М-100.

В 2002 году по причине закрытия разреза «Хольбольджинский» и снижения качественных характеристик угля разреза «Тугнуйский», как проектных углей для котлоагрегатов станции была

выполнена перемаркировка основного оборудования, при этом установленная мощность составила 1100 МВт.

Охрана окружающей среды

Постоянный контроль соблюдения санитарно-гигиенических норм на предприятии, с учетом вредного воздействия производственных факторов на работающих и окружающую среду, осуществляет сектор экологии производственно-технического отдела. Зоной контроля отдела является вся станция, прилегающая территория, атмосферный воздух. Для аналитического контроля в штате предусмотрена химическая лаборатория, основными задачами которой является:

1. Контроль исполнения природоохранного законодательства, актов, предписаний контролирующих органов, мероприятий по охране окружающей среды, разработанных для станций в целом, утвержденных Техническим директором.

2. Контроль состояния воздуха рабочей зоны. Участие в проведение аттестации рабочих мест.

3. Контроль эффективности работы газо-пылеулавливающих установок, объемом выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

4. Контроль состояния атмосферного воздуха.

5. Предоставление необходимой стат. отчетности вышестоящим органам, статуправления, природоохранным органам.

6. Контроль количества выбросов.

7. Разработка и согласование норм предельно допустимых выбросов, сбросов и размещения загрязняющих объектов.

Технологический процесс

Тепловая электростанция включает в себя: топливное хозяйство и систему подготовки топлива к сжиганию; турбинную установку; котельную установку; установки конденсатоочистки и водоподготовки; систему золошлакоудаления; систему технического водоснабжения; электротехническое хозяйство; систему управления электрооборудованием.

Подготовка твёрдого топлива к сжиганию заключается в измельчении и сушке его в пылеприготовительной установке.

В котёл дутьевыми вентиляторами подаётся необходимый для горения воздух. Продукты сгорания топлива откачиваются дымососами и затем отводятся в атмосферу через дымовые трубы. Каналы газоходов, воздуховодов и различных составляющих оборудования, через которые перемещаются воздушные потоки и дымовые газы, создают газоздушный тракт тепловой электро-

станции. В её состав входят дымососы, дымовая труба и дутьевые вентиляторы, которые, в свою очередь, составляют тягодутьевую установку. Входящие в состав топлива негорючие (минеральные) примеси претерпевают в зоне горения физико-химические изменения и удаляются из котла большей частью дымовыми газами в виде мелких частиц золы и частично в виде шлака. Для предотвращения выбросов золы в атмосферный воздух перед дымососами устанавливаются золоуловители. Шлак и уловленная зола удаляются за пределы территории электростанции на золоотвал.

При сжигании топлива химически связанная энергия превращается в тепловую, образуя продукты сгорания, теплоноситель, которые в поверхностях нагрева котла отдают теплоту воде и образующемуся из неё пару. Оборудование, отдельные его элементы, трубопроводы, по которым движется вода и пар, образуют в совокупности водопаровой тракт электростанции.

Вода, нагретая в котле до температуры насыщения, испаряется, а затем перегревается насыщенный пар, образовавшийся из кипящей (котловой) воды. Перегретый пар из котла направляется через трубопроводы в турбину, где его тепловая энергия преобразовывается в механическую, которая передается валу турбины. Пар, отработавший в турбине, поступает в конденсатор, отдаёт теплоту охлаждающей воде и конденсируется.

Применяется и промежуточный перегрев пара. Турбина имеет три составные части: часть высокого, среднего и низкого давления. Пар, отработав в части высокого давления турбины, перемещается в промежуточный перегреватель, где к нему дополнительно подводится теплота. Затем пар снова возвращается в турбину, в часть среднего, а затем в часть низкого давления, откуда он далее поступает в конденсатор. Промежуточный перегрев пара повышает коэффициент полезного действия турбинной установки и повышает надёжность её работы.

Конденсат откачивается насосом и поступает в деаэрактор, пройдя через подогреватели низкого давления. В деаэраторе он нагревается паром до температуры насыщения, при этом происходят выделения кислорода и углекислоты, которые для предотвращения коррозии оборудования удаляются в атмосферу. Из деаэратора вода, называемая питательной водой, питательным насосом прокачивается через подогреватели высокого давления и подаётся в котёл.

Питательная вода в подогревателе высокого давления, а также конденсат в подогревателе низкого давления и деаэраторе подогреваются паром, отбираемом из турбины. Такой способ подогрева означает возврат (регенерацию) теплоты в цикле и называется, регенеративным подогревом. Благодаря ему уменьшается поступление пара в конденсатор, и, следовательно, и количество теплоты, передаваемой охлаждающей воде, что приводит к

повышению коэффициента полезного действия паротурбинной установки.

Элементы, обеспечивающие конденсаторы охлаждающей водой, в совокупности образуют систему технического водоснабжения. К системе относятся: источник водоснабжения (озеро и башенный охладитель-градирня), циркуляционный насос, подводящие и отводящие водоводы.

Электротехническое хозяйство включает в себя электрический генератор, трансформатор связи, главное распределительное устройство, систему электроснабжения собственных механизмов электростанции через трансформатор собственных нужд.

Задача системы управления энергооборудованием заключается в сборе и обработке информации о ходе технологического процесса и состоянии оборудования, автоматическом и дистанционном управлении механизмами и регулировании основных процессов, автоматической защите оборудования.

Цех тепловой автоматики и измерений

ЦТАИ является структурным подразделением общества и подчиняется Исполнительному директору и, в соответствии с организационной структурой управления Общества и распределением функциональных обязанностей, главному инженеру Общества.

Работой отдела руководит начальник.

ЦТАИ осуществляет свою деятельность на основе планов Общества и цеха, утверждаемых в установленном порядке.

Основные задачи цеха:

1. Обеспечение защиты тепломеханического оборудования электростанции в объеме действующих директивных документов и контроль его работы.
2. Контроль своевременного проведения текущего и капитального ремонта в соответствии с графиком.
3. Обеспечение безаварийной и экономичной работы и поддержания в исправном и работоспособном состоянии оборудования, входящего в зону обслуживания.
4. Повышение производительности труда, внедрение автоматизации, передовых методов обслуживания и ремонта, снижение стоимости эксплуатационных расходов.

В состав цеха входят следующие структурные подразделения станции: эксплуатационный, ремонтный, участок АСУ ТП.

■ Литература

1. Харченко. С.П., Кинжибекова А.К. Реализация технологических процессов на ТЭС: учебное пособие. - Павлодар, 2005. - 275 с.
2. Руководство по качеству филиала «Гусиноозерская ГРЭС» ОАО «ИНТЕР РАО – Электрогенерация».
3. Положение о ЦТАИ филиала «Гусиноозерская ГРЭС» ОАО «ИНТЕР РАО – Электрогенерация»

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОРА

М.Н. Рудь, А.Р. Пантюхин

Томский политехнический университет

rudmax13@gmail.com, sanyapantiukhin@gmail.com

Введение

Одной из важнейших задач, решаемых автономным мобильным роботом, действующим в заранее известной среде, является локализация (определение своего местоположения в пространстве). В данной работе используется алгоритм, основанный на фильтре частиц (метод Монте – Карло) [1].

Метод Монте – Карло основан на представлении состояния системы в виде набора частиц. Каждая частица – объект, который содержит информацию о вероятном местоположении и направлении движения робота, а также дополнительный параметр, именуемый *весом частицы*. Частицам предоставляется карта местности в виде сетки занятости (*occupancy grid*). Каждый цикл получения данных с сенсоров вес частицы вычисляется в зависимости от того, насколько точно показания «виртуальных» сенсоров частицы совпадают с реальными показаниями сенсоров робота. После этого происходит отбор наиболее сильных частиц. В результате, через определенное количество циклов движения и получения информации с сенсоров, в системе останутся частицы, показавшие наилучшие результаты. Они будут сконцентрированы вокруг реального положения робота и смогут достоверно его определить.

Чтобы получить необходимую точность локализации, необходимо охватить как можно больше вероятных состояний робота, что ведет к увеличению числа частиц в системе. Это делает применение фильтра частиц в реальном времени очень затратным с точки зрения скорости вычислений. Необходимо отметить, что большинство шагов фильтра выполняются независимо для каждой частицы, что позволяет осуществлять параллельную обработку всех частиц.

В последние годы графические процессоры (GPU) трансформировались из устройств для вывода компьютерной графики в мощные многоядерные аппаратные решения для осуществления параллельных вычислений общего назначения. При решении задач, где возможно осуществить параллельную обработку данных (к таким задачам относится, например, обработка изображений и фильтр частиц, рассматриваемый в данной статье) можно получить прирост производительности в десятки раз по сравнению с традиционной реализацией вычислений на центральном процессоре (CPU).

CUDA (Compute Unified Device Architecture) – программно-аппаратная архитектура параллель-

ных вычислений на графических процессорах (GPU) компании NVIDIA [2].

В данной работе на архитектуру CUDA был перенесен наиболее ресурсоемкий шаг фильтра частиц – вычисление весов, который выполняется независимо для каждой частицы и пригоден для параллельного исполнения. Для повышения наглядности полученных результатов алгоритм был реализован как на многоядерном CPU, так и на устройстве с поддержкой CUDA – мобильной видеокарте GeForce GT 640M.

Аппаратная часть

Используемый робот имеет два ведущих колеса. В качестве основного сенсора используется Microsoft Kinect [3]. Kinect предоставляет видеоизображение, комбинированное с соответствующей ему картой глубины, содержащей расстояния до каждой точки обозреваемого пространства. Сенсор имеет разрешение 640 x 480 точек и угол обзора приблизительно 60 градусов.

Модель вычислений CUDA

Технология CUDA реализует модель вычислений типа «сетка». Низшими звеньями в этой модели выступают так называемые «нити», которые выполняют элементарные операции, например, сложение элементов двух векторов. Нити объединяются в блоки, причем мы можем пользоваться тремя измерениями. На практике обычно используются одномерный или двухмерный случаи. Блоки, в свою очередь, объединяются в сетку (*grid*), которая имеет два измерения.

Алгоритм

Алгоритм, используемый в работе, основан на использовании фильтра частиц. Каждая частица в системе представляет собой одно из возможных состояний мобильного робота. Состояние робота включает три переменных: координаты x , y центра масс робота, а также угол рысканья θ . Для каждого цикла движения и считывания информации с сенсоров состояния обновляются с учетом поданных на моторы команд, показаний электронного компаса и сенсора Kinect. Далее будут описаны основные шаги алгоритма Монте – Карло для осуществления локализации робота, а также даны комментарии по реализации алгоритма на GPU.

Инициализация начальных состояний частиц.

Изначально придаем переменным x , y и θ для всех частиц случайные значения.

Предсказание следующего положения робота.

На данном шаге выполняется чтение показаний энкодеров двигателей. Показания энкодеров приходят в виде количества градусов, на которые повернулся двигатель. Для того, чтобы предсказать следующее положение робота, необходимо из текущего показания энкодеров вычесть показания энкодеров на предыдущем цикле считывания. Это число градусов должно быть переведено в расстояние, пройденное роботом за это время, с учетом диаметра колес. Наконец, необходимо прибавить полученное число к предыдущей позиции робота. Учитывая наличие шумов в энкодерах, в модель движения должен быть также добавлен случайный шум.

Для реализации данного шага на GPU мы должны запустить ядро (специальное название для функции, выполняемой на GPU), с количеством нитей равным количеству частиц. Каждая нить ядра выполняет все необходимые вычисления для соответствующей ей частицы.

Вычисление весов частиц

Как было отмечено ранее, вес частицы зависит от того, насколько точно показания «виртуальных» датчиков частицы совпадают с реальными показаниями сенсора Kinect. Исходя из этого, необходимо создать модель сенсора Kinect, которой могли бы пользоваться частицы для получения своих показаний. Для создания модели сенсора карта глубины разбивается на 36 регионов. Для каждой ячейки размера 107 x 80 находится среднее значение глубины путем сложения значений всех пикселей и деления полученной суммы на общее число пикселей. Полученная матрица размера 6 x 6 разбивается на столбцы. Для каждого из 6 столбцов находится минимальное значение. Таким образом, мы получаем своеобразный набор из 6 дальномеров, лучи которых расположены по дуге с промежутком 10 градусов.

Перейдем непосредственно к вычислению весов частиц. В начале, инициализируем веса частиц равными единицам. Затем, будем последовательно умножать этот вес на следующее выражение:

$$1.0 - \left(\frac{|Mr_i - Mp_i|}{Mr_i + Mp_i} \right),$$

где Mr_i - показание i -го датчика робота, Mp_i - показание i -го датчика частицы.

Частицы, наиболее близкие к реальному положению робота, будут иметь наибольший вес, наиболее удаленные частицы – наименьший.

Данный шаг реализуется на GPU аналогично предыдущему. Мы запускаем ядро, где каждая нить отвечает за вычисление веса для соответствующей частицы в наборе. На вход ядра поступает вектор данных с сенсора Kinect, а также карта помещения, размещенная в текстурной памяти GPU. После проведения вычислений, массив с весами частиц передается в оперативную память

для проведения отбора, который на данной стадии работы выполняется полностью на CPU.

Отбор частиц

На этом шаге необходимо провести отбор наиболее сильных частиц. Общее число частиц при этом должно сохраняться неизменным, поэтому некоторые частицы попадут в новый набор несколько раз.

Определение местоположения робота

После получения нового набора частиц, вычислим предполагаемые координаты x, y, θ робота путем вычисления средних значений данных переменных между всеми частицами.

Результаты

В качестве тестового стенда был использован ноутбук с процессором Intel Core i5 3210M и мобильной видеокартой NVIDIA GeForce GT 640M. Для наглядности алгоритм был протестирован на нескольких значениях количества частиц в системе. Результаты, полученные при реализации алгоритма на CPU представлены на рис. 5; результаты, полученные с ускорением на GPU, представлены на рис. 1:

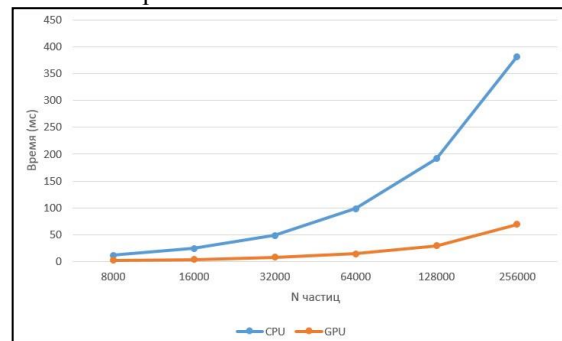


Рис.1. Графики производительности на CPU и GPU

Как можно увидеть из графиков, представленных выше, при ускорении алгоритма на GPU нами было получено повышение производительности более чем в 15 раз по сравнению с реализацией на CPU. Такой значительный прирост связан в первую очередь с переносом на GPU вычисления весов частиц, которое обладает высокой степенью параллелизма. В дальнейшем планируется протестировать алгоритм на одноплатном компьютере Jetson TK1, а также интегрировать систему локализации в единую систему управления автономным роботом.

Литература

1. S. Thrun «Probabilistic robotics» // Wolfram Burgard, 2000
2. N. Wilt «CUDA Handbook: A comprehensive guide to GPU programming» // Addison-Wesley, 2013
3. S. Falahati «OpenNI Cookbook» // PACKT Publishing, 2011

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ В ВУЗЕ

Агафонов А. А.

Научный руководитель: Вылегжанин О.Н., к.х.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

Anton.tash@gmail.com

Многие задачи планирования и управления требуют упорядочения во времени фиксированной системы ресурсов для выполнения определенной совокупности работ. От выбора постановки и качества решения таких задач существенно зависит рациональная организация работ и эффективность производства. Составление расписания учебного процесса относится к задачам упорядочения, где элементы расписания представляются в виде блоков, с заданным видом работ и их деятельностью.

Несмотря на наличие в литературе большого количества программ составления расписания, такая задача тесно связана с особенностями функционирования того или иного ВУЗа и поэтому не теряет своей актуальности и по сей день [1]. В настоящей работе описаны некоторые результаты разработки программы составления расписания применительно к специфике функционирования ТПУ.

В настоящее время разработано большое количество вариантов реализации генетических алгоритмов применительно к задачам составления расписания в ВУЗе (timetabling task) [2]. Наряду с такими алгоритмами активно развиваются так называемые жадные алгоритмы [3], алгоритмы имитации отжига [4], меметические алгоритмы [5].

В общем, перечисленные алгоритмы стремятся уменьшить влияние случайного выбора и перейти к направленному. В генетических алгоритмах возможно использовать направленный выбор при формировании родительских пар, а также в процедуре кроссовера, при определении того, какие гены родителей будут наследоваться потомком. При формировании родительских пар это позволяет избежать тесного имбридинга, а при реализации кроссовера сократить количество патологических генов [6].

Постановка задачи

Исходной информацией для составления расписания является список педагогических поручений, в котором определено какие занятия, для каких групп, каким преподавателем должны быть проведены за планируемый период. В составленном расписании каждому педагогическому поручению должно быть поставлено в соответствие время и место проведения занятия. При составлении расписания имеется некоторый ресурс аудиторий, характеризующихся определенными параметрами (вместимость, наличие специального оборудования и т.д.). Наряду с этим имеется ин-

формация об ограничениях. Эта информация выражена в виде обязательных и желательных ограничений. Обязательные должны всегда выполняться, в то время как желательные будут отвечать за качество составленного расписания [7].

Формализованная постановка задачи может быть определена следующим образом: необходимо для каждого педагогического поручения составить кортеж $(L, T, G, P, S)_i$ характеризующий единицу распределения: L – Location (мест), T – Time (времени), G – Group (групп), P – Professor (преподавателей), S – Subject (Предметов). Где $i = 1, \dots, N$, N – общее количество поручений (лабораторные, лекции, практики). Множество кортежей задает расписание. Расписание является допустимым, если для него выполнены все обязательные ограничения. Оценку данного расписания

определяет функция качества $Q = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K \alpha_{i,j}$,

где K – количество желательных ограничений, нарушенных в данном экземпляре расписания, а $\alpha_{i,j}$ – веса желательных ограничений. Наилучшим считается расписание, для которого значение функции качества минимально.

Распределение кортежей по времени и месту можно представить в виде трехмерной сетки (рис. 1). Где ось X – аудитории, ось Y – дни недели, ось Z – фиксированные временные отрезки.

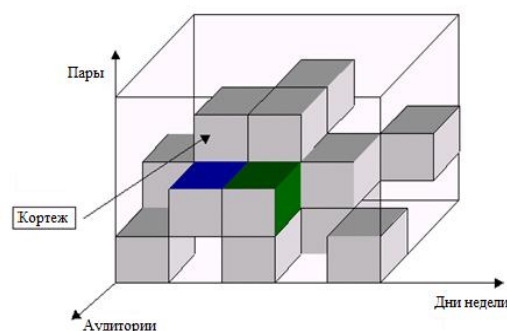


Рис. 1. Трехмерная сетка распределения кортежей на планируемый период времени

Разработка алгоритма

Ранее нами был предложен алгоритм порождения родительского поколения, обеспечивающий получение только допустимых расписаний [8].

На основе анализа задачи порождения родительского поколения было показано, что для первого родителя (экземпляра расписания) выполняются все обязательные ограничения. Первое поколение родителей строится путем повторения процедуры построения первого родителя путем комбинирования блоков педагогических поручений. Были разработаны алгоритм порождения первого родителя, а также процедура получения родительского поколения заданной численности путем комбинирования блоков списка педагогических поручений.

Для получения следующего поколения предложен алгоритм кроссовера, описанный в [9]. Алгоритм контролирует подбор родительских пар и скрещивание генов, гарантирующий соблюдение обязательных ограничений (назовем это элитизмом).

Для каждой особи в новой популяции вычисляется значение фитнес-функции. Популяция упорядочивается в порядке убывания фитнес-функции и особи, для которых это значение ниже установленного порога не участвуют в порождении следующего поколения.

Проведенными на модели ВУЗа исследованиями показано, что разработанный алгоритм обеспечивает существенное ускорение сходимости генетического алгоритма (рис. 2.) по сравнению со случайным выбором.

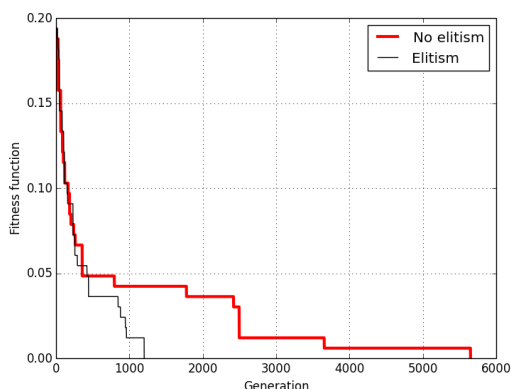


Рис. 2. Графики зависимостей функции приспособленности от числа поколений. Для случайного процесса (No elitism) и модифицированного процесса (Elitism).

Процесс порождения новых поколений повторяется до тех пор, пока значение фитнес-функции какой-либо особи в популяции не станет меньше или равным значению, которое считается приемлемым для данной задачи [10].

Список литературы

1. Коффман Э.Г. Теория расписаний и вычислительные машины.—М.:Наука,1984. 367с.

2. Клемент Росс. Генетические алгоритмы: почему они работают? когда их применять? «Компьютера». 1999. - № 11. - 71 - 76 С.

3. Кормен, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р., Штайн, К. Глава 16. Жадные алгоритмы // Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms / Под ред. И. В. Красикова. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2005. — 1296 с.

4. Джонс М. Т. Программирование искусственного интеллета в приложениях. — М.: ДМК Пресс, 2004. — 312 с. —С. 25—42.

5. The Selfish Gene by Richard Dawkins, Oxford University Press, 1976, 2nd edition, December 1989, hardcover, 352 pages, ISBN 0-19-217773-7; April 1992, ISBN 0-19-857519-X; trade paperback, September 1990, 352 pages,

6. Агафонов А.А. «Разработка программы составление расписания в ВУЗе на основе генетического алгоритма». Сборник трудов XI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. г.Томск, 23-24 апреля 2014 г. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 270 с. – 67 с.

7. Петров Е.С., Вылегжанин О.Н., Агафонов А.А., Салихова Е.Г., Леонтьев П.Н. «Проблемы, возникающие при построении расписания учебного заведения». Всероссийская конференция с международным участием «Информационные и математические технологии в науке, технике, медицине». (2-5 ноября 2012г.).

8. Леонтьев П.Н., Вылегжанин О.Н., «Формирование родительской популяции при решении задачи построения расписания в вузе». Сборник трудов X Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (19–20 марта 2013 г.) / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 355 с.

9. Леонтьев П.Н., Вылегжанин О.Н., «Алгоритм Кроссовера при решении задачи построения расписания в вузе при помощи генетического алгоритма». Сборник трудов XI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. г.Томск, 23-24 апреля 2014 г. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 270 с. – 232 с.

10. Салихова Е.Г., Агафонов А.А., Вылегжанин О.Н., «Программа реализации ГА на примере решения диофантова уравнения». Сборник трудов X Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (19–20 марта 2013 г.) / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 355 с. – 118 с.

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО АЛГОРИТМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАКАЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

А. О. Игумнов, Д. М. Сонькин, С.А. Хруль
Томский политехнический университет
siberianodis@gmail.com

Введение

Методы многокритериальной оптимизации нашли широкое применение в сферах, включающих управленческие задачи – используются как для оптимизации работы самой системы так и для принятия решений [1,2]. В рамках данной статьи рассматривается пример применения многокритериальной оптимизации для системы управления автомобилями такси.

Системы диспетчерского управления таксопарком содержат базу данных водителей, машин и заказов. Каждая из этих сущностей имеет определённый набор критериев, которые следует учитывать при распределении заказов [3]. Потому задача разработки алгоритма, который позволял бы учитывать все факторы для получения оптимального результата является актуальной [4].

Постановка задачи

Процесс обслуживания населения службой такси является по своей природе дискретным случайным процессом, в котором случайный поток заявок не является пуассоновским потоком. Затраты времени на обслуживание заявок автомобилями такси являются случайными и не подчиняющимся показательному закону распределения.

Задачу автоматизации процесса распределения заказов на обслуживание заказов клиентов такси между автомобилями таксопарка целесообразно представить в виде двудольного графа $G = (Z, A)$, где $Z = \{z_1 \dots z_n\}$ – множество поступающих заказов, $A = \{a_1 \dots a_m\}$ – множество автомобилей такси, готовых их выполнить, а $Y = \{y_{ij}\}$ – множество ребер, связывающих вершины из множества Z с вершинами множества A (рис. 1 а) [4].

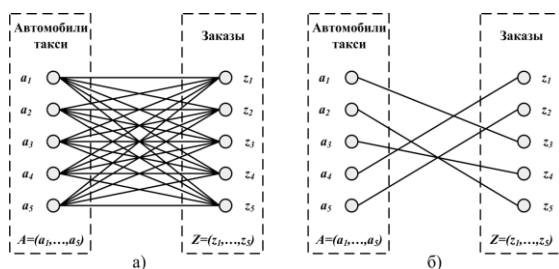


Рис. 1. Представление задачи распределения поступающих заказов в виде двудольного графа
Соответственно необходимо построить распределение заказов по автомобилям наиболее опти-

мальным способом (рис. 1 б). Существуют два основных подхода для реализации распределения заказов между водителями: по ближайшему расстоянию и распределение по очереди. Первый подход предпочтителен для клиентов, так как к клиенту отправится ближайшая машина. Однако для водителей это неблагоприятный сценарий в виду отсутствия прозрачности распределения и неравномерной загрузки по заказам. Второй подход это построение очереди водителей, который предполагает что водитель получит заказ в свою очередь, а после его выполнения встанет в конец очереди до следующего заказа. В данной ситуации водители будут стремиться вставать в очереди в районах где очередь идёт с большим количеством заказов, а клиенты из других районов будут вынуждены ожидать машину дольше, чем если бы автомобили находились ближе. Таким образом, оба подхода неблагоприятны для таксопарка.

Для таксопарка клиент важен именно как источник дохода, приоритет клиентов расставляется таксопарком и представляет собой такой упорядоченный по приоритетам список: VIP клиент, Первый заказ, Постоянный клиент, Обычный клиент, Проблемный клиент, Криминальный клиент. Для клиента как субъекта важен только критерий наискорейшего выполнения заказа, чем быстрее придет машина, тем лучше. Однако для таксопарка опять же, важно чтобы клиент был явно более выгодным. Поэтому при выборе наиболее подходящего путевого листа основываясь на характеристиках клиента степень соответствия путевого листа можно представить пропорцией:

$CKa = \frac{CS}{DI}$, где CS – сумма денег принесённых клиентом таксопарку, DI – оценочное время прибытия водителя к точке отправки, CKa – оценочный коэффициент для клиента.

Водителю важно заработать как можно больше, то есть ему актуально большое количество наиболее высокооплачиваемых заказов. Таксопарку важно чтобы нагрузка по заказам по ним распределялась равномерно между водителями, причём как в абсолютном отношении за смену $Dn \rightarrow \frac{\sum Ds}{\sum Di}$ (Dn – сумма денег заработанных водителем, Ds – суммы остальных водителей, Di – заказы отработанные водителями за смену), так и относительно времени работы, чтобы водители не

простаивали $Dhn \rightarrow \frac{\sum Dhs}{\sum Dhi}$ (Dhn – сумма денег заработанных водителем за последний час, Dhs – суммы остальных водителей за последний час, Dhi – заказы отработанные водителями за последний час).

Учитывая, что водитель заинтересован в получении максимальной прибыли, его интерес расходуется с интересом таксопарка. Водитель может выбирать себе заказы исходя из соображений дальности заказа, заведомо заниженной прибыльности с точки зрения времени выполнения и отказываться от неприбыльных заказов. Так же водитель может исключить себя из очереди и отправиться выполнять заказы частным образом (большинство таксопарков позволяет водителям выполнять заказы **по свободной**, то есть заказы в которых клиент непосредственно обратился к водителю).

Учитывая описанные критерии, основываясь на классических подходах к решению многокритериальных задач оптимизации, коэффициент соответствия путевого листа заказу можно вычислить как:

$$DKa = \left(\frac{ODc * ODs + ODcr * ODsr}{OAc} + \frac{ODhc * ODhs + ODhcr * ODhsr}{OAhc} \right)$$
 где ODc – количество заказов выполненных водителю за смену, ODs – сумма денег полученных водителем за смену, $ODcr$ – количество заказов отказанных водителем за смену, $ODsr$ – сумма денег которые мог получить водитель если бы не отказался за смену, OAc – общее количество заказов за смену водителя, $ODhc$ – количество заказов выполненное за последний час водителем, $ODhs$ – сумма денег полученных за последний час водителем, $ODhcr$ – количество заказов отказанных за последний час водителем, $ODhcr$ – сумма денег которые водитель мог получить за отказанные заказы за последний час, $OAhc$ – общее количество заказов выполненных за последний час, DKa – оценочный коэффициент для водителя.

Таксопарк так же заинтересован в равномерной нагрузке на автомобили, как с точки зрения простаивания, так и с точки зрения денег полученных за каждый отработанный километр. Финансовую окупаемость автомобиля можно определить как:

$AKa = \frac{As}{OAd}$, где As – сумма денег заработанных водителем на автомобиле за смену, OAd – общее расстояние уже проезженное автомобилем за смену, AKa – оценочный коэффициент для автомобиля.

Для формирования результирующей приоритетной очереди путевых листов с учётом статуса клиентов нужно предоставить таксопарку возмож-

ность определить константы приоритетов клиента для клиента статуса ВИП, для клиента впервые воспользовавшегося услугами таксопарка, для постоянного клиента, для обычного клиента, для проблемного клиента, для клиента статуса криминал.

В виду того, что состояние авто имеет пониженный приоритет по сравнению с клиентом и водителем, поэтому стоит дополнительно ввести коэффициент для приоритета автомобиля A_m ($0 < A_m < 1$).

Таким образом, можно вычислить абсолютный коэффициент соответствия путевого листа заказу:

$$AbsK = DN + AN * A_m - CN * C_m$$

В соответствии с этим коэффициентом можно сформировать очередь путевых листов, в соответствии с которой нагрузка на водителей и автомобили будет распределена равномерно, а клиент в свою очередь так же будет получать одну из ближайших машин.

Заключение

В данной статье рассмотрена проблема равномерного распределения нагрузки внутри таксопарка с учётом множества критериев отбора. Предложен метод построения такой очереди, руководствуясь приоритетностью которой повышается вероятность равномерного распределения заказов по путевым листам. В виду предварительного построения очередей по отдельным критериям интересов, диспетчеру так же можно представить другую очередь или степень соответствия с результирующей (например, насколько совпал абсолютный коэффициент с предпочтением клиента).

Литература

1. А.В. Лотов, И.И. Поспелова "Многокритериальные задачи принятия решений" Московский Государственный университет, Москва 2008
2. Диденко С.В. Задача оптимизации процесса передачи навигационной информации от подвижных объектов в глобальную сеть данных // Известия ТПУ . 2004. №7.
3. Игумнов А. О., Соськин Д. М. Об одном из подходов к оптимизации высоконагруженных систем на примере системы диспетчерского управления таксомоторным парком // Интернет-журнал «Науковедение», 2013 №2 (15) [Электронный ресурс]-М.: Науковедение, 2014 - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/30tvn213.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус., англ.
4. Соськин Дмитрий Михайлович Адаптивный алгоритм распределения заказов на обслуживание автомобилями такси // Известия ТПУ . 2009. №5.

AUTOMATION AND CONTROL IN ENGINEERING SYSTEMS THE ROLE OF AUTOMATED WELDING ROBOTS IN INDUSTRIAL AND MANUFACTURING SECTORS OF ENGINEERING SOFTWARE

Usenko Y.A., Stepura S.N.
Tomsk Polytechnic University
Institute of Cybernetics
usenko-961@mail.ru

Introduction:

General aspects of Automation

Automation of technical systems is a combination of various mathematical, logical and numerical methods application and design of complex systems and mechanisms. Besides it is one of the main areas in various spheres of human activity: scientific and technical progress, the machine-building and robot production. The main feature of this sector is practically no human involvement in sophisticated industry processes [1].

Development of automation:

The history of automation goes back more than 200 years and belongs to the era of scientific and technological revolution (STR). The most important discovery of the time is the invention of an automatic control of steam supply boiler by Russian mechanic Polzunov Ivan Ivanovich (1765). At the turn of the 18-th and the 19-th centuries there was observed a sharp rise in the development of level and extent of automated industry and production. Having reached up to our days automated equipment is used in virtually every company that is engaged in industrial production.

Essential tasks of automation in mechanical engineering:

The implementation of the following items can improve the production work:

- Refinement of the regulation quality
- Increase of the coefficient of equipment performance
- Safety and quality of motor vehicles

These problems can be solved fully or partially by the following actions:

- 1) introduction of modern automation methods
- 2) invention of new high-tech equipment
- 3) training of qualified specialists

The main application of welding robots in engineering production in leading factories and companies:

Currently, all the biggest machine-building companies use automation system for the modern cars fitting. They are BMW, Audi, Volkswagen and AutoVAZ. They have long used automated equipment.

Types of welding work:

Before proceeding to the detailed examination of one type of the welding robots, I would like to men-

tion the main types of welding used in the automotive industry:

- Forge welding
- Laser welding
- Electro-arc welding
- High-frequency currents welding
- Diffusion bonding
- Gas welding
- Resistance welding

Figure 1 and figure 2 show the progress of body and frames vehicle welding with the help of robotic equipment.

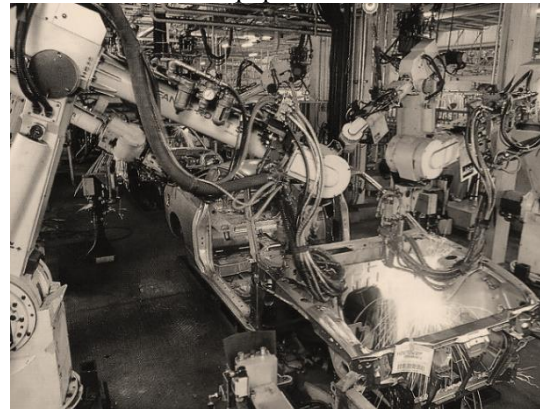


Fig. 1: Body car welding



Fig. 2: Process of car frame welding

The main problem of this technique is its maintenance. The requirements for reliability and continuity of the work force manufacturers to improve the performance of manufactured industrial robots: some suppliers guarantee 1 year of continuous operation without service and maintenance [2].

Detailed overview of contact welding robot in automotive industry:

Figure 3 shows the industrial robot. Welding pin-cers (3) are fixed on the manipulator (2) which is managed by the controller (1). They are connected to the welding transformer (4) by means of flexible shunts (5). This diagram describes the obvious advantages of automated equipment in detail: welding robot claws are set by the program, it increases the positioning accuracy, productivity and quality of work which differs greatly from the human one.

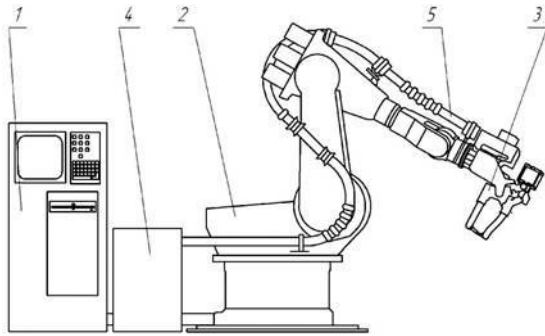


Fig 3: Scheme of contact welding robot

But this model has a serious drawback. As it is shown in the figure the source of welding current for resistance welding is embedded directly in robot's hand. During the process of welding significant electromagnetic loads are transmitted to the hand of the robot. Thus robots become destroyed; their life-time of 24 hours day work is about 1-2 months. The compromise had been found; carmakers choose more profitable scheme of work. Figure 4 shows the modern scheme of constructing a robot for resistance welding without welding gun: manipulator (2), working with the help of controller (1) has the gripper (3), the robot positions a part of stationary welding machine [4].

This scheme has the advantages that are typical for the first two configurations: maximum decrease of masses to be moved which increases the service life

of the robot, the speed of linear movement and accuracy; reduction in the size of the welding circuit and installed power equipment; possibility of welding parts of greater thickness. The explanation is in the fact that the power and weight of the welding machine are not limited.

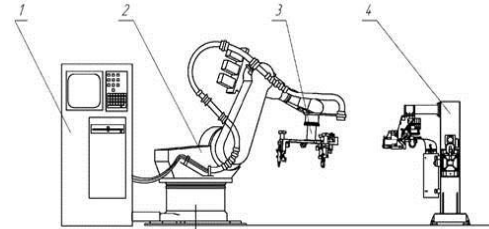


Fig. 4: Scheme of robot without welding hands

Conclusion

To conclude it is worth saying that the use of automated equipment in industry is an important issue in any modern enterprise. It is not only the increase of the amount of processing material, but also the question of safety. After all, a person does not have to follow the work of the machine and be right next to her. He is to sit at the computer and watch the work of the robot from that place. All errors and problems associated with the equipment will be recorded on a personal computer, as all the equipment is fitted with the most advanced touch sensors which are able to scan the entire body of the equipment down to the smallest parts, so that there will be the warning of any mechanical or technical damage.

References

1. Shishmarev V.Y. Automation of production-governmental processes in mechanical engineering. Moscow, "Academy", 2007. – 353 pp.
2. The official website for KUKA Systems <http://www.kuka-robotics.com/russia/ru/> [Electronic resource] - Mode of access: free (10.12.2014).
3. The official website of the contact welding. <http://k-svarka.com/> [Electronic resource] - Mode of access: free (15.10.2014).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДУКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА

Е.А. Погадаев, В.В. Курганов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет egor.pogadaev@mail.ru

Введение

Целью современного производства является повышение качества производимой продукции, которое во многом достигается за счет автоматизации, формализации алгоритмов управления и исключения субъективного (человеческого) фактора из процесса управления.

В настоящей статье рассмотрены вопросы исследования индуктивного датчика перемещений. Сфера применения индуктивных датчиков перемещений, особенно в системах позиционирования и контроля подвижных объектов, велика и является одной из актуальных на сегодняшний день, достаточно сложных технически задач.

Простейший индуктивный преобразователь

Индуктивными называют преобразователи, преобразующие значение измеряемого перемещения в значение индуктивности.

Индуктивность (или коэффициент самоиндукции) L - коэффициент пропорциональности между электрическим током I , текущим в каком-либо замкнутом контуре, и магнитным потоком Φ , создаваемым этим током через поверхность, ограниченную этим контуром.

$$\Phi = LI \quad (1)$$

На рис. 1 представлен простейший индуктивный преобразователь.

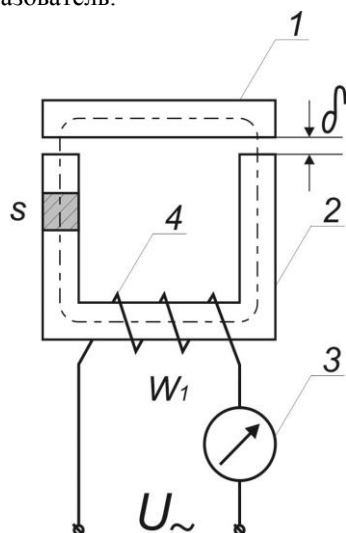


Рис. 1. Простейший индуктивный преобразователь.

Преобразователь состоит из неподвижного магнитопровода 2, на котором расположена катушка 4 с числом витков w_1 , и подвижного магнитопровода 1. Магнитопровода выполнены из ферромагнитного материала. Последовательно с об-

моткой 4 включен миллиамперметр 3. К концам обмотки подано напряжение переменного тока $U_{\sim} = \text{const}$. Изменение воздушного зазора приводит к изменению индуктивности, которое приводит к изменению тока в цепи

Индуктивные преобразователи перемещения позволяют определить наличие или отсутствие объекта, их количество, размеры и т.д. Иногда возникает необходимость определить не только присутствие объекта в зоне чувствительности датчика, но кроме того определить его вектор движения.

При выборе индуктивного датчика перемещений учитывают его важные технические характеристики, такие как рабочий зазор и линейную зону рабочего зазора.

Рабочий зазор показывает максимальное и минимальное расстояние от объекта до чувствительной поверхности датчика. Внутри границ линейной зоны рабочего зазора существует участок, где зависимость величины выходного сигнала от расстояния контролируемого объекта до чувствительной поверхности датчика пропорциональна.

Состав и структура лабораторного стенда

Для изучения возможностей индуктивного преобразователя перемещения разработан лабораторный стенд, структура которого изображена на рис.2.

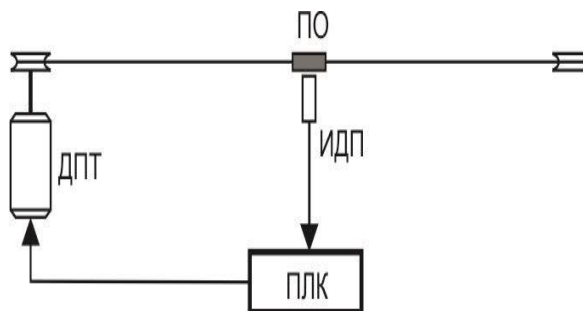


Рис. 2. Структура лабораторного стенда

На рисунке введены следующие обозначения:
ПЛК – программируемый логический контроллер;

ИДП – индуктивный датчик перемещения;

ПО - подвижный объект;

ДПТ – двигатель постоянного тока.

Лабораторный стенд выполнен как универсальный стенд для исследования индуктивных датчиков перемещения. Универсальность определяется наличием программируемого контроллера,

который позволяет реализовать различные алгоритмы управления.

В качестве ИДП используется индуктивный датчик МегаК серия ДБ2 с выходным сигналом 4...20 мА (производитель ООО «Мега-К», Россия). Токвый сигнал снимаемый с выхода датчика предназначен для информирования объекта управления о текущем положении подвижного объекта представляющего собой металлическую пластину.

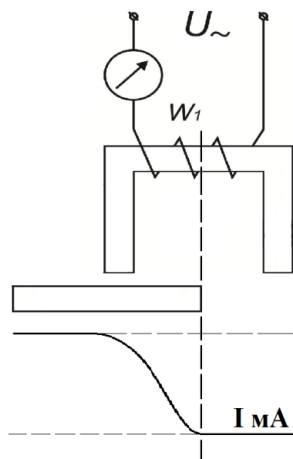


Рис. 3. Выходная характеристика датчика

Управление ДПТ импульсное. Изменение направления вращения обеспечивается сменой полярности питающего напряжения.

Управление выполняет ПЛК на базе контроллера Siemens Simatic S7-400. Выбранный тип контроллера имеет широкое применение в области автоматизации технологических процессов. Модульная конструкция контроллера предоставляет возможность наращивания возможностей при модернизации системы.

Программируемые контроллеры S7-400 могут комплектоваться различными типами центральных процессоров, которые отличаются вычислительными возможностями, объемами памяти, быстродействием, количеством встроенных интерфейсов и т.д.

При построении сложных систем управления S7-400 позволяет использовать в своем составе до 4 центральных процессоров, выполняющих параллельную обработку информации.

Интеллектуальные модули ввода-вывода, оснащенные встроенным микропроцессором и способные выполнять задачи автоматического регулирования, позиционирования, скоростного счета, управления перемещением и т.д. Целый ряд функциональных модулей способен продолжать выполнение возложенных на них задач даже в случае остановки центрального процессора.

Большинство параметров центральных процессоров может быть настроено с помощью Hardware Configuration STEP 7.

Для программирования и конфигурирования контроллеров S7-400 используется пакет STEP 7,

весь спектр инструментальных средств проектирования и программное обеспечение Runtime.

Step 7 позволяет производить конфигурирование программируемых логических контроллеров. В процессе конфигурирования определяется состав оборудования в целом, разбиение на модули, способы подключения, используемые сети, выбираются настройки для используемых модулей.

Система проверяет правильность использования и подключения отдельных компонент. Завершается конфигурирование загрузкой выбранной конфигурации в оборудование, что по сути является настройкой оборудования. Утилиты конфигурирования позволяют осуществлять диагностику оборудования, обнаруживать аппаратные ошибки или неправильный монтаж оборудования.

Программирование контроллеров производится редактором программ, обеспечивающим написание программ на трех языках:

LAD — язык релейно-контактной логики;

FBD — язык функциональных блочных диаграмм;

STL — язык списка инструкций.

В качестве примеров реализованы алгоритмы, обеспечивающие:

- максимальное быстродействие, когда в качестве критерия эффективности выступает время достижения объектом заданного положения;
- максимальной точности, когда в качестве критерия точность достижения экстремума;
- позиционирование объекта в пространстве, когда неизвестно конечное положение объекта.

Программа реализации алгоритмов управления на контроллере Simatic S7-400 написана на языке FBD.

Заключение

Широкие возможности разработки алгоритмов позиционирования объекта, которые предоставляет программируемый контроллер, имеют и ряд недостатков, которые связаны с быстродействием контроллера. Эта проблема решается уменьшением скорости перемещения подвижного объекта (для ДПТ - уменьшением напряжения питания). Дальнейшее развитие стенда и исследований связано с возможностью аналогового управления ДПТ.

Литература

1. Simatic Step 7 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://wikipedia.org>, свободный.
2. Simatic S7-400 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://wikipedia.org>, свободный.
3. SIMATIC S7-400 Контроллеры высшего класса [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://siemens.ru>, свободный.
4. Касаткин А. С. Основы электротехники. М: Высшая школа, 1986. – 240 с.;
5. Курганов В.В. Индуктивные преобразователи перемещения. Методические указания. - Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 18 с.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РОБОТА В ПАКЕТЕ МАТЛАВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРАЕКТОРНОЙ ЗАДАЧИ

Звонцова К.К.

Научный руководитель: Тутов И.А.
Томский политехнический университет
zvontsova.k@gmail.com

Введение

В настоящее время выполнено огромное число исследований, связанных с разработкой алгоритмов управления, обеспечивающих решение с помощью мобильных роботов таких нетривиальных операций, как: уточнение карты местности, планирование траекторий для обхода препятствий, проникновение в труднодоступные зоны, прецизионное движение по сложным криволинейным траекториям с обеспечением заданной ориентации элементов робота в пространстве и т. д. [1]. Роботы, главным образом, предназначены для облегчения человеческой деятельности и осуществления тех действий, которые человеку не под силу в меру его физических возможностей, либо представляют опасность для его жизни и здоровья.

Как правило их проектирование, разработка и испытания ставят перед инженером ряд проблем, таких как: большие затраты времени на математические расчеты, большие капитальные затраты, отсутствие технической возможности испытать робота в условиях лаборатории. В связи с этим осуществляется поиск наиболее эффективных методов аналитических вычислений, численных экспериментов со сложными математическими моделями, компьютерной анимации, визуализации моделирования. В данной работе была построена математическая модель мобильного колесного робота с целью апробации алгоритмов при отсутствии самой платформы, что позволяет в короткие сроки произвести лабораторные испытания без экономических затрат.

Формирование математической модели мобильной робототехнической платформы в MATLAB

Зададимся следующими параметрами: масса $m = 5$ кг, максимальная линейная скорость $V_{\max} = 1,7$ м/с, максимальное линейное ускорение $a_{\max} = 2$ м/с², максимальный угол подъема $\alpha = 40^\circ$, габаритные размеры: диаметр 0,46 м, диаметр колеса 0,15 м. На робот установлены два электродвигателя постоянного тока, мощностью 250 Вт. По заданным требованиям в процессе выполнения научной работы была разработана виртуальная модель мобильной платформы с колесным шасси.

Построенная математическая модель мобильной робототехнической платформы изображена на рис.1.

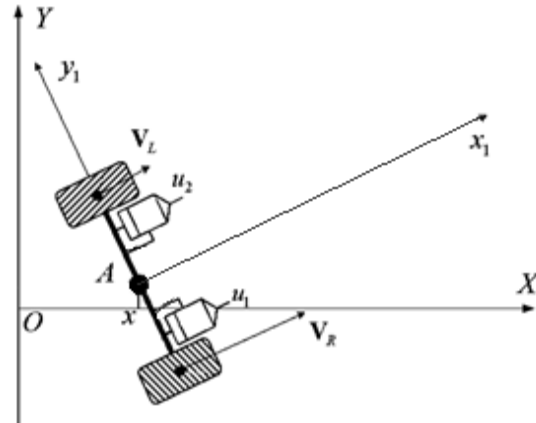


Рис.1. Мобильная платформа с двумя электродвигателями

Основные подходы к выводу уравнений движения колёсных роботов базируются на общих теоремах динамики (см. [3, 4, 5]).

Преобразовав систему динамических уравнений робота [1], получим:

$$\begin{cases} m\dot{V} = am_0\Omega + \frac{nc}{r}i_\sigma, \\ J\dot{\Omega} = -am_0V + \frac{ncl}{r}i_\delta, \\ L\frac{di_\sigma}{dt} = -Ri_\sigma - \frac{2nc}{r}V + U_\sigma, \\ L\frac{di_\delta}{dt} = -Ri_\delta - \frac{2ncl}{r}V + U_\delta, \end{cases}$$

где постоянная величина коэффициента электро-механического взаимодействия определяется исходя из постоянных положительных коэффициентов c_1, c_2 для каждого конкретного двигателя, которые, в свою очередь, определяются по параметрам, взятым из паспорта двигателей: пускового M_1 и номинального M_2 моментов, номинальной угловой скорости $\dot{\gamma}_H$ и номинального напряжения U_H .

$$c = \frac{M_1 - M_2}{\dot{\gamma}_H} \cdot \frac{U_H}{M_1}$$

По полученной математической модели реализована схема управления (Рис. 2.) и схема преобразования координат (Рис. 3.). Общий вид системы представлен на рисунке 4.

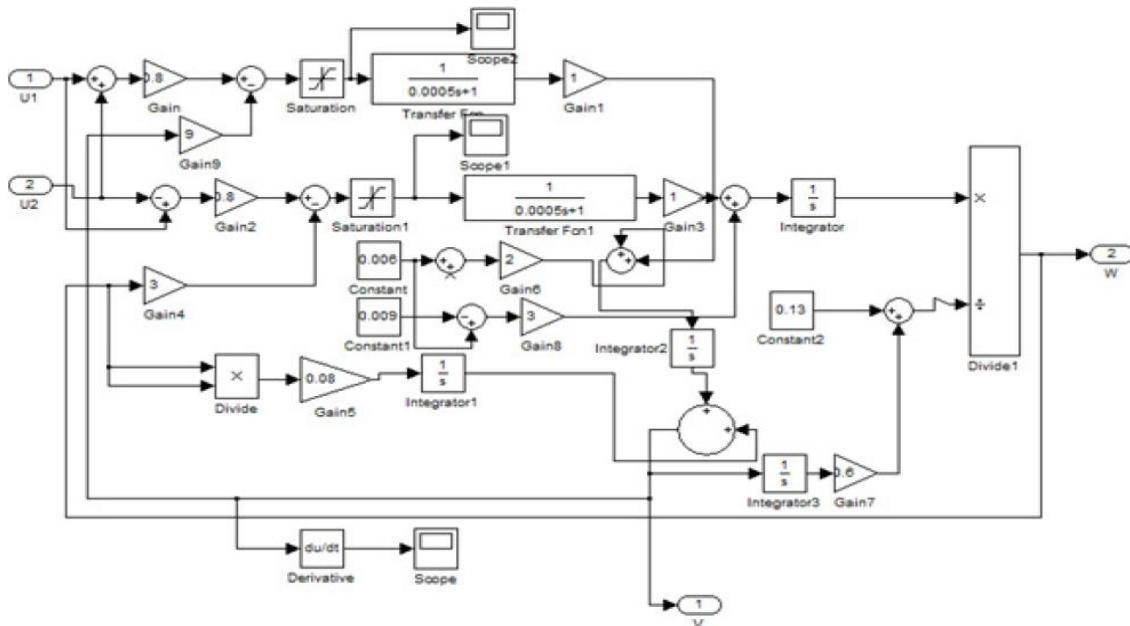


Рис. 2. Схема управления

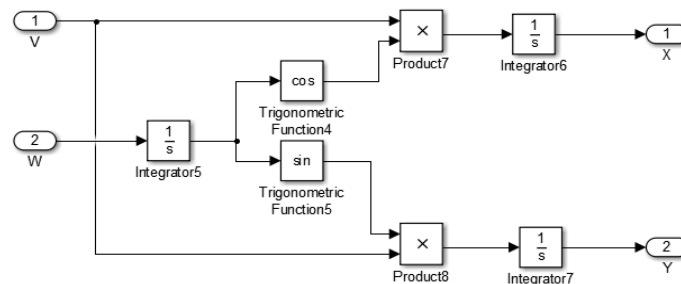


Рис. 3. Схема преобразования координат

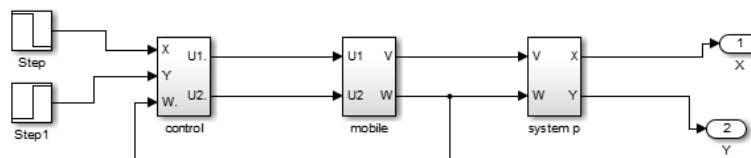


Рис.4. Общий вид системы

Заключение

В результате проделанной работы была разработана конструкция, математическая модель, произведено моделирование в MATLAB что, в значительной степени, облегчит процесс создания робота. В дальнейшем будет проведена визуализация движения платформы с использованием блока VS Sink, библиотеки Simulink 3D Animation, которая используется для связи моделей Simulink и алгоритмов MATLAB с трехмерными (3D) графическими объектами и позволит проводить испытания при отсутствии для этого технической возможности.

Литература

1. Мартыненко, Ю.Г. Управление движением колесных роботов // Фундаментальная и прикладная математика, 2005 г.
3. Девянин Е. А. О движении колёсных роботов // Докл. Науч. школы-конференции «Мобильные роботы и мехатронные системы», 1999 г.
4. Зенкевич С. Л., Назарова А. В., Лисицын Д. М. Моделирование движения мобильного робота по сложному маршруту // Материалы Науч. школы-конференции «Мобильные роботы 2000», 2000 г.
5. Кобрин А. И., Мартыненко Ю. Г. Неголономная динамика мобильных роботов и её моделирование в реальном времени // Докл. Науч. школы-конференции «Мобильные роботы и мехатронные системы», 1999 г.

АКУСТИЧЕСКАЯ КАМЕРА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НЕПОЛАДОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Д.П. Стариков, Е.А. Рыбаков, Е.И. Громаков
Томский политехнический университет
dstarikov@me.com

Введение

Бесперебойная работа оборудования нефтедобычи является важнейшим требованием, предъявляемым к системе автоматического управления (САУ). Это обеспечивается за счет своевременной диагностики и ремонта исполнительного оборудования (так как именно эти части процесса изнашиваются в первую очередь, например электромоторы насосов, задвижек и т.д.). Типовым решением диагностики и сигнализации неисправного состояния при проектировании объектов нефтегазовой области является применения датчиков вибрации, осевого сдвига и т.д. При этом необходимо использование большого количества таких сенсоров (Рисунок 1).

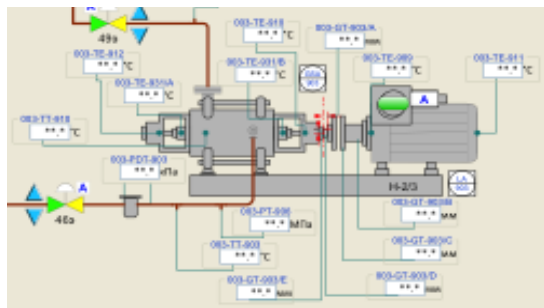


Рис.1. Мнемосхема насоса с датчиками осевого сдвига и вибрации

Такое решение предпочтительно, потому что диагностировать работающий агрегат «по звуку» для человека практически невозможно (особенно, когда речь идет о сдвиге 7 мм/с и менее). Возникает необходимость реализации устройства для сигнализации аварийного и предаварийного состояния оборудования с помощью акустических сенсоров вместо типовых решений. Но использование в качестве датчиков звука простые микрофоны ненаглядно (особенно если речь идет об интеграции с АРМом оператора). В таком случае интересным может быть совместное использование анализаторов звукового спектра с камерой, регистрирующей видеокдры.

Конструкция

Выбранная конструкция представляет из себя окружность диаметра d , на которой находится 4 (и более) чувствительных элемента., а в центре - камера. Стоит отметить, что увеличение количества микрофонов не позволяет делать более точную локализацию, но увеличит распознавание интенсивности (амплитуду) дефекта в работе ис-

полнительного устройства. Вид устройства приведен на рисунке 2.

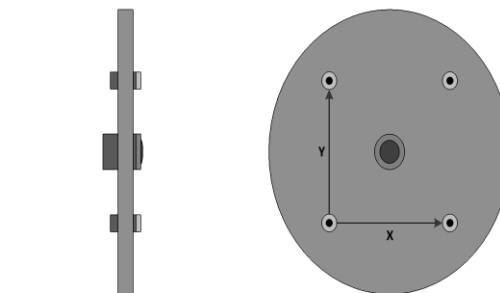


Рис.2. Внешний вид акустической камеры

Алгоритмическое обеспечение

Чтобы получить данные о местоположении дефекта (шума, выбивающегося из частоты работы агрегата) применим следующий алгоритм:

1. После опроса сенсоров получим массив из четырех (минимум) значений шума $[a_1, a_2, a_3, a_4]$;
2. Далее строится диаграмма (рисунок 3), по которой определяется удаленность зашумления от центра;

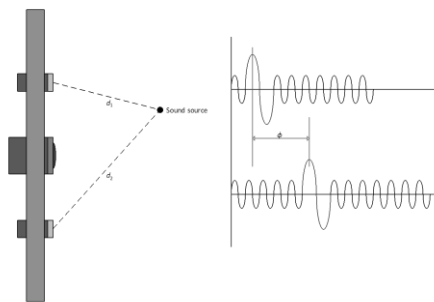


Рис.3. Механизм расчета удаленности источника шума

3. Высчитывается разность фаз между эталонным сигналом работы привода (50 Гц, или настраивается позже), по которой можно определить интенсивность вибрации (сдвига);

4. Полученные ранее данные об интенсивности и положении зашумления накладываются на фотоснимок.

На выходе системы получается фотография (или при большой скорости съемки – видео), отображающая состояние оборудования: неисправности подшипников (при их наличии), существенная вибрация и т.п. Данные с установки в обработанном виде (сухой контакт или пакет дан-

ных) поступают на АРМ оператора нефтепромысла и сигнализируют аварийное или предаварийное состояние оборудования. При этом выходная информация в виде фотографии может быть полезна для эксплуатационной группы при ремонте оборудования (с большой вероятностью, не разбирая агрегат, есть информация о местоположении неисправности).

Математическое обеспечение

Для реализации первого пункта описанного выше алгоритма используется описанная далее зависимость. Чувствительный элемент системы (микрофон) выдает на вход контроллера аналоговый сигнал, который преобразуется АЦП модуля в величину (частоту) колебаний мембраны. Далее, масштабируя полученное значение при помощи линейных преобразований, получаем значение шума на микрофоне в абстрактных величинах. Действительно, как будет показано далее, совсем не обязательно приводить аналоговое значение в привычные единицы измерения шума (дБ, Б). Однако важным остается факт аналогичной настройки чувствительности сенсоров. Полученное от датчика значение будет иметь вид так называемых «сырых», то есть без единиц измерений, однако этого вполне достаточно для решения задачи поиска местоположения источника шумов.

Модель объекта приведена на рисунке 4. Здесь отображен исследуемый объект (2 источника шума) и акустическая камера. Спроецировав гипотенузы треугольников между объектом и соответствующим сенсором получим данные об удаленности источника и его интенсивности.

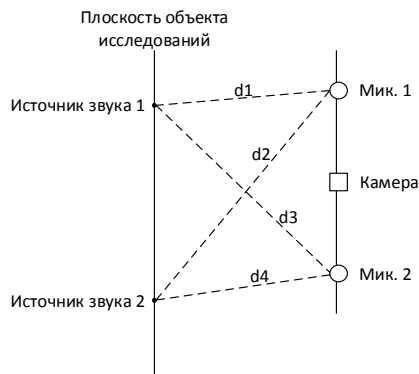


Рис.4. Математическое представление алгоритма функционирования

Представление результатов

Полученные данные о местоположении и интенсивности шума «накладываются» на фотоснимок. Полученные кадры работы электромашин, которые могут использоваться для диагностики и сигнализации состояния, с учетом описанных выше зависимостей, имеют вид, показанный на рисунке 5.

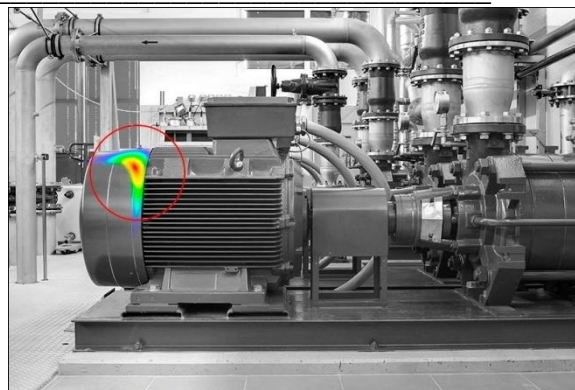


Рис.5. Выходные кадры работы устройства

Подобные материалы диагностики электрических машин имеет широкий спектр применений. При реализации в виде портативного решения камеры простая плановая диагностика становится очень простой (нет необходимости разбирать двигатель, даже во время планового ремонта).

При исполнении описанной камеры в фиксированном формате появится возможность отказаться от классических решений, сигнализирующих вибрацию или осевой сдвиг при работе электромашин. Данные с камеры могут передаваться непосредственно на АРМ оператора производства, а также быть частью ПАЗ.

Заключение

Таким образом, описанная выше акустическая камера может быть успешно внедрена для диагностики и сигнализации электроприводов. Перспективность данного решения очевидна в силу экономического фактора (вместо 6-7 датчиков вибрации и осевого сдвига для двигателя используется всего одна камера). Также преимуществом является бесконтактный метод диагностики. Ремонтный персонал будет точно знать в каком месте привода произошла поломка. Гибкость системы позволит в перспективе интегрировать в текущее решение тепловые сенсоры, с целью контроля не менее важных характеристик электродвигателей – температуры подшипников.

Литература

1. S. Nandi, S. Detection of Rotor Slot and Other Eccentricity-Related Harmonics in a Three-Phase Induction Motor with Different Rotor Cages // IEEE Power Engineering Review, vol. 21, no. 9/ Ahmed, H. Toliyat.- 2001.- pp. 62-66.
2. M. M. Eric Some Research Challenges of Acoustic Camera // 19th Telecommunications forum Telfor.- 2011.- pp. 1036 - 1039.
3. X. Huang Real-time algorithm for acoustic imaging with a microphone array // The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 125, no. 5.- 2009.-pp 150-155.

НАСТРОЙКА РЕГУЛЯТОРОВ НЕЙТРАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ MATLAB

И. А. Тутов

Томский политехнический университет
ivantutov@tpu.ru

Тема настройки ПИД-регуляторов довольно обширна. Существует множество работ посвященной этой проблематике. И, несмотря на то, что исследования по этой тематике ведутся уже довольно продолжительное время, методик однозначно определяющих эффективную настройку контура управления с ПИД-регулятором в настоящее время нет. Есть довольно убедительные наработки для практического применения в области линейных устойчивых систем, однако, если объект управления нейтрален, неустойчив, а тем более имеет нелинейность, то решение этой проблемы многократно усложняется и зачастую имеет исключительно индивидуальное или частное решение. Этот результат является следствием того, что все модификации ПИД-регуляторов «...были получены чисто эвристическим путём...» и что «...достаточно убедительное формальное доказательство целесообразности их применения ... до сих пор получить не удалось» [1]. Получить приемлемое для практических задач решение нейтральных или неустойчивых объектов управления с учетом нелинейностей возможно при использовании специализированных математических пакетов, выполняющих рутинные операции подбора коэффициентов регулятора, при которых обеспечиваются требуемые параметры качества переходного процесса. В данной работе далее будут рассмотрены несколько инструментов настройки коэффициентов ПИД-регулятора пакета прикладных программ MATLAB 2013a.

В качестве объекта управления используется нейтральный объект, представляющий собой внутренний распределительный трубопровод установки предварительной подготовки газа (УППГ) [2]. Задача состоит в управлении давлением в трубопроводе путем стравливания излишнего давления через задвижку. Задвижка накладывает ограничения на величину и скорость изменения управляющего воздействия. Упрощенная математическая модель в операторно-структурной форме представлена на рисунке 1.

Первым рассмотрим часто используемый на начальных этапах разработки настройки системы управления функциональный блок PID Controller из стандартной библиотеки компонентов Simulink. Блок этот находится в подразделе для работы с непрерывными сигналами. Ввиду того, что этот блок использует линеаризацию, то системы содержащие нелинейности в настраиваемом контуре им настроить прямо не удастся, о чём MATLAB сообщит выведя системное сообщение на экран монитора. Данный функциональный блок позволяет сравнительно просто в пару кликов настроить контур управления. Результат зачастую имеет небольшое перерегулирование. В некоторых ситуациях коэффициенты ПИД-регулятора, полученные в результате автонастройки, имеют разнознаковое значение. Не все реальные регуляторы, используемые в промышленности, позволяют вводить такие коэффициенты. Так же данный инструмент не позволяет учитывать ограничения на величины воздействий, что может привести к тому, что предложенные коэффициенты или результирующее управляющее воздействие на объект управления будут физически нереализуемы.

Далее рассмотрим инструмент настройки SISO систем. Вызывается из консоли командой `sisotool`. Он является значительно более продвинутым и гибким в настройке, позволяет производить настройку различными методами с учётом ограничений на скорость нарастания и величину сигналов. Структуру регулятора можно выбрать из списка или задать самостоятельно вручную. Указывать диапазон возможных значений коэффициентов. Воспользуемся автоматической настройкой, в качестве метода настройки – `Optimization based tuning`. После задания ограничений можно запустить процесс оптимизации. Наиболее хорошие результаты (отсутствие перерегулирования, минимальное время переходного процесса с учётом ограничений) были получены методом `Gradient descent` по алгоритму `Active-Set` и представлены на рисунке 2.

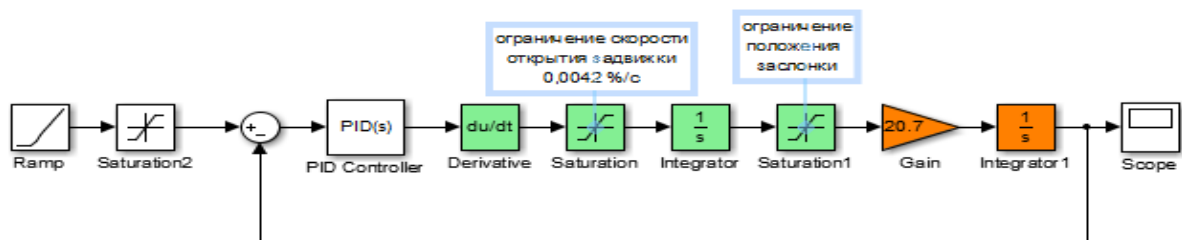


Рисунок 1. Контур управления анализируемой системы

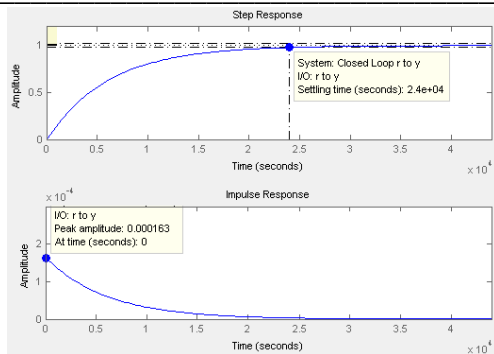


Рисунок 2. Результат настройки SISOtool

В заключение рассмотрим инструмент Check Step Response Characteristics, находящийся в подразделе Simulink Design Optimization библиотеки Simulink. Он перетаскивается на операторно-структурную схему. Для настройки необходимо создать в рабочем пространстве Workspace переменные и указать их в необходимых блоках (см. рис.3, коэффициенты P,I и D).

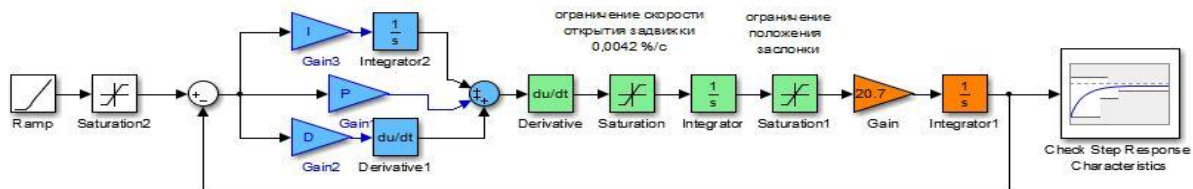


Рисунок 3. Модель системы с ПИД регулятором

Далее двойным кликом на рассматриваемом инструменте зайдём в настройки. В качестве варьируемых переменных укажем нужные нам переменные из Workspace. Указателем мыши устанавливаем ограничения или вводим их в соответствующую форму с клавиатуры. Наиболее эффективным для нашего случая оказался метод Gradient descent по алгоритму Sequential Quadratic Programming. Результат оптимизации представлен на рисунке

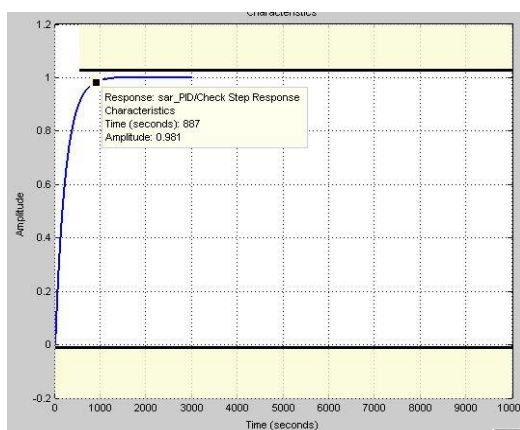


Рисунок 4. Результат настройки Check Step Response Characteristics

Преимуществом данного метода является то, что он не использует линеаризованную модель для настройки, в отличие от предыдущего инструмента, а обращается непосредственно к модели в Simulink. К недостаткам можно отнести невозможность задания ограничений по скорости нарастания сигнала.

Заключение

Пакет MATLAB обладает мощными инструментами настройки, позволяющими избежать разработчика от рутинных операций расчёта и/или подбора коэффициентов регуляторов в контуре управления. Однако данный инструмент требует от проектировщика обширных знаний в области методов вычислительной математики и теории оптимизации систем, ведь метод и алгоритм настройки выбирает сам проектировщик. Настройки, установленные по умолчанию, не всегда могут разрешить проблему.

Наиболее эффективным из рассмотренных

инструментов для решения задачи настройки регулятора управления нейтральным объектом по критериям отсутствия перерегулирования, минимального времени регулирования, минимальной интегральной квадратичной ошибки от рассогласования уставки и величиной управляемой переменной, является Check Step Response Characteristics.

Литература

1. Ротач В. Я. Теория автоматического управления: учеб. для вузов / В. Я. Ротач – М.: Изд-во МЭИ, 2004 г.
2. Тутов И. А. Система автоматического регулирования давления внутрипромысловая газораспределительной сети. // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2013 - № 11(58) – т. 1. – с. 118-121.
3. Официальный сайт компании MathWorks [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mathworks.com/help/sldo/examples.html> - свободный.
4. Интегрированная справка пакета прикладных программ MATLAB.

МОДЕРНИЗАЦИЯ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ТРАНСПОРТНОГО РОБОТА С ЦИФРОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Рудко М.И.

Научный руководитель: Тутов И.А.

Национальный исследовательский Гомский политехнический университет

rudko2005@mail.ru

Введение

В настоящее время большое развитие получили промышленные мобильные роботы способные реагировать на объект, определять и преодолевать препятствие.

Так как в советское время был большой задел подсобных систем, то их применение в настоящем времени требует модернизации элементной части мехатронных электроприводов, главным образом, именно электронной составляющей. Исходя из этих соображений, в ходе выпускной квалификационной работы для модернизации была выбрана мобильная транспортная платформа [1].

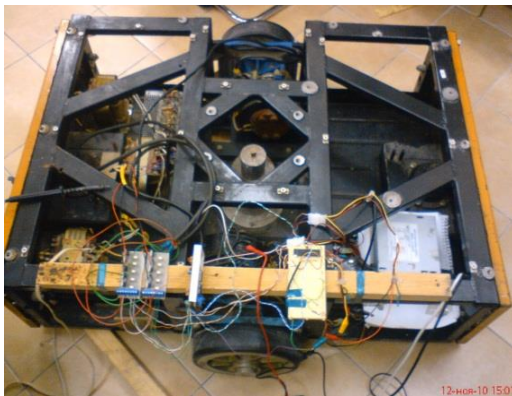


Рис. 1. Внешний вид мобильной транспортной платформы

Был произведен анализ доступной элементной базы и спроектировано и разработана данная система. Поставлены задачи:

- Выбор и применение преобразователя силовой части;
- Разработать и реализовать систему работы тактильных датчиков, для блокировки дальнейшего движения системы;
- Подобрать инкрементальный энкодер, применить для данных мехатронных приводов.

Выбор преобразователя

Особенности данных двигателей постоянного тока ПЯ-250Ф изображенных на рисунке 2 от других заключаются в низкой индуктивности и активного сопротивления якоря, малом моменте инерции ротора.

Рассмотрев предложенные варианты элементной базы видов преобразователей выберем следующий (рисунке 3). Выбор основан на том, что только

данный силовой драйвер удовлетворяет требованиям к силовой части преобразователя. Таким образом, эта модель выдерживает высокие пиковые и постоянные токи, является ресурсоэффективной, то есть рассеивать меньшее количество мощности.



Рис. 2. Двигатель постоянного тока ПЯ-250Ф

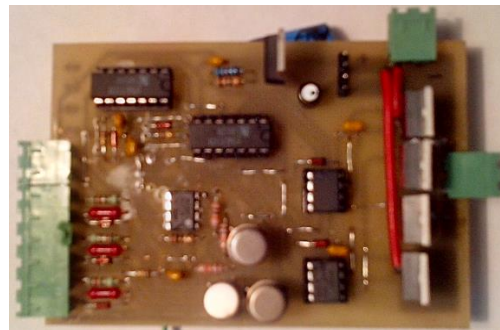


Рис. 3. Драйвер двигателя. Внешний вид

ШИМ-сигнал, частотой 26кГц, характеризующий скорость вращения двигателя (u_1), логический сигнал направления вращения (u_2), а также сигнал экстренного останова (u_3) поступает с контроллера на блок гальванической развязки, служащий для защиты процессора от возможных перегрузок в силовых и управляющих цепях. Чтобы не допускать запрещенных состояний в драйвере двигателя (открытие верхнего и нижнего транзисторов разных диагоналей H-моста), а так же чрезмерно больших скачков токов при реверсе двигателя был введен блок логики, аппаратно реализующий задержку при смене направления вращения двигателя, и блокировку. Логика блока реализована на триггерах Шмидта. Схема раскрывающая структуру на рисунке 4.

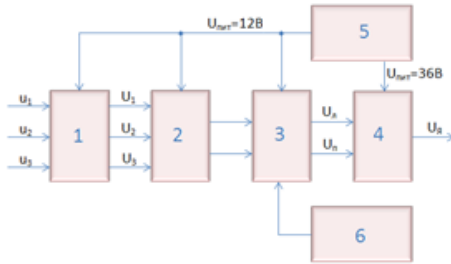


Рис. 4. Структурная схема преобразователя
1-блок гальванической развязки, 2-блок логики, 3-блок драйверов, 4-блок силовых ключей, 5-блок питания схемы, 6-блок коррекции.

Система тактильных датчиков

Преобразование линейного или углового перемещения механической части фиксирующего устройства, при воздействии на него препятствия, изменяет уровень напряжения на преобразователе высокого на низкий. В результате чего драйвер прекращает подачу напряжения на привод. Восемь датчиков закрепленные по периметру робота, как показано на рисунке 5, их механическая часть соединена между собой нерастяжимой нейлоновой струной на расстоянии 4 сантиметра от горизонтальной поверхности.

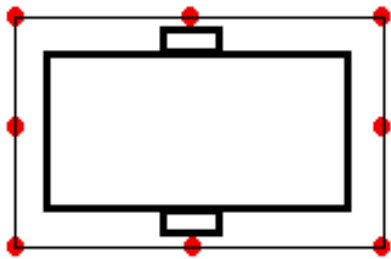


Рис. 5. Схема расположения датчиков

Стяжка механической части необходима для того, чтобы контролировать всю возможную зону соприкосновения платформы с препятствием.

Из соображения «Цена – надежность» в качестве датчика выбирался концевой переключатель КВД 610.

Инкрементальный энкодер

Декодер имеет два датчика КТ1R0511S: А и В. Датчики сдвинуты друг относительно друга на половину ширины штриха (или четверть шага диска), поэтому сигналы получаются сдвинуты по фазе на $\pi/2$. Примем для определенности, что сигнал В отстает от сигнала А при повороте диска против часовой стрелки:

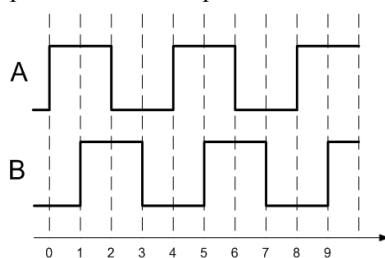


Рис. 6. Форма сигналов датчиков А и В

Из рисунка 6 видно, что при движении диска против часовой стрелки (состояния 0-1-2-3-4...) в момент перехода сигнала А из состояния 0 в 1 (передний фронт) сигнал В всегда находится в состоянии 0 (см. состояния 0, 4, 8). Если же диск движется по часовой стрелке (7-6-5-4-3...), сигнал В всегда находится в состоянии 1 (состояния 6, 2) [2].

Рассмотрев комбинацию значений <ВА> как двухразрядное двоичное число, получаем циклическую последовательность: 00 — 01 — 11 — 10 — 00 ...

В обычном двоичном представлении, когда каждый разряд представляет соответствующую ему степень двойки, эта последовательность интерпретируется как 0 — 1 — 3 — 2 — 0 ... и не несет большого смысла. Но если рассмотреть эту последовательность как код Грея, она представляется гораздо более осмысленной: 0 — 1 — 2 — 3 — 0 ... Соответственно, при обратном направлении вращения диска (по часовой стрелке) эта последовательность принимает вид 0 — 3 — 2 — 1 — 0 ... Такие последовательности очень похожи на смену состояний некоего конечного автомата:

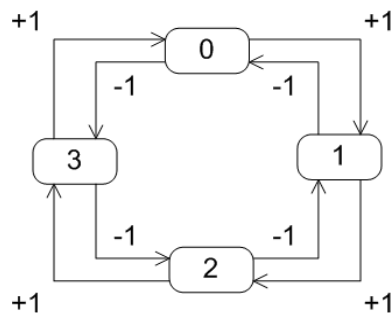


Рис. 7. Диаграмма состояний конечного автомата

Заключение

В результате выполнения научно-исследовательской работы был модернизирован преобразователь питания ДПТ. Разработан надежный модуль, позволяющий управлять движением платформы. В дальнейшем данная платформа будет оснащена набором интеллектуальных датчиков и микропроцессорным блоком, что позволит создать полноценную систему управления ее движением

Литература

1. Тутов И. А. Цифровой электропривод двигателя постоянного тока. Вестник науки Сибири. 2011. № 1 (1).
2. Устройства и процедуры обработки данных [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://club.shelek.ru/viewart.php?id=369>.
3. Лихолат А. Д. Разработка электропривода мобильной платформы транспортного робота с цифровым управлением. МСИТ. 2012.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Т.Н. Васильева, Т.Е. Мамонова
Томский политехнический университет
aurstiksa@gmail.com

Введение

Интеллектуальной называется система (рис.1), способная целенаправленно, в зависимости от состояния информационных входов, изменять не только параметры функционирования, но и сам способ своего поведения, причем способ поведения зависит не только от текущего состояния информационных входов, но также и от предыдущих состояний системы.

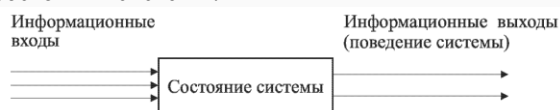


Рис. 1. Интеллектуальная система как «черный ящик»

Сегодня искусственный интеллект (ИИ) – это самообучающийся инструмент, усиливающий деятельность человека по генерации и принятию решений.

В настоящее время, за счет достижений в области искусственного интеллекта создано большое количество научных разработок, которое существенно упрощает жизнь людей.

Замена человека-специалиста на системы искусственного интеллекта, там, где это допустимо, позволяет существенно ускорить и удешевить процесс производства. Опыт показывает, что на сегодняшний день системы искусственного интеллекта достигают наилучших результатов, функционируя совместно с человеком. Ведь именно человек, в отличие от искусственного интеллекта, умеет мыслить нестандартно и творчески, что позволяло ему развиваться и идти вперед на протяжении всей его эпохи [1].

Методы искусственного интеллекта

Перечень реальных методов, применяемых в системах ИИ, широк и трудно классифицируем. Можно выделить две научные школы с разными подходами к проблеме ИИ: конвенционный ИИ и вычислительный ИИ. В конвенционном ИИ используются методы машинного самообучения, основанные на формализме и статистическом анализе. Вычислительный ИИ подразумевает итеративную разработку и обучение.

Методы конвенционного ИИ:

- Экспертные системы;
- Рассуждение по аналогии (Case-based reasoning);
- Байесовские сети доверия: вероятностные модели, представляющие собой систему из множества переменных и их вероятностных зависимостей;
- Поведенческий подход: модульный метод построения систем ИИ, при котором система разбивается на несколько сравнительно автономных

программ поведения, которые запускаются в зависимости от изменений внешней среды.

Методы вычислительного ИИ:

- Нейронные сети;
- Нечеткие системы: методики для рассуждения в условиях неопределенности.
- Эволюционные вычисления: модели, использующие понятие естественного отбора, обеспечивающего отсеивание наименее оптимальных согласно заданному критерию решений. В этой группе методов выделяют генетические алгоритмы.

Разберем подробнее некоторые методы ИИ.

Экспертная система

Экспертная система – это направление исследований в области искусственного интеллекта по созданию вычислительных систем, умеющих принимать решения, схожие с решениями экспертов в заданной предметной области.

ЭС создаются для решения практических задач в некоторых узкоспециализированных областях, где большую роль играют знания узких специалистов [2].

Обобщенная структура экспертной системы представлена на рис. 2.

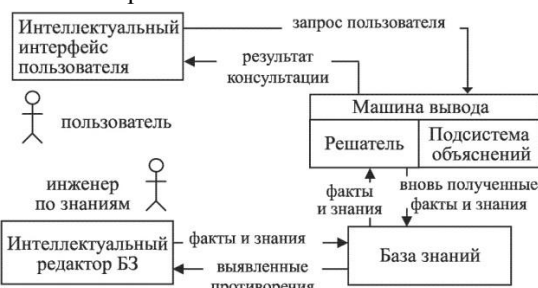


Рис. 2. Структура абстрактной экспертной системы

Структурным отличием ЭС от всех других типов программ является наличие базы знаний и способность к обучению и самообучению. Технология экспертных систем используется для решения различных типов задач (интерпретация, предсказание, диагностика, планирование, конструирование, контроль, отладка, инструктаж, управление) в самых разнообразных проблемных областях.

Нечеткие системы

Направление базируется на принципах нечеткой логики и теории нечетких множеств – раздела математики, являющегося обобщением классической логики и теории множеств. Основной причиной появления новой теории стало наличие нечетких и приближенных рассуждений при описании человеком процессов, систем, объектов. В общем случае механизм логического вывода в рамках

нечеткой логики включает в себя четыре этапа: введение нечеткости (фазификация), нечеткий вывод, композиция и приведение к четкости или дефазификация (рис. 3).

Алгоритмы нечеткого вывода различаются главным образом видом используемых правил, логических операций и разновидностью метода дефазификации [3].



Рис. 3. Механизм нечеткого логического вывода

Нейронная сеть

Нейронная сеть (НС) – это распределенный параллельный процессор, состоящий из элементарных единиц обработки информации, накапливающих экспериментальные знания и предоставляющих их для последующей обработки. Она представляет собой действующую модель нервной системы и сходна с мозгом с двух точек зрения: 1) знания поступают в нейронную сеть из окружающей среды и используются в процессе обучения; 2) для накопления знаний применяются связи между нейронами, называемые синаптическими весами.

Искусственная нейронная сеть – это набор нейронов, соединённых между собой. Как правило, передаточные функции всех нейронов в сети фиксированы, а вес является параметром сети и может изменяться.

Некоторые входы нейронов являются внешними входами сети, а некоторые выходы – внешними выходами сети.

Подавая любые числовые значения на входы сети, можно получать набор числовых значений на выходе сети. Работа нейросети заключается в преобразовании входного вектора в выходной вектор. Результат этого преобразования будет зависеть от параметров сети – весов взаимосвязей.

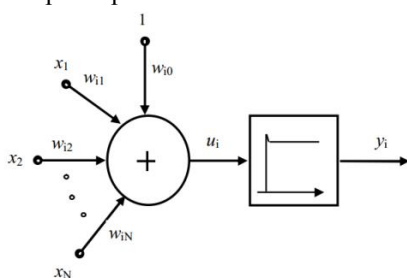


Рис. 3. Структурная схема нейрона

Сигналы X_i , поступающие на вход нейрона, умножаются на соответствующие весовые коэффициенты w_i , после чего суммируются.

Результат суммирования поступает на нелинейный преобразователь, реализующий некоторую нелинейную функцию, называемую функцией активации или передаточной функцией нейрона: результат ее действия поступает на выход нейрона.

Использование нейронных сетей обеспечивает следующие полезные свойства систем: нелинейность, адаптивность, контекстная информация, отказоустойчивость.

Проблемы, решаемые применением нейронных сетей: классификация образов, кластеризация/категоризация, аппроксимация функций, предсказание/прогноз, оптимизация, ассоциативная память [4].

Заключение

Исходя из общего анализа рассмотренных систем, можно сделать вывод, что больше преимуществ в повсеместном применении в реальной жизни нейронных систем. Именно они обладают необходимыми достоинствами для решения сложных и масштабных задач.

Преимущества перед другими системами:

1. Решение задач при неизвестных закономерностях.
2. Адаптирование к изменениям окружающей среды.
3. Потенциальное сверхвысокое быстродействие.
4. Отказоустойчивость при аппаратной реализации нейронной сети.

Однако на практике при автономной работе нейронные сети не могут обеспечить готовые решения. Их необходимо интегрировать в сложные системы.

Литература

1. Смолин Д. В. Введение в искусственный интеллект: конспект лекций. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 208 с. ISBN 5-9221-0513-2. С. 15-17.
2. Портал искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.aiportal.ru/articles/expert-systems/expert-systems.html>, свободный.
3. Девятков В.В. Системы Искусственного интеллекта: Учеб. пособие для вузов. — М.: Изд-во МГГУ им. Н.Э. Баумана, 2001. — 352 с., ил. (Сер. Информатика в техническом университете). С.242-248
4. Терехов В.А. Тюкин И.К). Ефимов Д.Б. Нейросетевые системы управления: Учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Управление и информатика в технических ВУЗах»/ - М.: Высшая школа, 2002.- 183 с. : ил. С.13-17, 33-40.

INTRODUCTION OF INFORMATION SYSTEMS AT THE ENTERPRISES

Dyrina E.N.

Scientific supervisor: Gavrikova N.A., senior lecturer

Tomsk Polytechnic University

e-mail: zhenya_9309_93@mail.ru

Realities of modern business are that that development of information technologies directly influences growth of business indicators of the enterprises. For example, e-mail introduction in tens times accelerated interaction processes, as between various firms, and their components. Emergence of the Internet at all generated such concept as «multinational corporation» in its modern value. So, it is possible to conclude that timely development of information technologies and inclusion them in the business processes opens a wide range of competitive opportunities. But introduction of new technologies often is impossible one by one and demands acceptance of the whole package of measures, the business processes directed on modernization (creation). In such cases speak about introduction at the enterprise of new information system. We will consider in more detail that the similar system and what factors represent can affect need of its emergence at the enterprise. [1]

For today the term "information system" is seldom applied in such look and CIS (corporate information system), especially is often replaced with an abbreviation if it is a question of the enterprises. What is such system? In this respect there are many opinions, but all of them meet that CIS is the open integrated automated system of the real time which main objective – implementation of automation of business processes of the company at all levels, including, and business processes of adoption of administrative decisions. Thus the scale of system can vary from several local computers with local OS to hundred users and thousands of units of equipment with specialized software. But whatever was scale, CIS has to answer a number of requirements:

1. Convenience of use (possibility of control of all information at the enterprise).
2. Reliability (high fault tolerance and degree of safety of information).
3. Information security (high level of information security by its transfer and storage).

Except the above requirements introduced CIS has to solve the whole range of tasks, otherwise it won't be effective.

1. Storage and information processing.
2. Data storage of different structure.
3. Analysis and forecast of information streams.
4. Research of ways of storage and submission of information to the person.
5. Information search implementation.
6. Creation of infrastructure of storage and data transmission.

Certainly, the system meeting all conditions will be quite volume, difficult and many resources, both technical and financial, and human will demand. Therefore the decision on integration of CIS at the enterprise is made only in case integration is proved. In turn justification is based on an assessment of already available system and the accounting of new requirements, or on the forecast in case creation of system starts from scratch. We will dwell upon the aspects obligatory to attention at decision-making on introduction of CIS at the enterprise and the subsequent problems at introduction.

1) Justification of need of introduction.

CIS as the tool in the sphere of business I got on the enterprises not at once, and slowly and gradually. The organizations come different ways to idea of introduction of CIS. Prerequisites to such decision can be as reorganization of production and hard-fought competitive battle, and a set of other reasons.

2) Constraining forces.

As well as the live organism, the enterprise reacts to any changes, both external, and internal. Extremely seldom changes are accepted without any resistance. But not always this resistance is caused by personal rejection of employees and heads or organizational difficulties which can make prevailing part from all problems at an introduction stage. Happens and so that there is no technical capability of modernization. It can include as backwardness of technical base (IT infrastructure), financial problems, and complexity or impossibility of adaptation of business processes existing at the enterprise.

3) Ways of overcoming of limiting factors

Any disputable situations need to be solved immediately as they directly influence the speed and quality of introduction of CIS. Especially it is unreasonable to stop after making decision on introduction and carrying out all preparatory procedures. But if technical and financial problems have the trivial decision in the form of increase in financing, work on overcoming of difficulties with the personnel has specific character as to different people manifestation of different (individual) approaches is required. Therefore besides providing new information and obvious or implicit coercion, very often resort to involvement of the resisting employees in introduction process, training in their new necessary skills or compensate them the suffered expenses from the carried-out changes (for example, payments to the reduced employees).

4) Introduction of CIS

Conditionally introduction break into four stages. At first preparation which means a formulation of the

forthcoming changes and the notification of all participants which this change will concern is carried out, and also the analysis of all limiting factors is carried out. Further the stage of so-called "defrosting" follows. It means preparation of the personnel for the future changes and development of the measures promoting without serious consequences to accept them all changes. Then the team of introduction carries out all planned changes according to available schedules. Then the stage «freezings» is urged to fix all made changes at the enterprise, thereby having returned CIS of the enterprise in a new stable state. It should be noted also that the above stages can repeat several times.

5) Assessment of results

Important aspect of the project of introduction is the assessment of results of the carried-out works which detailed analysis can give the answer to the nature of the arisen difficulties, and the got experience can be applied as at the same enterprise in case of new changes, and at the similar enterprises. [2]

We will consider possible barriers at introduction of new information system in enterprise work. For relief of perception they were broken into the integrated groups of "technological", "organizational" and "personal" barriers. Part of barriers which don't fall under one of these categories, were classified as «other» (table 1).

Table 1. Barriers at introduction and use of information systems

Barriers	Description of barriers
«Technological» barriers	<ul style="list-style-type: none"> • restrictions available computers and computer programs; • high cost of computers and computer programs; • insufficient formalization of management processes at the enterprise; • need of change of technology process business.
«Organizational» barriers	<ul style="list-style-type: none"> • absence of full understanding at heads of mechanisms of implementation of decisions and how performers work; • counteraction of organizational culture to introduction of information system; • lack of commitment of the top management to information system; • need of reorganization of the enterprise in information system; • need of formation of the qualified team of implementers.
«Personal» barriers	<ul style="list-style-type: none"> • resistance of workers and heads (because of fear before the unknown, needs for guarantees when under the threat there is own work-

	<ul style="list-style-type: none"> place, etc.); • lack of knowledge of information system among the personnel; • absence at the subordinated skills of such work; • unwillingness to perform additional work; • counteraction of departments to sharing of data.
«Other» barriers	<ul style="list-style-type: none"> • counteraction of clients to information support; • absence of duty regulations for subordinates in whom it is told nothing about need to carry out such types of works; • imperfect systems of payment and remunerations which don't consider desire of people to be improved and promote organization development; • the last negative experience connected with projects of changes.

It is possible to add that all problems arising at users of information system lead to decline in production of work and to constant mistakes by transfer and the analysis of information.

Development of modern technologies conduct to growth of complexity of introduced information systems which incorporate both technical novelties, and new trend and decisions in the business sphere. With confidence it is possible to tell that today presence of CIS at the enterprise is just necessary, differently the organization risks to lose competitiveness and it is simple to disappear. So, development of methodologies of introduction of information systems will develop in the near future rough rates.

References

1. Corporate information systems (CIS) – Pie.Wiki [Electronic resource]. URL: http://wiki.mvtom.ru/index.php/Korporativnye_informatsionnye_sistemy_%20kis%29 (Date of the address: 15.09.2014).
2. Corporate information system (CIS) [Electronic resource]. URL: http://www.nslabs.ru/articles/?child_id=5 (Date of the address: 15.09.2014).
3. The main objectives of information systems – IS Istan.ru [Electronic resource]. URL: <http://www.itstan.ru/it-i-is/osnovnye-zadachi-informacionnyh-sistem-is.html> (Date of the address: 15.09.2014).
4. Problems of introduction of corporate information systems [Electronic resource]. URL: <http://koet.syktsu.ru/vestnik/2005/2005-3/10.htm> (Date of the address: 15.09.2014).

ИМПУЛЬСНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТОКА

Н.Е. Руднева, А.И. Заревич
Томский политехнический университет
antonzarevich@ngs.ru

Введение

В современных технологических процессах используются источники импульсного тока сложной формы. Амплитудные и временные параметры, формируемых этими источниками импульсов, влияют на качество технологического процесса и конечного продукта. Типичной задачей в таких применениях является измерение формы больших импульсных и кратковременных токов в широком частотном диапазоне. Важно с достаточной для практики точностью измерять эти параметры для целенаправленного управления технологическим процессом.

Целью работы является разработка, практическая реализация и применение импульсного метода определения динамических характеристик силовых токовых шунтов.

Импульсный метод определения динамических характеристик токовых шунтов

Импульсный метод основан на подаче импульсного сигнала на вход шунта и получении отклика на выходе шунта, измерении и последующей цифровой обработке этих сигналов [1, 2]. Искомые динамические характеристики вычисляются на основе спектральных преобразований сигналов тока и напряжения на шунте. Отношение спектральных плотностей выходного сигнала и входного сигналов дает возможность определить комплексный коэффициент передачи шунта. Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазочастотная (ФЧХ) характеристики шунта определяются соответственно как модуль и аргумент комплексного коэффициента передачи.

Использование предложенного метода для шунтов, рассчитанных на токи большой амплитуды, основывается на том, что зависимость напряжения на шунте от измеряемого тока линейна, как показано в работах специалистов [3,4,5]. Это означает, что его характеристики являются практически неизменными независимо от амплитудных параметров сигнала тока. Следовательно, возможно измерение частотных характеристик шунта с применением тестовых сигналов сравнительно небольших амплитуд и доступных лабораторных средств измерений.

Математическая модель импульсного метода определения динамических характеристик токовых шунтов

Математическая модель импульсного метода состоит в следующем. При практическом применении метода на вход исследуемого шунта пода-

ется импульс тока малой длительности, причем импульс может иметь любую форму. К источнику сигнала не предъявляется высоких требований точности и стабильности, поэтому им может являться высокочастотный генератор либо специально спроектированный генератор импульсов.

При протекании импульсного тока через цепь шунта на сигнальных выводах шунта формируется отклик в виде выходного напряжения. Для измерения входного тока используется образцовый преобразователь тока в напряжение. Формы сигналов одновременно регистрируются высокочастотным двухканальным осциллографом с большим разрешением по времени.

Входной и выходной сигналы сохраняются в памяти осциллографа (в файлы текстового формата) в виде последовательности N отсчетов напряжения $x(t_k)$ и $y(t_k)$ в соответствующие моменты времени t_k , $1 \leq k \leq N$. Интервалы времени между отсчетами зависят от частотных характеристик осциллографа.

Экспериментальные исследования импульсного метода

Для подачи короткого импульса тока большой амплитуды был использован опытный образец формирователя импульсного тока ФИТ-1.2 [6]. Данный прибор позволяет генерировать сигнал высокой мощности при малой длительности импульса.

Сила тока в цепи измерялась трансформатором тока Lilco 13W0100, принятым в качестве образцового. Трансформатор тока надевается на токоведущий кабель и формирует на выходе напряжение, пропорциональное протекающему току.

Выходные сигналы трансформатора тока и исследуемого шунта поступали на входы цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs.

Измерительная установка была собрана в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 1.

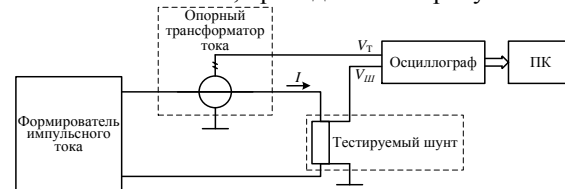


Рисунок 1 Схема экспериментальной установки

Экспериментальные исследования проводились последовательно для шунтов №1 (на 1 кА) и №2 (на 20 кА).

К токовым выводам шунта подключается выход ФИТ-1.2. С контактных выводов исследуемо-

го шунта сигнал подавался канал 2 цифрового осциллографа WaveSurfer 62Xs. Сигнал с выхода трансформатора тока 13W0100 подавался на канал 1 осциллографа.

Коэффициент отклонения осциллографа по амплитуде составлял 75 В для канала 1, 600 мВ и 130 мВ для канала 2 для шунта №1 и шунта №2 соответственно. Временная развертка составляла 20 мкс/дел при частоте дискретизации 50 МГц. Количество временных отсчетов сигналов при выбранных настройках составляло 10000.

Результаты экспериментальных исследований

Расчитанные в соответствии с алгоритмом импульсного метода АЧХ шунтов №1 (на 1 кА) и №2 (на 20 кА) приведены на рисунках 1 и 2 соответственно. По физическому смыслу АЧХ для шунтов является частотной зависимостью сопротивления. С точки зрения измерений переменного тока АЧХ для шунтов является частотной зависимостью коэффициента преобразования, поэтому на графиках по вертикальной оси отложен коэффициент преобразования шунта в единицах мкВ/А. По оси частот выбран логарифмический масштаб.

Дополнительно для наглядного контроля достоверности импульсного метода на графики АЧХ наложены границы, соответствующие погрешности $\pm 1\%$ и $\pm 5\%$ от теоретического значения, а на графики ФЧХ – соответственно $\pm 2^\circ$ и $\pm 5^\circ$.

По рисункам 1, 2 можно сделать вывод, что погрешность определения АЧХ импульсным методом не превышает $\pm 1\%$ в диапазоне частот до 36 кГц для шунта №1 (на 1 кА), и не превышает 2% в диапазоне частот до 33 кГц для шунта №2 (на 20 кА). Погрешность определения АЧХ не превышает $\pm 5\%$ в диапазоне частот до 160 кГц для шунта №1 (на 1 кА) и в диапазоне частот до 36 кГц для шунта №2 (на 20 кА).

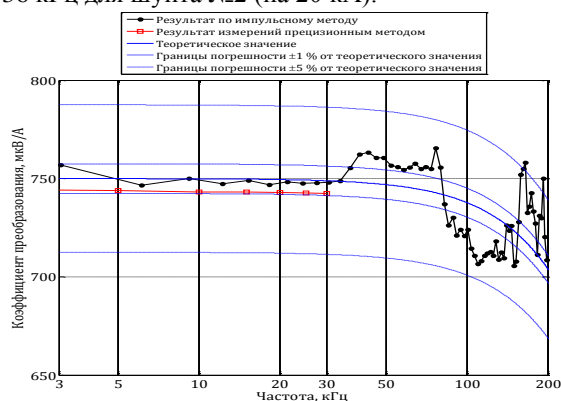


Рисунок 2 – Коэффициент преобразования шунта №1 (на 1 кА)

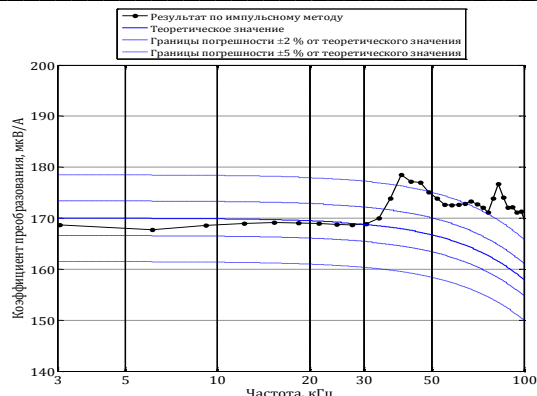


Рисунок 3 – Коэффициент преобразования шунта №2 (на 20 кА)

Заключение

Таким образом, было проведено экспериментально определение частотных характеристик исследуемых образцов сильноточных токовых шунтов импульсным методом. Следует отметить, что импульсный метод позволяет проводить измерения с приемлемой точностью в более широком частотном диапазоне, чем образцовый метод

Литература

- 1 Cherbaucich C., Crotti G., Kuljaca N., Novo M. Evaluation of the dynamic behavior of heavy current shunts // Metrology in the 3rd Millennium: Proc. XVII IMEKO World Congress. – 22–27 June, 2003. – Dubrovnik, Croatia, 2003. – P. 586–589.
- 2 Цифровая обработка импульсных сигналов для определения частотных характеристик преобразователей тока / Заревич А.И., Муравьев С.В., Бедарева Е.В., Величко О.Н. // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 5. – С. 116–120.
- 3 Клебанов И.Я. Рабочие эталоны единицы электрического сопротивления (активного) // Metrologia и точные измерения. – 1982. – №1. – С. 25–36.
- 4 Ferreira J.A., Cronje W.A., Relihan W.A. Integration of High Frequency Current Shunts in Power Electronic Circuits // IEEE Transactions on Power Electronics, Vol.10, No.1, 1995. P. 32–37.
- 5 Filipski P.S., Boecker M. AC-DC Current Shunts and System for Extended Current and Frequency Ranges, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 55, No.4, 2006. P. 68–75.
- 6 Аппаратно-программный комплекс для автоматизированных испытаний сильноточных преобразователей. Заревич А.И., Муравьев С.В., Бедарева Е.В., Баранов П.Ф., Сарычев С.В. Известия Томского политехнического университета 2013 Т. 322 №4. С. 180-184.

AUTOMATED CONTROL SYSTEM: FLOW WEIGHING

A. Plotnikov, S Stepura
Tomsk Polytechnic University
adrey-plot@mail.ru

Introduction

Most industrial companies in Russia and other countries whether large or medium-sized businesses that operate in mining, products storage or processing constantly face inventory stealage. This problem occurs due to the lack of independent automation control systems and inefficient documents flow. Stealage affects the business effectiveness and competitiveness.

The automated control system 'Flow weighing' became a solution to the problem.

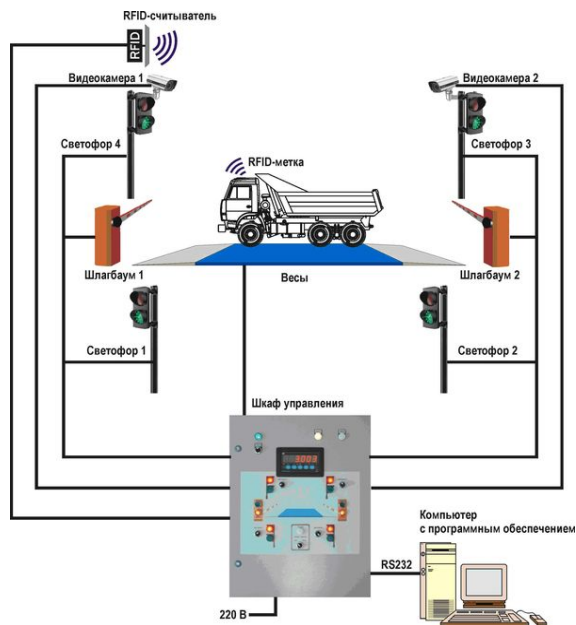


Figure 1

It's a software and hardware package, which operates truck weighing facilities or rail weight bridges. It serves as an access control system (ACS) at the company's weighing facilities. The availability of such a system enables optimization of accounting at weighing facilities, improvement of the weighing capacity and mitigation of theft within the enterprise. The system has a module structure with individual functional components. It may have various packages, i.e. its price varies from company's size and freight flow. Thus the company chooses the best solution on its own. To date, according to data available on the Internet, the cost of the minimum package is about 212 thousand rubles.

The following strategic objectives can be achieved thanks to the said above system integration:

1) Complete elimination of the human error in production and, therefore, elimination of any possible fraud or theft. It is automated control which satisfies

this requirement. When a vehicle comes on a weighing unit, the system automatically resets it. Next it checks availability of a proper document in the analytical accounting system and if everything is right it opens the traffic control barrier, lights the traffic signal and allows the entry, and then autonomously fills in the document with weight figures, and sends it back to the accounting system.

2) Automation of workflow and business processes associated with road and rail scales. The system integrates easily and instantly sends the data in the accounting system, and any other account, whether SAP, 1C, VAN, etc. Export data only takes a few minutes and eliminates the possibility of manipulation of the balance sheet, invoices and other documents in the enterprise.

3) Handy control. The system was successfully tested in many regions of Russia and abroad including regions where there was a shortage of skilled personnel. That is to control the "flow weighing" you do not need to hire highly skilled staff; after commissioning at the very beginning the system will carry out all procedures automatically without any outside interference.

4) The system enables connection of separate geographically distant objects into one infrastructure, so it perfectly fits large enterprises that have an extensive network. The "Flow weighing" also has a remote control which is another advantage of such a system.

5) The system can operate any software. The "flow weighing" is successfully operated at grain elevators, feed-milling plants, poultry farms and other food productions, as well as by transportation and logistics companies or centers, in trading and steel making, gas and coal mining and in oil refining. For example, at the refinery in Komsomolsk-on-Amur where there are weighing facilities, dosing equipment, etc. the system is smoothly being adapted and integrated with the existing process control systems.

6) APCS "flow weighing" provides the interconnection and control algorithm of the accounting system between enterprise systems, video analytics, hardware equipment (weight controllers) and the ACS

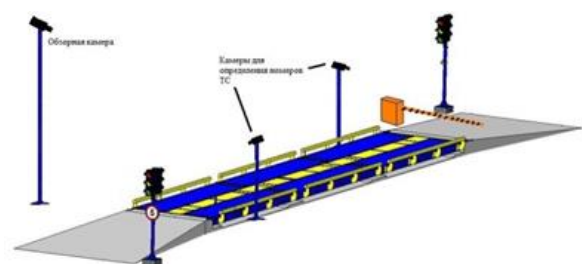


Figure 2

7) features intelligent video analytics and surveillance: vehicle number recognition, as well as the possibility of full or partial staffing RF RFID-tagged (both active and passive). An important advantage of passive tags - practically unlimited service life and low cost. However active tags give more opportunities. They allow, for example, automatically control the vehicle and eliminate the possibility of fraud and its substitution with a cargo arriving at the subject. This is true for ports, elevators (silos), sugar mills and many other enterprises in various industries. In addition POS-equipment can also be equipped installed: touch terminals, thermal printers, barcode scanners, etc.

8) The economic benefits of ACS "flow weighing" for static weighing up to 3% of the volume of material resources, receive and ship now. Pay off this software and hardware capable of the term of even a single day, and up to 3 months! If the integration of industrial scales, controllers, video surveillance, point weight control, automation car scales are implemented and work successfully, the economic effect of the operating system for the first six months is about 6.57 million rubles.

Now we analyze the system step by step from the moment of entry into the company until the date of departure from the company.



Figure 3

1. Entry of the vehicle to an object equipped with mobile security room -KPP, equipped with video surveillance systems with different architecture and class. Recognition of TA state identification number: CU number is compared with the accounting or operational document.

2. In the territory of the main entrance is a room controller for recording transactions, checks the validity of the accompanying documents (bargaining 12, Waybill, power of attorney), checking identity card delivery driver, the registration of the balance. The guard conducts inspections, estimates the number / quality of cargo and compares the visual ratio of the load to the stated in the documents. Manager indicates the place of unloading.

3. Then a vehicle comes on the weighing unit where human influence on readings is eliminated. REDD operatorship to a minimum. Automatic fixing position of the vehicle on the platform scale, with locking capability of weighing at the wrong placement of the car and with the optical tip the driver. Registration in the ACS electronic card (EIC) of the vehicle weight on the platform at the time of weighing and automated comparison of vehicle number and date of weighing by EPA with the number and date in the EP, alarm for non-compliance numbers or dates and entering the date and time of weighing in EP. The program then writes the electronic document reading scales

4. After performing a loading or unloading at the place, a specific controller for a given vehicle.

5. After performing loading or unloading the vehicle is re-weighing procedure. When re-weighing system verifies performance and then allows or forbids leaving the vehicle with the site.

Conclusion

This system will reduce the cost of production, reduce fraud and theft of documents from the manufacturing facility. Operational control entering / leaving the vehicle at the company's territory excludes the possibility of the passage of transport without fixing this event.

References

1. NAIS-Volgograd's official website [electronic resource]. Free access: <http://www.nais-volgograd.ru>.
2. The official website of the group of companies SferaPro [electronic resource]. Free access: <http://www.sferapro.ru>
3. CCT's official website [electronic resource]. Free access <http://it-rostov.ru>
4. The official website of Baltic Weighing machines and systems [electronic resource]. Free access: <http://www.baltves.ru>

ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЙ ИНТЕРФЕЙС (ЧМИ). ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛАЧНОГО ЧМИ И ЕГО СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ ЧМИ

Макаров Д.Е., Хожаев И.В., Бебриш К.Е.
Томский политехнический университет
makarovd13@mail.ru

Введение

В данной статье рассматривается передовой тип человеко-машинного интерфейса (ЧМИ), возможности которого еще не раскрыты – облачный ЧМИ (ОЧМИ). Известно, что ОЧМИ состоит из серверной части и операторской станции. В зависимости от способа интеграции в производственный процесс, ОЧМИ позволяет снизить расходы на производство, упростить обновление ПО, обеспечить доступ к управлению производственным процессом с любого операторского устройства, предполагая, однако, риски, связанные с проблемами с безопасностью данных и стабильностью соединения с облаком.

В ходе данного исследования были сопоставлены преимущества и недостатки ЧМИ традиционной архитектуры и ОЧМИ, кроме прочего, был сделан вывод о том, что при правильной реализации ОЧМИ по своим характеристикам намного превосходит ЧМИ традиционной архитектуры.

Понятие ОЧМИ

ОЧМИ – передовая архитектура ЧМИ – обладает внушительными перспективами для организации взаимодействия оператора и технологического процесса в будущем.

В общем случае, ОЧМИ подразумевает наличие серверной части и операторской станции.

Серверная часть, взаимодействуя с контроллером, обеспечивает одновременную работу с несколькими протоколами, регистрацию данных и событий, управление базами данных и выполнение макрокоманд. Обычно, предприятия размещают серверную часть ОЧМИ на собственных аппаратных мощностях для обеспечения достаточной информационной безопасности и используют на операторских станциях какое-либо ПО для взаимодействия с серверной частью ЧМИ – стандартные веб-браузеры или специализированные приложения.

В качестве операторской станции может использоваться любое устройство, способное визуализировать информацию; в том числе, например, планшетные компьютеры iPad.

Преимущества и недостатки ОЧМИ

Можно выделить следующие преимущества ОЧМИ:

1. Облачный принцип построения системы позволяет компаниям не тратить на поддержку купленного ПО, пользуясь поддержкой хостинговой компании.

2. Отсутствие необходимости покупать все необходимое в работе ПО ввиду возможности использовать его на правах аренды.

3. Хостинговая компания, кроме обеспечения базовой поддержки текущей версии арендуемого ПО, также будет следить за его актуальностью, в частности, предоставлять своим клиентам новейшую версию необходимого ПО.

4. Процесс создания АРМ сводится к установке устройства визуализации.

Кроме очевидных преимуществ, модель ОЧМИ обладает некоторыми недостатками:

1. Пониженная информационная безопасность. При использовании ОЧМИ достаточно легко обеспечить доступ к управлению системой, однако, вместе с этим упрощается процедура получения несанкционированного доступа к системе.

2. Стабильность соединения. Использование ОЧМИ предполагает наличие стабильного соединения с Интернет, однако, существуют такие производства, на которых выполнение данного условия затруднено.

3. Возможность потери данных при конфликте с хостинговой компанией.

Сравнение архитектуры облачной ЧМИ с традиционной архитектурой ЧМИ

При использовании ЧМИ традиционной архитектуры (Рисунок 1), каждая система укомплектована экземпляром ЧМИ. Очевидно, что в случае сбоя в подсистеме интерфейсов, система выходит из строя.

При использовании ОЧМИ (Рисунок 2), серверная часть сконцентрирована в облаке и подключена к системе. Операторская станция в виде обычного ПК или планшетного ПК (например, iPad) позволяет получить доступ к управлению любой частью системы. Выход из строя подсистемы интерфейсов не приводит к выходу из строя всей системы.

Концепция ОЧМИ набирает обороты. Очевидно, что с течением времени все больше и больше технологических процессов будет переведено в облачные системы, что обеспечит им дальнейшее беспредельное развитие.

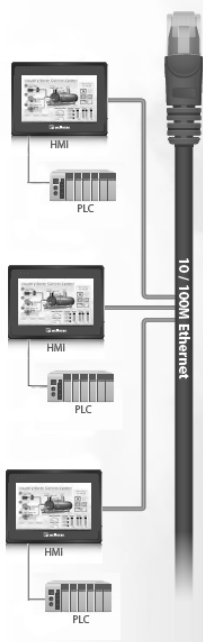


Рис. 1. ЧМИ традиционной архитектуры

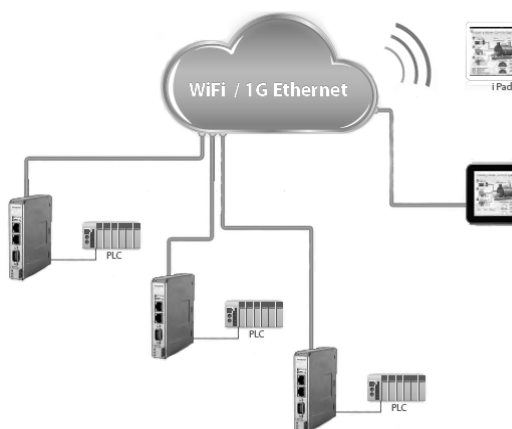


Рис. 2. Облачная архитектура ЧМИ

В настоящее время компания Weintech успешно внедряет свою разработку ОЧМИ, которая позволяет передавать информацию о технологическом процессе с одного серверного устройства на несколько операторских станций, а также с одной операторской станции получать данные с нескольких серверных устройств. Это позволяет оперативно реагировать на возникшие неполадки и повышает мобильность операторов. Время отклика серверного устройства составляет всего 3 мс, способность к подключению – доступно более 250 драйверов для подключения контроллеров различных производителей, программное обеспечение имеется в свободном доступе в сети Интернет.



Рис. 3. Экранная форма ОЧМИ компании Weintech

Заключение

Идея облачного ЧМИ набирает популярность. Можно с уверенностью предположить, что все больше и больше технических процессов перейдут на «облака», что, в свою очередь, принесет множество преимуществ и возможностей.

Список литературы

1. «HMI Guide» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.anaheimautomation.com/manuals/forms/hmi-guide.php#sthash.z7aHBne0.0PEjKex5.dpbs>, свободный.
2. «Human Machine Interface Software (HMI) Information» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.globalspec.com/learnmore/industrial_engineering_software/industrial_controls_software/human_machine_interface_software_hmi, свободный.
3. «Cloud based HMI?» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.hmihelp.com/cloud-based-hmi/>, свободный.
4. «Серия Cloud HMI, PLC Systems» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.plcsystems.ru/catalog/weintek/section.php?SECTION_ID=651, свободный.
5. «Облачный интерфейс Weintech» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.rusavtomatika.com/weintek/CloudHMI.php>, свободный.
6. «Cloud HMI сMT-SVR» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.elsist.it/WebSite/Html/English/Products/Hardware/HMI/EnCMTSVR.php#>, свободный.
7. «Особенности облачной архитектуры серии CloudHMI» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.weintek.ru/news/Osobennosti_oblachnoy_arkhitektury_serii_CloudHMI.php, свободный.

РАЗРАБОТКА ЭСКИЗА РОБОТА «ЧИСТИЛЬЩИК»

С.В. Балабенко, С.В. Колесников, Е.В. Вехтер
Томский политехнический университет
svb25@tpu.ru

Введение

На сегодняшний день почти всё топливо транспортируется по трубам, так же по трубам течёт вода, которая поступает к нам в дом. Перед нами стояла задача, как устранить засор, не разбирая трубу. Человечеством уже были найдены решения данной проблемы, но они очень трудно затратные или дорогие. В данном работе мы предлагаем свой путь решения этой проблемы и описываем последовательность разработки робота «Чистильщика», а так же эскизы и схему, описывающие принцип работы предлагаемого робота.

Анализ литературы по тематике исследования свидетельствует о том, что на сегодняшний момент не существует аналогов данного робота. Но имеются аналоги для простой чистки труб. По сути они представляют из себя шланг с наконечником в виде распылителя воды под высоким давлением и вторым способом в трубу помещается гибкий вал, на конце которого находится ершик с жесткой щетиной, в дальнейшем он подключается к электромотору и крутится проталкивается вперед к месту засора [1].

Основная часть

Всего различают три метода очистки труб: механический (очистка механическим рабочим органом, размещаемом на гибком валу или протаскиваемом лебедкой тросе), гидродинамический (очистка струей воды высокого давления) и электроимпульсный (очистка за счет создания локального импульса электрическим разрядом). Наш метод можно отнести к механическому методу.

Эскиз составных частей робота представлен на рис. 1. Робот состоит из трубы «гофры» передней (1), блока системы распределительных клапанов (2), трубы «гофры» задней (3), 4 и 5 представляют собой два шарика, служащие для сцепки робота со стенками трубы. Так же на роботе спереди крепятся форсунки из которых подаётся вода под большим давлением, которая используется для разрушения препятствий образующихся перед роботом.

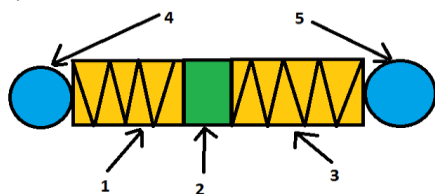


Рис. 1. Составные части робота

Работа робота представляет собой циклическое движение. Принцип работы мы также оформили на эскизе (рис.2), дабы иметь представление о работе данного робота.

Вначале открывается первый клапан, находящийся в блоке системы распределения клапана. Он падает сжатый воздух в шарик находящийся на задней части робота, тем самым робот цепляется за стенки трубы.

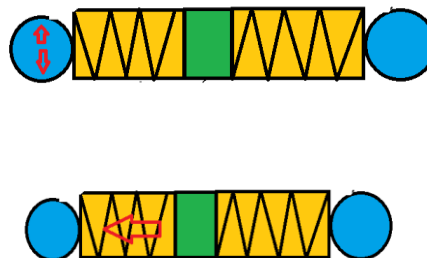


Рис. 2. Принцип работы робота

При втором этапе цикла открывается второй клапан (рис.3), находящийся в блоке системы распределения клапанов. Он падает воздух в отсек трубы «гофра» задняя. По закону Менделеева-Клапейрона $p \cdot V = \frac{m}{M} R \cdot T$, мы получаем, что $P = \text{const}$, $T = \text{const}$. Следовательно, при изменении массы газа будет, меняться объем гофры, следовательно, гофра растягивается, увеличивая свой объем (рис.3).



Рис. 3. Принцип работы робота, второй этап

На третьем этапе открывается, мы открываем третий клапан, отвечающий за подачу сжатого воздуха в переднюю гофру. Тем самым наш робот увеличил свою длину (рис.4).



Рис. 4. Принцип работы робота, третий этап

Перед последним этапом открывается следующий клапан, отвечающий за подачу воздуха в клапан под номером 5 (рис.5). На последнем этапе, открываются поочередно клапана, отвечающие

за выход воздуха из отсеков робота (рис.6).



Рис. 5. Принцип работы робота, открытие клапана 5

Первым открывается клапан, отвечающий за выход воздуха из шарика под номером 4, тем самым робот отцепляется от стенок трубы одной частью. Далее открываем клапана, отвечающие за выход воздуха из гофры. Подаём воздух на шарик под номером 4 и спускаем воздух из шарика под номером 5. Далее движение робота повторяются.



Рис. 6. Принцип работы робота, четвертый этап

После выполнения эскизов, описывающих принцип работы робота, применили эскизы для создания схемы электрической цепи работы робота «Чистильщик».

Данная схема (рис.7) представляет собой подключение одного клапана через биполярный транзистор и через аппаратно вычислительную платформу Arduino. Принцип работы транзистора заключается в том, что мы попадаем так на транзистор с помощью PIN Arduino. Тем самым мы замыкаем цепь. Мы не можем использовать Arduino на прямую так, как напряжение, которое падает Arduino не способствует открытию клапана. Так же мы должны минус с батареи подсоединить к Arduino, что бы весь заряд находившийся на транзисторе мог уйти.

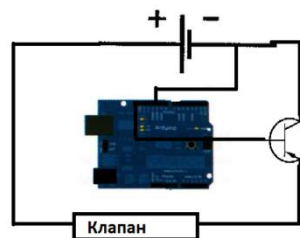


Рис. 7. Схема подключения робота

Разработка эскизов, а не рабочих чертежей позволило значительно сократить сроки предварительного этапа исследования.

Заклучение

В результате анализа литературы по тематике исследования можно сделать вывод об оригинальности предлагаемой модели. Итогом работы на данном этапе стал рабочий эскиз и макет робота. В дальнейшем планируется дальнейшая модернизация робота, а именно установка впереди робота форсунки, через которую он будет подавать воду под большим давлением. Так же установка датчика для 3D построения трубы. На последующем этапе проектирования будет разработана проектно-конструкторская документация с использованием программ САПР. Предварительный экономический расчет позволил рассчитать приблизительную стоимость робота. Это составит сумму около 5 тысяч рублей, а его несомненным преимуществом можно считать то, что управлять им сможет один человек.

Литература

1. Чистка труб: доверяем роботам. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.stroy.ru/cottage/ventilation/publications_1264.html (дата обращения: 17.10.14).

ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

А.Л. Хуснулина

Научный руководитель – Р.В. Сазонов
Томский политехнический университет

alenaxyc@gmail.com

Введение

При сбросе сточных вод необходимо извлекать вредные вещества после производственных процессов, тем самым добиваясь предельно допустимой концентрации (далее – ПДК) сточных вод. При этом не менее важным является сопровождающий процесс – контроль качества очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

Контроль за работой очистных сооружений и сбросом сточных вод необходим для предупреждения и прекращения загрязнения водных объектов сточными водами, очищенными в недостаточной степени или вовсе не очищенными [3, 4].

Целью настоящей работы являлось исследование рынка на предмет поиска оборудования для автоматизированной системы контроля качества очистки сточных вод

Контролируемые показатели

Требования Перечня рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение, являются самыми строгими в отношении качества воды. В этих документах перечислен 1071 показатель [5]. Однако для непрерывного отслеживания качества очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на самом очистном сооружении обычно контролируют такие показатели, как взвешенные вещества, БПК/ХПК, рН, нитраты, фосфаты, аммоний, и кислород [6].

Лабораторией №1 ИФВТ ТПУ разрабатывается система очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. На рисунке 1 приведена блок-схема стадий очистки сточных вод.

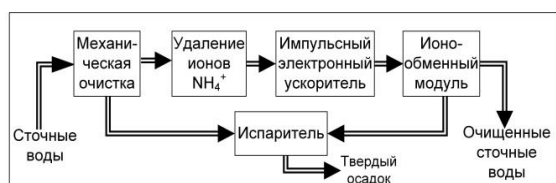


Рис. 1. Блок-схема стадий очистки сточных вод

Опираясь на мировой опыт контроля качества биологической очистки сточных вод и блок-схему на рисунке 1, было принято решение об использовании этих показателей так же и для разработанной системы. Учитывая технологические особенности системы, предложено расположить точки контроля по ходу очистки [6].

Так, после блока механической очистки целесообразно производить измерение взвешенных веществ, что позволит отслеживать эффективность работы данного блока. Контроль аммония рационально выполнять после блока удаления аммония. В результате работы импульсного электронного ускорителя за счет процессов окисления растворенных органических веществ и окисления оставшегося аммония в сточных водах происходит снижение ХПК и образование нитратов. По этой причине после третьего блока очистки сточных вод будет производиться замер ХПК.

Последним блоком в системе очистки сточных вод является ионообменный модуль, в процессе работы которого происходит замена нитрат, фосфат, нитрит и других ионов на Cl^- (анионирование). Так же происходит замена катионов, например, NH_4^+ , на Na^+ (катионирование). За счет этих процессов и будут удалены нитрат-ионы, нарабатанные в процессе работы ускорителя, и увеличена концентрация хлоридов. После ионообменного модуля будут измерены нитраты, фосфаты, хлориды, рН и растворенный кислород. Измерение нитратов и фосфатов позволит контролировать успешность проведения анионирования и катионирования. В ходе очистки сточных вод рН неоднократно меняется. На последних стадиях очистки он приводится к норме, что и будет контролироваться на выходе. Растворенный кислород, как уже было отмечено ранее, показатель очень важный для жизнедеятельности рыб и других организмов водоема, поэтому измерять его так же необходимо. Т.к. в результате работы ускорителя и ионообменного модуля происходят различные химические реакции, которые так же задействуют кислород, то его концентрация так же будет измерена после последнего этапа очистки.

Подбор оборудования

При отладке режимов работы макета комплекса очистки сточных вод, неоднократно проводились анализы, и собранная информация позволила определить пределы изменения показателей, а значит, уточнить, в каких пределах приборы должны проводить измерения (таблица 1). Кроме того, заказчиком было выдвинуто требование о сроке необслуживаемости не менее трех месяцев.

В ходе исследования рынка выяснилось, что промышленное оборудование решает ряд задач, которые не ставятся перед лабораторным оборудованием.

Таблица 1. Пределы изменения показателей в анализируемой воде

№	Показатель	От	До
1	Мутность (взвешенные частицы), мг/л	1,5	300
2	Аммоний NH ₄ ⁺ , мг/л	0,5	100
3	ХПК, мг/л	15 (30)	1000
4	Хлориды Cl ⁻ , мг/л	150	300
5	Нитраты NO ₃ ²⁻ , мг/л	5	40
6	Нитриты NO ₂ ⁻ , мг/л	0,08	2
7	Фосфат-ион PO ₄ ³⁻ , мг/л	0,15	20
8	Растворенный в воде озон, мг/л	0,005	1,5
9	pH	0	12

Например, промышленное оборудование должно само отбирать пробы, проводить пробоподготовку, если это необходимо, и самое труднореализуемое – не загрязняться, т.е. иметь систему самоочистки. Даже самое современное оборудование с хорошей системой самоочистки, постоянно находясь в воде (среде, где проводятся измерения), со временем «зарастает», в результате чего возникает необходимость замены отдельных частей.

Первичный обзор рынка позволил отобрать ряд приборов в той или иной степени удовлетворяющих выставленным требованиям. Из этого оборудования были выбраны приборы фирм WTW и Hach Lange, поскольку оборудование этих фирм имеет систему самоочистки, что позволит выполнить требование заказчика о сроке необслуживаемости системы в 3 месяца [7,8].

Также, исследование рынка позволило отсеять некоторые из показателей, а именно: нитриты, фосфат-ион, хлориды и фосфат-ион, ввиду неприемлемо высокой цены приборов. В отношении этих параметров разработчиками системы очистки сточных вод принята стратегия обеспечения гарантированного снижения этих параметров до значений ниже ПДК, в результате чего, необходимость контролировать эти параметры отпадает.

Заключение

Опыт использования оборудования фирм WTW и Hach Lange на очистных сооружениях в г. Подольске показал, что датчики фирмы WTW лучше приспособлены к неблагоприятным условиям среды, в которой они должны находиться для выполнения измерений. Кроме того они имеют более совершенную систему самоочистки, что позволяет сделать вывод о более долгом сроке работы без вмешательства оператора и более точных измерениях, а так же в случае выхода из строя

некоторых компонентов системы, требуется замена небольших и не слишком дорогих блоков. В датчиках фирмы Hach Lange в таком случае нужно заменить практически весь датчик (это означает высокие затраты), в то время, как датчики фирмы WTW нуждаются в замене лишь небольшого элемента.

Так, выбор был остановлен на оборудовании фирмы WTW, а именно [7]:

1 NiCaVis 705 IQ датчик нитратов, нитритов, ХПК, БПК и ООУ

2 VisoTurb700 IQ датчик взвешенных веществ

3 SensoLyt 700 IQ датчик pH

4 AmmoLyt датчик аммонийного азота

5 9185 sc датчик озона.

Кроме того, фирма WTW поставляет контроллеры, предназначенные для подключения до 20 датчиков. Использование датчиков и контроллера одной фирмы позволит избежать проблем совместимости интерфейсов.

Список использованных источников

1. ВОЗ. Деградация экосистем угрожает здоровью людей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr67/ru/>, свободный.

2. Очистка сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aquantum-eco.ru/index.php/tekhnologii.html>, свободный.

3. Методы очистки сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://voda96.com/методы-очистки-сточных-вод.html>, свободный.

4. Методы очистки сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://enviropark.ru/course/category.php?id=9>, свободный.

5. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fish.gov.ru/lawbase/Documents/Изданные/100020a.pdf>, свободный.

6. Хуснулина А. Л. Выбор показателей для проверки эффективности очистки хозяйственно-бытовых сточных вод // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов V Всероссийской конференции студентов элитного технического образования, Томск, 25-27 Марта 2014. - Томск: Изд-во ТПУ, 2014 - С. 36-38.

7. Экрос-Инжиниринг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ingecros.ru/>, свободный.

8. Экоинструмент [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecoinstrument.ru/>, свободный.

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДУЛЬНОЙ АВИОНИКИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ

Книга Е.В., Жаринов И.О., Заколдаев Д.А., Нечаев В.А.

Научный руководитель: Парамонов П.П., д.т.н., профессор

Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики,
197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49

E-mail: ekovinskaya@gmail.com

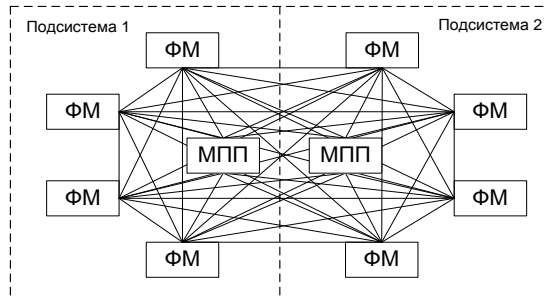
Введение

Современные авиационные комплексы проектируются на базе мультимикропроцессорных многомодульных вычислительных систем (ВС) класса ИМА (интегрированная модульная авионика) [1].

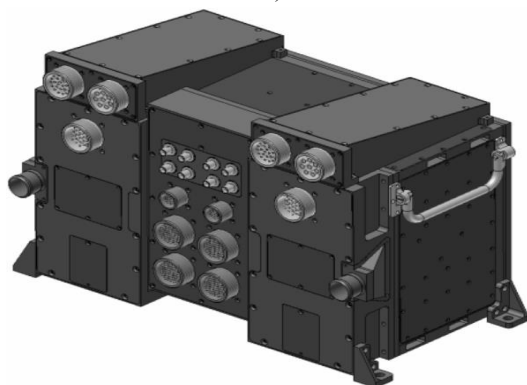
Существенными для оценки надежности ВС класса ИМА являются: внутренняя структура вычислителя, в качестве которой рассматривается схема связи функциональных модулей (ФМ) в изделии, и λ -характеристики надежности элементной базы ФМ, входящих в изделие.

1. Варианты внутренних структур ВС ИМА

На основе универсальной функциональной схемы ВС класса ИМА (см. рис. 1) на практике разрабатываются [2] различные варианты внутренних структур изделий авионики, реализуемых на логическом уровне взаимодействия ФМ.



а)



б)

Рисунок 1 - Внутренняя структура универсальной ВС (а) и пример конструктива ВС ИМА (б).

На рис.2 представлены наиболее распространенные варианты внутренних схем связи ФМ в вычислительной системе ИМА.

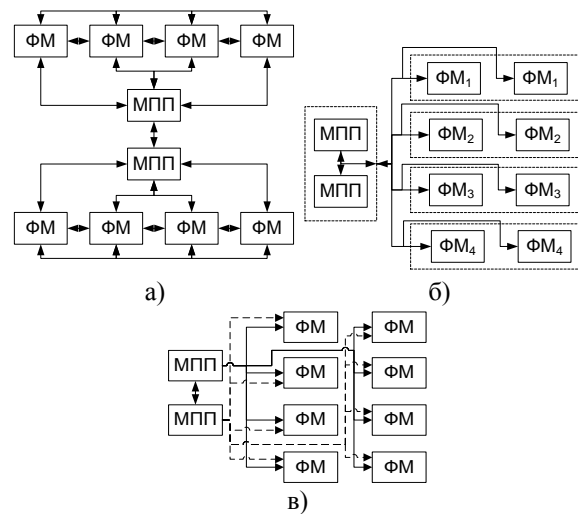


Рисунок 2 - Внутренние структуры ВС ИМА:

а) резервирование на уровне подсистем, б) резервирование на уровне однотипных ФМ, в) скользящее резервирование на уровне идентичных ФМ.

На рис.2,а представлена схема внутренней связи ФМ в ВС, разделенной на две идентичных подсистемы, в каждой из которых задействовано по четыре ФМ и по одному модулю постоянной памяти (МПП). В составе объекта (летательного аппарата) подсистемы резервируют друг друга. При отказе одного из ФМ в подсистеме вся подсистема считается неисправной, функции ВС ИМА исполняет резервная подсистема.

На рис.2,б представлена схема внутренней связи ФМ в ВС, состоящей из четырех ФМ различного типа. Каждый ФМ резервируется ФМ такого же типа. Модули МПП резервируют друг друга.

На рис.2,в представлена схема внутренней связи ФМ в ВС, состоящей из двух МПП и восьми идентичных ФМ, например, модулей типа МВ (модулей-вычислителей). ВС используется в случае, когда для выполнения заданных функций авионики требуется вычислительный ресурс только четырех ФМ и одного МПП, вторая группа модулей в том же составе находится в резерве. Все ФМ, находящиеся в резерве, могут заменить любой из отказавших в полете ФМ, т.е. резервирование в ВС ИМА реализовано на уровне ФМ.

2. Оценка вероятности безотказной работы ВС ИМА

Вероятность безотказной работы $P(t)$ одного ФМ определяется по формуле: $P_{ФМ}(t) = e^{-\lambda t}$, где λ – интенсивность отказов модуля, t – время полета летательного аппарата.

Если принять, что вероятности безотказной работы всех ФМ примерно одинаковы, т.е. в состав каждого ФМ входит примерно одно и то же число радиоэлементов со сравнимыми показателями λ -характеристик, то вероятности безотказной работы различных вариантов внутренних структур ВС, представленных на рис.2, будут иметь вид:

$$P_1(t) = 1 - (1 - P^5(t))^2,$$

$$P_2(t) = \left[1 - (1 - P(t))^2 \right] \prod_{i=1}^4 \left[1 - (1 - P(t))^2 \right],$$

$$P_3(t) = \left[1 - (1 - P(t))^2 \right] \left[\sum_{i=4}^8 \left[C_i^8 P^i(t) (1 - P(t))^{8-i} \right] \right].$$

На рис.3 представлены семейства зависимостей для различных вариантов применения схем резервирования в ВС ИМА, λ -характеристика надежности каждого ФМ для определенности принята на уровне $50 \cdot 10^{-6} 1/\text{ч}$.

Сплошной линией на рис.3 выполнена кривая, соответствующая вероятности безотказной работы для ВС на рис.2, а. Пунктирной линией выполнена кривая, соответствующая вероятности безотказной работы для ВС на рис.2, б. Штрихпунктирной линией выполнена кривая, соответствующая ВС на рис.2, в.

На рис.3, а представлена зависимость вероятности безотказной работы для варианта исполнения ВС на гражданском самолете с временем полета 25 ч. На рис.3, б представлена зависимость вероятности безотказной работы ВС ИМА для варианта исполнения аппаратуры на морском судне с временем плавания 4 дня (96 ч). На рис.3, в представлена зависимость вероятности безотказной работы для варианта исполнения ВС на космическом аппарате с временем полета 5000 ч.

Оценки среднего времени наработки ВС на отказ для трех случаев соответственно имеют вид:

$$T_{P_1(t)} = 6000 \text{ ч}, T_{P_2(t)} = 10127 \text{ ч}, T_{P_3(t)} = 14444 \text{ ч}.$$

Заключение

В результате исследования были рассмотрены различные варианты реализаций внутренней структуры бортовой вычислительной системы класса ИМА. Расчеты показали, что самым надежным из рассмотренных вариантов является вариант исполнения внутренней структуры ВС по схеме, приведенной на рис.2, в.

Список литературы

1. Гатчин Ю.А., Жаринов И.О. Основы проектирования вычислительных систем интегрированной модульной авионики, М.: Машиностроение,

2010, 224 с.

2. Книга Е.В., Жаринов И.О., Богданов А.В., Виноградов П.С. Принципы организации перспективных бортовых цифровых вычислительных систем в авионике // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2013, №2, с.163-165.

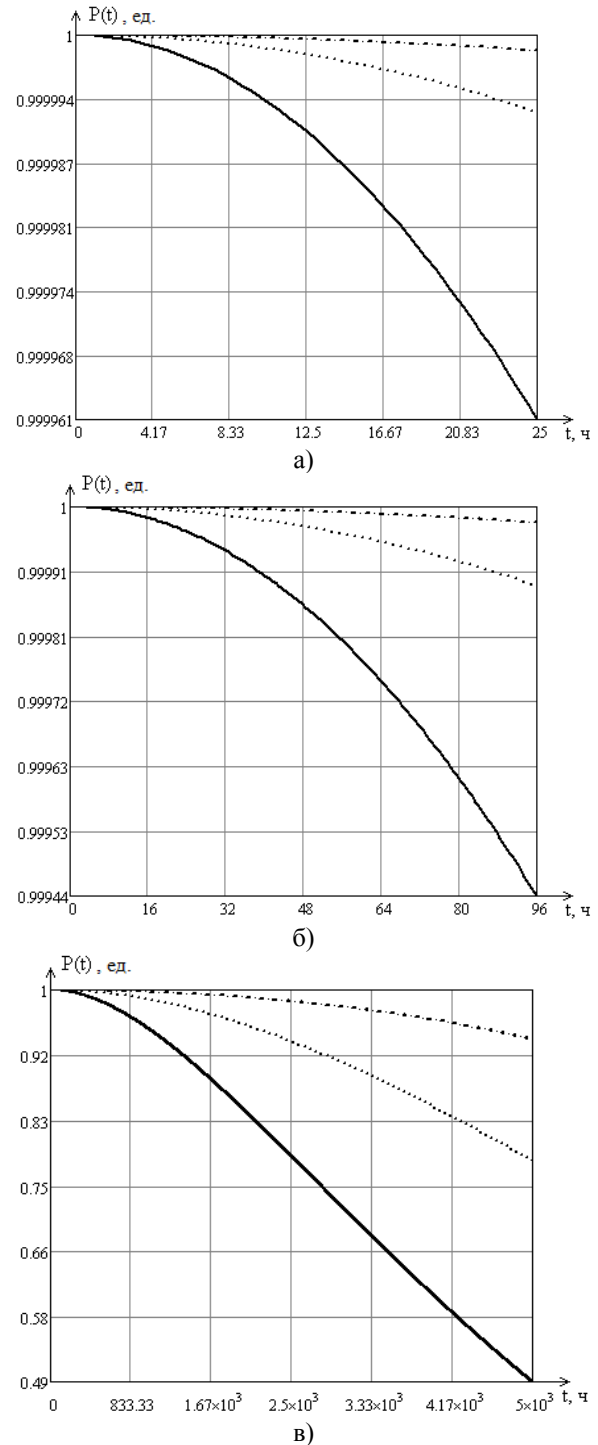


Рисунок 3 - Семейства зависимостей вероятностей безотказной работы ВС: а) для самолета (25 ч), б) для морского судна (96 ч), в) для космического летательного аппарата (5000 ч).

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

О.С. Каймонов, Т.Р. Газизов

Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники,
makaleks@sibmail.com

Введение

Основой экономики любого развитого государства, в том числе России, являются промышленные объекты различных отраслей. Значительная часть из них относится к категории критически важных (или потенциально опасных) объектов. Нарушение (или прекращение) функционирования на них приводит к потере управления экономикой страны, субъекта или административно-территориальной единицы, ее необратимому негативному изменению (разрушению) или существенному снижению безопасности жизнедеятельности населения, проживающего на этих территориях, на длительный период времени [1, 2]. По статистике МЧС России, в последние годы около 90% всех чрезвычайных ситуаций различного уровня в России имеют техногенный характер [3].

К критически важным объектам относятся крупные предприятия нефтеперерабатывающей промышленности [4]. Развитие таких производств, обладающих высокой энергонасыщенностью, сопровождается ростом количества и масштабов пожаров и взрывов на них не только в России, но и за рубежом.

Анализ развития систем пожарной безопасности последнего времени [5] показывает, что развитие идет в направлении расширения информативности на основе разработки и применения адресно-аналоговых систем, использующих микроконтроллеры и мини ЭВМ. Данная техника позволяет максимально автоматизировать процесс управления, прогнозировать и своевременно предотвращать аварийные ситуации, взрывы и пожары. При достаточно сложной аппаратной и программной структуре современная автоматизированная система управления противопожарной защитой для конечного пользователя является вполне простой и наглядной. Кроме того, в последнее время существует четкая тенденция к автоматизации и взаимной интеграции технологических, инженерных и охранно-пожарных систем на предприятиях нефтепереработки. Значительный рост их производства наблюдается и в нашей стране. Вместе с тем, в литературе отсутствует объективный сравнительный анализ преимуществ и ограничений в применении систем пожарной безопасности различного вида на объектах нефтепереработки, позволяющий оптимизировать их выбор при проектировании.

Компоненты автоматизированных систем пожарной безопасности

Основными компонентами автоматизированной системы пожарной безопасности являются:

- система пожарной сигнализации;
- системы пожаротушения;
- система передачи извещений о пожаре

Основой для формирования автоматизированных систем противопожарной защиты объектов, служит система сбора и обработки информации о состоянии объекта - автоматическая пожарная сигнализация [6-8]. Ее главной задачей является раннее обнаружение возгорания, когда возможна своевременная эвакуация людей и ликвидация пожара без значительных экономических и экологических последствий.

В настоящее время практически любая система пожарной сигнализации является автоматической, то есть способна самостоятельно формировать соответствующие сигналы управления (оповещение) при обнаружении возгорания или факторов ему сопутствующих.

Автоматические системы пожарной сигнализации по способу организации контроля датчиков подразделяются на три основных типа систем:

- Пороговая.
- Адресно-опросная.
- Адресно-аналоговая.

Автоматические системы пожаротушения [9] достаточно эффективны для ликвидации возгорания на его ранних стадиях, что очень важно для объектов нефтеперерабатывающего комплекса. Автоматическое пожаротушение применяется совместно с системой пожарной сигнализации, полностью исключая человеческий фактор при его запуске.

Проектирование и монтаж систем автоматического пожаротушения - мероприятия весьма ответственные, так как определяют эффективность и безопасность системы в процессе эксплуатации, так как некоторые типы установок пожаротушения, при нарушении требований нормативных документов по выбору, проектированию, монтажу, при срабатывании могут представлять серьезную угрозу здоровью, жизни людей. Это определяется тем, что тушение пламени достигается, в том числе, за счет ограничения доступа кислорода в зону горения со всеми вытекающими отсюда возможными последствиями для человека.

Перечень объектов, подлежащих оборудованию установками пожаротушения, требования к

их проектированию и монтажу определяет свод правил.

В настоящее время широко распространены и применяются следующие типы систем автоматического пожаротушения

- Системы водяного пожаротушения
- Системы порошкового пожаротушения
- Системы газового пожаротушения
- Системы аэрозольного пожаротушения

В настоящее время большое развитие получил еще один компонент автоматизированных систем пожарной безопасности – система передачи извещений о пожаре

Система передачи извещений о пожаре – совокупность совместно действующих технических средств, предназначенных для передачи по каналам связи и приема в пункте централизованного наблюдения извещений о пожаре на охраняемом объекте, служебных и контрольно-диагностических извещений, а также (при наличии обратного канала) для передачи и приема команд телеуправления [10].

В настоящее время системы передачи извещений о пожаре развиваются в направлении создания систем пожарного мониторинга.

Система мониторинга пожарной безопасности представляет собой программно-аппаратный комплекс и предназначена для дистанционного сбора с объектов информации о состоянии оборудования различных подсистем и происходящих событиях, используя разные каналы связи с целью оперативного реагирования в случае возникновения чрезвычайных ситуаций (пожар, авария, нападение, проникновение посторонних и т.д.).

Основная задача системы пожарного мониторинга исключить человеческий фактор, то есть вызов пожарного подразделения по телефону персоналом предприятия, и автоматизировать процесс создать передачи сигнала о пожаре в пожарное подразделение.

В настоящее время при создании систем пожарного мониторинга возникают следующие проблемы:

1. Отсутствуют разработанные стандарты, определяющие требования к системам пожарного мониторинга, их функциональные и качественные характеристики, протоколы обмена данными.
2. Проблема ложных срабатываний пожарной сигнализации. При большой интенсивности числа ложных тревог, пожарные расчеты не будут успевать ездить между объектами
3. Совместимость компонентов пожарной сигнализации и системы пожарного мониторинга. Необходима разработка стандартов обеспечиваю-

щих сопряжение оборудования различных производителей.

Заключение

Для дальнейшего развития автоматизированных систем пожарной безопасности необходимо скорейшее решение вышеизложенных проблем, это позволит строить системы пожарного мониторинга объектов различного назначения в целях сокращения времени реагирования пожарных подразделений. Главным итогом работы в данном направлении являются спасенные жизни людей.

Литература

1. Закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. Закон Российской Федерации от 21 июля 2011 г. № 256-ФЗ "О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса".
3. Статистика чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации: официальный сайт МЧС России – 2014 [Электронный ресурс] – URL: http://www.mchs.gov.ru/Stats/CHrezvichajnie_situacii
4. Перечень критически важных объектов Российской Федерации (утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 марта 2006 г. № 411 -р).
5. Буцынская Т.А., Федоров В.Ю., Шакирова А.Ф. Состояние рынка средств пожарной сигнализации в России. // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. №3: М.: Академия ГПС МЧС России, 2011.
6. Бабуров В.П., Бабуринов В.В., Фомин В.И. Технические средства систем охранной и пожарной сигнализации. Часть 2. Пожарная сигнализация: Учеб.-справочн. пособие М.: Пожнаука, 2009. - 225 с.
7. Щипицын С.М. Выбор системы пожарной сигнализации. Советы профессионалов. / Системы безопасности ОПС. М.: Гротек, 2009. С. 14 - 17.
8. Варламова Т. Адресно-аналоговые системы пожарной сигнализации как средство раннего обнаружения пожара // Алгоритм безопасности №1 2009-с. 12-16.
9. СП 5.13130.2009. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования М.: ВНИИПО МЧС России, 2009.
10. Закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

МЕТОД СОЗДАНИЯ ЗАГРУЗОЧНОГО КОМПОНЕНТА АЭРОНАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ДАНЫХ АВИОНИКИ

М.О. Костишин, И.О. Жаринов, В.А. Нечаев

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО)

maksim@kostishin.com

Введение

Развитие современных навигационных комплексов пилотируемых летательных аппаратов (ЛА) связано с разработкой, внедрением и исследованием границ применимости бортовых систем картографической информации (БСКИ). БСКИ представляет собой [1-2] систему, предназначенную для хранения массива картографической информации и синтеза видеопотока двумерного или трехмерного изображения геоинформационных данных авионики, выводимого на бортовые средства индикации — многофункциональные цветные индикаторы (МФЦИ), выполненные на базе плоской жидкокристаллической (ЖК) панели. Синтез видеоизображения осуществляется специализированным графическим контроллером, преобразующим цифровой картографический массив (ЦКМ) команд и данных — загружаемый в модуль памяти БСКИ файл ЦКМ (информация о рельефе местности, маршруте полета, данные аэродромов и т.д.), в последовательность индикационных кадров, воспроизводимых на экране МФЦИ.

Основная проблема сопровождения в эксплуатации БСКИ связана с необходимостью оперативного изменения в модуле памяти БСКИ данных ЦКМ в различных зонах полета ЛА, в связи с чем разрабатываются специализированные системы автоматизации проектирования (САПР), позволяющие подготавливать обновленные загрузочные компоненты ЦКМ. Загрузка ЦКМ в БСКИ осуществляется на автоматизированном рабочем месте оператора (РМО). При этом основным условием применения САПР является соответствие цифровых форматов представления картографических данных и команд в САПР и в модуле памяти, модуле графического контроллера БСКИ для обеспечения возможности однозначного воспроизведения ЦКМ, наблюдаемого оператором на РМО, и летчиком — на экране МФЦИ.

Автоматизированное рабочее место оператора БСКИ

Для выполнения процедур автоматизированного конфигурирования загрузочных компонентов аэронавигационной информации (АНИ) и геоинформационных данных авионики разработано специализированное рабочее место оператора БСКИ.

Состав рабочего места: ЭВМ (персонального или промышленного компьютера) с установленной системой автоматизации проектирования и

устройства физического сопряжения ЭВМ с системой БСКИ по технологическому интерфейсу. Функциональная схема РМО приведена на рис. 1.

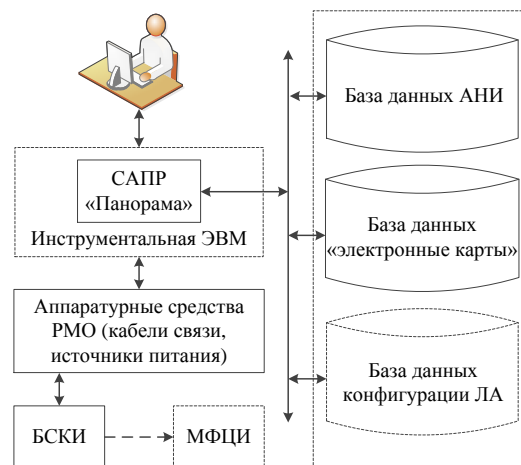


Рис. 1. Функциональная схема РМО.

Программное обеспечение САПР позволяет планировать маршрут полета ЛА, выбрать фрагмент ЦКМ в пределах заданного маршрута, определить аэропорт взлета и аэропорт посадки ЛА из базы данных аэронавигации и др.

Подготовка цифровой электронной карты к загрузке в БСКИ

Подготовка электронной карты осуществляется оператором РМО, начинается с выбора участка местности в предполагаемой зоне полетов ЛА, отображаемого на инструментальной ЭВМ в одном из стандартизованных масштабов из имеющихся в базе данных. При формировании картографического массива данных и данных рельефа местности используются электронные карты [3]. Формат хранения массива данных и команд: DFX (Drawing Exchange Format) или SXF (Storage and eX-change Format) в стандартных масштабах 1:100000 (1 км/см), 1:200000 (2 км/см), 1:500000 (5 км/см), 1:1000000 (10 км/см), 1:5000000 (50 км/см).

На основе ЦКМ масштабов 1:100000 (1 км/см), 1:200000 (2 км/см), 1:500000 (5 км/см) и 1:1000000 (10 км/см) формируется ЦКМ с масштабами 1:125000 (1,25 км/см), 1:250000 (2,5 км/см), 1:500000 (5 км/см). БСКИ формирует изображение местности в следующих масштабах 1:125000 (1,25 км/см), 1:250000 (2,5 км/см), 1:500000 (5 км/см) и 1:1000000 (10 км/см), 1:2000000 (20 км/см) и 1:4000000 (40 км/см). Масштабный ряд отображаемых ЦКМ может от-

личаться от масштабного ряда исходных ЦКМ, т.к. электронное представление карты местности позволяет создавать производные масштабы, получаемые из основных масштабов ЦКМ путем умножения исходных на коэффициент кратности. Схема преобразования масштабов отображения ЦКМ приведена на рис.2.

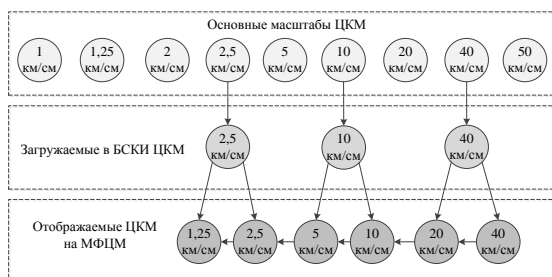


Рис.2. Схема преобразования масштабов отображения ЦКМ.

Масштабирование картографических изображений обеспечивает изменение охвата отображаемой в картографическом мнемокадре МФЦИ территории (при уменьшении масштаба — увеличивается, при увеличении — уменьшается) и детальности представления информации (при уменьшении масштаба — уменьшается, при увеличении — увеличивается). Для достижения свойств масштабирования одновременно с уменьшением масштаба осуществляется схематизация (упрощенная автоматическая картографическая генерализация) изображения в соответствии с методами представления сложных полигональных моделей в графических системах реального времени.

Выбор оператора РМО может включать как единичные участки местности в требуемом регионе страны (мира), например, размером 1000x1000 км (квадрат местности — в масштабе 10 км/см квадрат соответствует размеру карты 100x100 см на бумажном носителе), так и их производные комбинации. Учитывая, что в 1 см ЖК-экрана МФЦИ размещается примерно 33 пикселя (для экрана с линейными размерами видимой части экрана 211,2x158,4 мм и количеством пикселей 640x480 по вертикали и по горизонтали) все изображение ЦКМ может быть размещено в цифровой области размером 3300x3300 пикселей. При этом на экране МФЦИ будет отображаться только видимая зона изображения ЦКМ в соответствии с имеющимся разрешением ЖК-экрана.

ЦКМ представляет собой совокупность областей, разделенных на блоки стандартного размера (например, 64x64 пикселя в системе координат МФЦИ). Блоки нумеруются по горизонтали и вертикали. Старший байт данных, описывающий каждый блок, — номер блока по горизонтали, младший байт — номер блока по вертикали. Таким образом, левый, нижний блок имеет минимальное значение кода номера блока; правый,

верхний имеет максимальное значение кода номера блока. Блоки данных заносятся в модуль памяти БСКИ в порядке возрастания их номеров по горизонтали и по вертикали. Значения высот рельефа местности рассматриваются в ЦКМ как элементы двумерного массива. Каждый элемент массива однозначно идентифицируется номером блока в массиве и номером элемента в массиве.

Заключение

■ Процессы автоматизации конфигурирования загрузочных компонентов аэронавигационной информации и геоинформационных данных позволяют оперативно подготавливать полетные задания, создавать «прошивки данных» ЦКМ и осуществлять процедуры занесения этих данных в изделия авионики техническими средствами РМО и программными средствами САПР.

■ За счет поддержки унифицированных форматов хранения данных, единой VESA (Video Electronics Standards Association)-подобной системы команд графического контроллера [4] БСКИ и возможности отображения на средствах индикации цифровой карты местности в различных масштабах, у обслуживающего персонала аэродромов появилась возможность сопровождения программ полетов различных типов ЛА непосредственно в точках эксплуатации.

Литература

1. Парамонов П.П., Костишин М.О., Жаринов И.О., Нечаев В.А., Сударчиков С.А. Принцип формирования и отображения массива геоинформационных данных на экран средств бортовой индикации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 6. С. 136-142.
2. Костишин М.О., Жаринов И.О., Жаринов О.О., Нечаев В.А., Сулов В.Д. Оценка точности визуализации местоположения объекта в геоинформационных системах и системах индикации навигационных комплексов пилотируемых летательных аппаратов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. №1. С. 87-93.
3. Kostishin M.O., Zharinov I.O. Precision Characteristics of the Positioning of Objects in Aircraft Geoinformation Systems // Automation & Control: Proceedings of the International Conference of Young Scientists «ISCAC-2013» (21–22 November, 2013). – Saint Petersburg, National Research University Saint-Petersburg State Polytechnical University, 2013. p. 92-96.
4. Парамонов П.П., Гатчин Ю.А., Жаринов И.О., Жаринов О.О., Дейко М.С. Принципы построения отраслевой системы автоматизированного проектирования в авиационном приборостроении // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. №6. С. 111-117.

СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДУЛЬНОЙ АВИАНИКИ

Книга Е.В., Жаринов И.О.

Научный руководитель: Парамонов П.П., д.т.н., профессор

Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики,

E-mail: ekovinskaya@gmail.com

Введение

Современные авиационные комплексы проектируются на базе мультипроцессорных многомодульных вычислительных систем класса ИМА (интегрированная модульная авионика) [1].

Вычислители ИМА включают набор конструктивно-функциональных модулей (КФМ): модуль вычислительный (МВ), модуль ввода-вывода (МВВ), модуль графический (МГ), модуль постоянной памяти (МПП), модуль-коммутатор (МК).

Контроль качества изготовления КФМ ИМА на предприятии осуществляется посредством проверки каждого изготовленного КФМ в составе автоматизированного рабочего места (АРМ) [2].

1. Автоматизированное рабочее место

АРМ по проверке КФМ ИМА обеспечивает:

- имитацию процессов информационного обмена КФМ по внутрисистемным интерфейсам SpaceWire для всех типов модулей;

- имитацию процессов информационного обмена КФМ по межсистемным интерфейсам (по последовательным каналам (ПК) обмена, разовыми командами (РК), по мультиплексному каналу информационного обмена (МКИО) для МВВ, по интерфейсу Fibre Channel для МГ и МК);

- загрузку тестового программного обеспечения (ПО), тестирование и ведение файлов отчета по результатам тестирования каждого КФМ.

Функциональная схема унифицированного АРМ приведена на рис.1. АРМ содержит:

- инструментальную электронно-вычислительную машину (ИЭВМ), обеспечивающую установку и исполнение инструментальных программных средств проверки;

- технологическое оборудование (технологические модули, обеспечивающие сопряжение интерфейсов КФМ и интерфейсов ИЭВМ, комплект соединительных жгутов для соединения рамы с установленным КФМ с технологическим оборудованием и источником питания и пр.);

- программное обеспечение для тестирования КФМ всех видов, принтер для вывода на печать результатов тестирования (документирование);

- источники питания, формирующие вторичные напряжения питания на КФМ для их работы в процессе тестирования;

- комплект эксплуатационной документации, содержащий методики и инструкции для проверки и загрузки тестового ПО и оценки результатов тестирования КФМ.

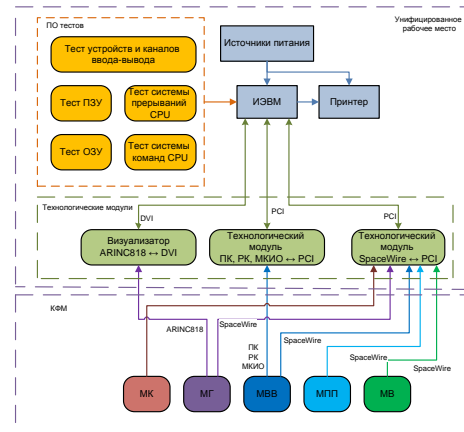


Рисунок 1. Функциональная схема унифицированного АРМ по проверке КФМ ИМА.

2. Инструментальное ПО проверки КФМ

Инструментальная программа проверки КФМ ИМА обеспечивает занесение в КФМ тестового ПО по технологическому каналу (RS-232, USB) и обмен информацией между ИЭВМ и КФМ. Внешний вид рабочих окон программы проверки КФМ ИМА представлен на рис.2.

Каждое рабочее окно инструментальной программы проверки КФМ разделено на несколько зон. В зоне слева от изображения функциональной схемы модуля представлен лог проведенных этапов тестирования КФМ. Внизу представлена командная строка для проведения отдельных операций.

Под изображением функциональной схемы КФМ присутствуют кнопки инициации начала теста и остановки цикла тестирования, а также кнопка для генерации отчета. Результат тестирования КФМ формируется в виде сообщения: «модуль исправен» или «модуль неисправен».

Справа в рабочем окне программы располагаются кнопки инициации тестов отдельных узлов КФМ с возможностью дополнительных пользовательских настроек. В частности, возможно проведение полного теста ОЗУ КФМ или только «тест адресов», «тест бегущей единицы/нуля» и т.д.

Конфигурирование теста проверки КФМ осуществляет пользователь — оператор АРМ. На рис.2,е приведено рабочее окно программы проверки с примером, когда отдельно были протестированы следующие узлы КФМ:



Рис. 2. Рабочее окно программы проверки для КФМ: а) модуль вычислительный (полный тест); б) модуль ввода-вывода (полный тест); в) модуль графический (полный тест); д) модуль-коммутатор (полный тест); е) модуль вычислительный (выполнение отдельных видов тестов и команд проверки).

- ячейки ОЗУ узла межмодульного интерфейса (УМИ) по тесту «бегущей единицы», тесту «бегущего нуля» и «тесту адресов»;
- ячейки ПЗУ узла функций модуля (УФМ) (выделенное пространство — 256 адресов, начиная с адреса 33);
- процессорный элемент CPU узла УМИ по тесту проверки системы команд микропроцессора;
- в диалоговом режиме проведены запись в ячейку ОЗУ по адресу 0x000000A0 и чтение контрольного слова командами, введенными оператором АРМ в командную строку окна программы.

Заключение

Автоматизированные рабочие места проверки КФМ в концепции ИМА обеспечивают высокий уровень контроля аппаратных компонентов модулей, реализуют модульный принцип построения ПО с поэтапным тестированием узлов КФМ, от-

крытость архитектуры рабочего места.

Предложенное АРМ поддерживает возможность изменения объема и сложности проверки узлов КФМ ИМА и возможность контроля изделий одного класса с использованием единых аппаратных и программных компонентов.

Список литературы

1. Гатчин Ю.А., Жаринов И.О. Основы проектирования вычислительных систем интегрированной модульной авионики, М.: Машиностроение, 2010, 224 с.
2. Захарова О.Л., Кирсанова Ю.А., Книга Е.В., Жаринов И.О. Алгоритмы и программные средства тестирования бортовых цифровых вычислительных систем интегрированной модульной авионики // Информационно-управляющие системы, 2014, №3, с.19-29.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПОРШНЕВЫХ МАШИН

Андрееш Е.Б., Богданов И.А., Лаврик А.А.
Научный руководитель: Эльхутов С.Н., к.т.н., доцент
Ангарская государственная техническая академия

Введение

В настоящее время на промышленных предприятиях, применяют три способа технического обслуживания:

1. По отказу. Данный вид ремонтно-восстановительного обслуживания производится при нарушении работоспособности объекта.

2. Плановый профилактический ремонт (ППР), который производят с определенной периодичностью, в зависимости от типа эксплуатируемого оборудования.

3. Планово-диагностический ремонт (ПДР), или обслуживание по фактическому состоянию. Целью ПДР является повышение надежности и снижение эксплуатационных расходов, при этом назначают необходимые работы, в зависимости от фактического технического состояния конкретного объекта и предполагаемого изменения его состояния в процессе эксплуатации.

В настоящее время большинство промышленных предприятий, в том числе нефтегазового комплекса переходят от системы планово-предупредительных ремонтов (ППР) к планово-диагностическим ремонтам (ПДР) [1]. В свою очередь система ПДР требует применения различных средств неразрушающего контроля (НК). Для механического оборудования с вращающимися деталями в качестве средства неразрушающего контроля активно применяется анализ вибрации, однако для оборудования поршневого типа, имеющего возвратно-поступательное движение, применение такого типа НК не дает достаточной информации для определения технического состояния. Кроме того, в качестве средства НК для поршневых машин часто используется контроль температуры. Однако такой вид НК позволяет определить только состояние машины в целом.

Наиболее информативным средством НК для поршневых машин является оценка неравномерности вращения вала [2]. Для полноценного функционирования средства НК необходимо создание как аппаратной части, выполняющей собственно измерения, так и программной части, решающей вопросы накопления измерений мониторинга технического состояния.

Целью работы является разработка программного комплекса для определения технического состояния поршневых машин по данным неравномерности вращения вала.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть основные способы технического обслуживания промышленного оборудования;
2. Выполнить обзор основных средств неразрушающего контроля для машин поршневого типа;
3. Разработать структуру программного комплекса;
4. Разработать структуру базы данных для хранения измерений;
5. Разработать интерфейсную часть программного комплекса.

Для поддержания оборудования в технически исправном состоянии на промышленных предприятиях применяют три метода технического обслуживания оборудования:

- обслуживание оборудования после выхода его из строя;
- проведение планово-предупредительных ремонтов (ППР);
- обслуживание по фактическому (техническому) состоянию (ТОпоФС).

Обслуживание оборудования по фактическому состоянию с экономической точки наиболее выгодно, потому, что продляет период эксплуатации и может инициировать ремонт работы до сроков ППР при ухудшении состояния оборудования.

Для функционирования такой системы, контроля надежности основных рабочих свойств и параметров объекта или отдельных его элементов, узлов без выведения объекта из работы необходимо применение средств неразрушающего контроля.

Во многих отраслях промышленности, в том числе нефтехимической, как правило, широко используются насосно-компрессорное оборудование, представленное машинами поршневого типа (Рис.1).

Основной причиной периодического изменения угловой скорости вала является неравномерность потребляемой мощности, обусловленная периодичностью рабочего процесса и кинематическими свойствами кривошипно-шатунного механизма. Неравномерная потребляемая мощность при постоянном среднем подводимом крутящем моменте вызывает соответствующую неравномерность вращения вала. Источниками неравномерности вращения коленчатого вала могут служить клапанный механизм, цилиндро-поршневая группа, а так же рабочие процессы, происходящие в цилиндре.

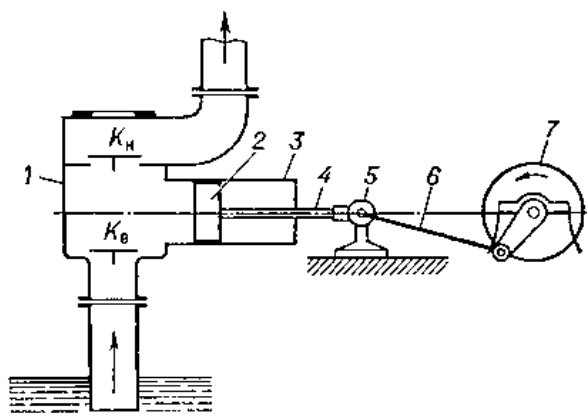


Рис.1. Схема приводного поршневого насоса одностороннего действия:

- 1 — рабочая камера; 2 — поршень; 3 — цилиндр;
4 — шток; 5 — крейцкопф; 6 — шатун;
7 — маховик; Кн — нагнетательный клапан;
Кв — всасывающий клапан.

В данный момент группой авторов выполняется разработка программно-аппаратного комплекса неразрушающего контроля поршневых машин. Одной из важных частей данного комплекса является информационная система определения технического состояния поршневых машин. Структура разрабатываемой информационной системы представлена на Рис.2.

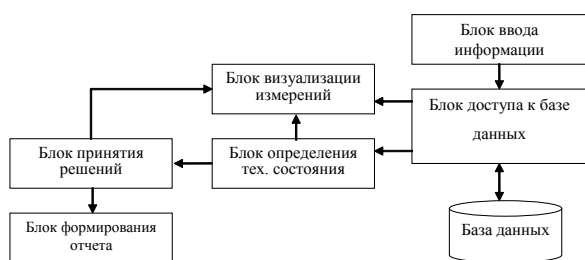


Рис.2. Структура программного комплекса.

Блок ввода информации предназначен для обмена данными с устройством, измеряющим угол поворота коленчатого вала машины.

Блок доступа к базе данных — предназначен для управления базой данных измерений, структурирования данных, хранящихся в ней и для передачи данных в другие блоки информационной системы.

База данных содержит измерения, полученные с устройства, измеряющего угол поворота вала и хранящиеся в определенной иерархии.

Блок визуализации измерений — предназначен для визуального представления полученных измерений. Также этот блок позволяет накладывать на график положение основных фаз поршневой машины.

Блок определения технического состояния должен анализировать величину отклонений вре-

мени прохождения основных фаз поршневой машины.

Блок принятия решения предназначен для оценки технического состояния контролируемого оборудования.

Блок формирования отчета предназначен для формирования отчета о состоянии поршневой машины.

Разработка программного комплекса выполняется на языке программирования Delphi и среды MS SQL Server.

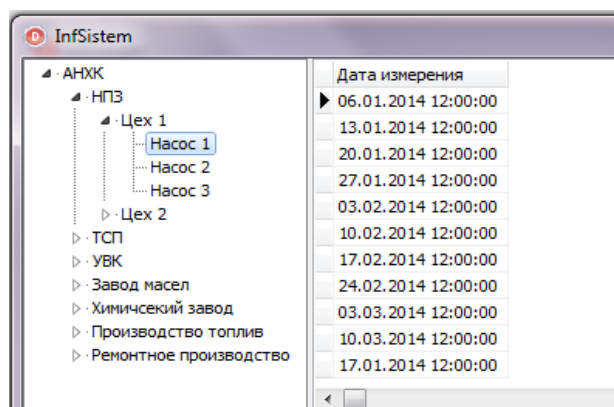


Рис.3. Даты измерений поршневой машины.

В рамках проекта была разработана информационная модель процесса и база данных. В базе данных предполагается хранение данных, получаемых с определенной периодичностью, как показано на Рис.3. Программная часть содержит базовые характеристики контролируемых объектов: модель агрегата, составные части; количество цилиндров, угол открытия, угол закрытия впускного и выпускного канала и т.д.

Заключение

Применение данной разработки совместно с аппаратным комплексом, измеряющим абсолютный угол поворота вала, позволит получать информацию о техническом состоянии насосов и компрессоров поршневого типа, что в свою очередь сделает возможным полноценное функционирование неразрушающего контроля для поршневых машин.

Литература

1. Алексеев А.Б. Оптимизация профилактического обслуживания оборудования ВН // Энерго-Эксперт. - 2010. - №1.

2. Эльхутов С. Н., Ляпустина Л. Ю. Информационная система для определения технического состояния поршневых машин. Актуальные вопросы образования и науки: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 декабря 2013г. в 14 частях. Часть 12; Мин. образования и науки РФ. Тамбов: Из-во ТРОО «Бизнес. Наука. Общество», 2014. – 171с.

ФОРМИРОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО НАГРУЗОЧНОГО ТОКОВОГО СПЕКТРА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

А. Г. Юдинцев

Томский политехнический университет, НИИ автоматики и электромеханики
Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники

В современных космических аппаратах (КА), системы электропитания (СЭП) являются наиболее ответственными узлами с позиции обеспечения заданного ресурса и качества электроэнергии. Это определяет необходимость качественных испытаний изготовленной СЭП КА, в том числе подключение различных видов нагрузок: активной, емкостной, импульсной, гармонической [1,2]. Последняя создается путем формирования синусоидального тока на выходных шинах СЭП. При этом синусоидальный ток, согласно требованиям производителей СЭП, должен изменяться в диапазоне частот 10 Гц ÷ 150 кГц, с регулируемой амплитудой (0÷20А), что позволит проверить нагрузочную способность энергопреобразующего оборудования, его динамические свойства, а также измерить выходной импеданс бортовой СЭП.

Функцию необходимого нагрузочного тока, в общем случае, можно представить в виде спектра, выраженного рядом Фурье:

$$i(t) = I_1 + \sum_{n=1}^m (a_n \sin(n\omega t) + b_n \cos(n\omega t)) \quad (1)$$

где I_1 – постоянная составляющая, a_n , b_n – амплитудные значения токов, ω – круговая частота.

Для проведения качественных испытаний, особый интерес представляет функция вида:

$$i(t) = I_1 + I_m \sin(\omega t), \quad (2)$$

где I_m – амплитуда первой гармоники тока.

Функция (2) является идеальным представлением нагрузочного тока, на практике приходится сталкиваться с различными видами нелинейности, работой в условиях сильных электромагнитных и кондуктивных помех, поэтому функция (1) наиболее полно отражает вид гармонической нагрузки. Основной задачей является приблизить функцию $i(t)$ к виду (2).

На фоне растущей популярности цифровых систем управления, одним из надежных вариантов устройства гармонической нагрузки является, по-прежнему, аналоговая система с отрицательной обратной связью (ООС) по току, функциональная схема которой представлена на Рис. 1. ЗГ (ЭВМ) – задающий генератор, реализованный на базе микропроцессора STM32F439 с архитектурой CORTEX M4, что позволяет автоматизировать процессы испытаний; ПУ – предварительный усилитель с регулируемым коэффициентом усиления; УМ – усилитель мощности; АД – амплитудный детектор, выполненный в виде прецизионного однополупериодного выпрямителя; УОС – усилитель обратной свя-

зи; ДТ – датчик тока с использованием эффекта Холла; $U_{уст}$ – сигнал уставки, определяющий амплитуду тока; МСН – модуль синусоидальной нагрузки, который состоит из параллельно подключаемых транзисторных MOSFET «ячеек», в зависимости от максимального значения амплитуды нагрузочного тока.

Данная система обеспечивает плавный разворот синусоидального тока, путём использования ПУ с регулируемым коэффициентом усиления и процессора задающего генератора. Частота управляющего сигнала изменяется задающим генератором, при этом особенностью является формирование АЧХ отдельных звеньев и системы в целом, для обеспечения работы в нескольких декадах. Стабилизация АЧХ системы во всем частотном диапазоне обеспечивается ООС, при этом наиболее чувствительным звеном является УОС, ошибка которого должна стремиться к нулю, для этого желательно использовать высококачественные операционные усилители. В качестве датчика тока возможно использование продуктов фирм LEM, VAC. Возможно применение трансформаторов тока, но для этого требуется дополнительная компенсационная схема, ввиду того, что ток нагрузки имеет постоянную составляющую, к тому же современные индуктивные датчики тока, позволяющие измерять постоянный сигнал, имеют недопустимую ошибку в различных частотных диапазонах.

Особый интерес в данной системе представляют блоки ПУ и АД. Принципиальная схема предварительного усилителя представлена на Рис. 2.

Коэффициент усиления в данной схеме изменяется элементом, имеющим нелинейную зависимость полного сопротивления от приложенного управляющего напряжения. В качестве управляющего нелинейного элемента используется пара согласованных транзисторов VT2 и VT3 в дифференциальном включении. Регулирование коэффициента усиления осуществляется напряжением $U_{уст}$, подаваемым на базу эмиттерного повторителя, реализованного на транзисторе VT1. Изменение тока в эмиттере VT1 вызывает изменение тока через резистор R8 и соответственно через резистор R10 в цепи ОС. В результате изменяется коэффициент усиления схемы [3].

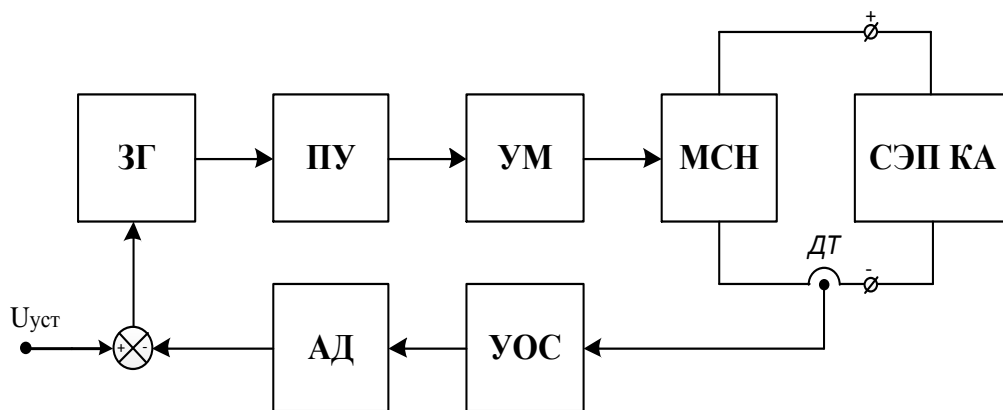


Рис. 1. Функциональная схема генератора синусоидальной нагрузки.

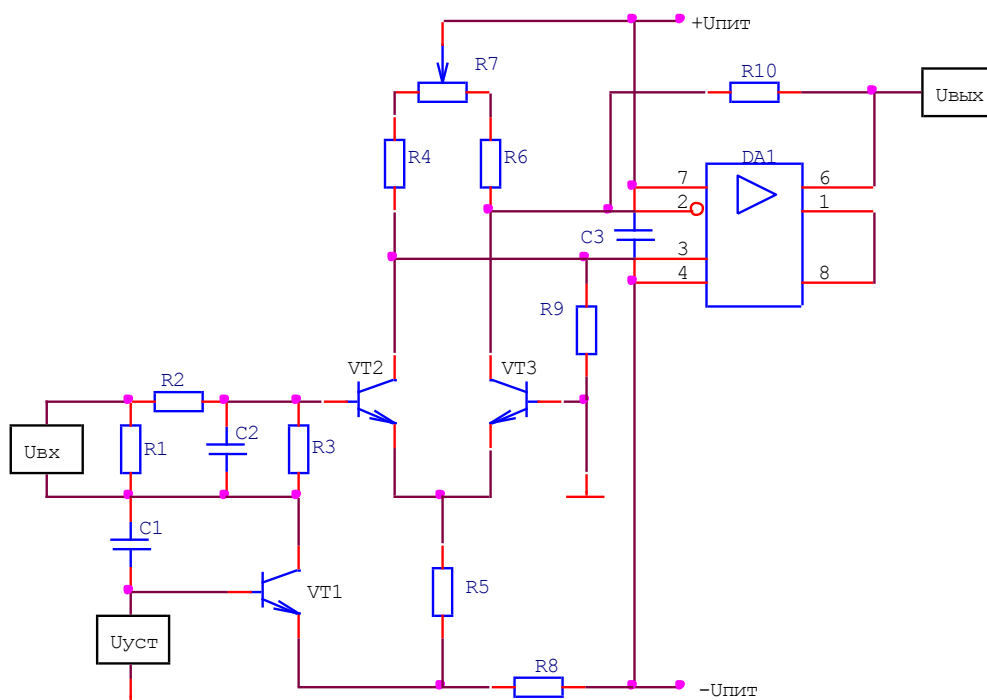


Рис. 2. Принципиальная схема предварительного усилителя.

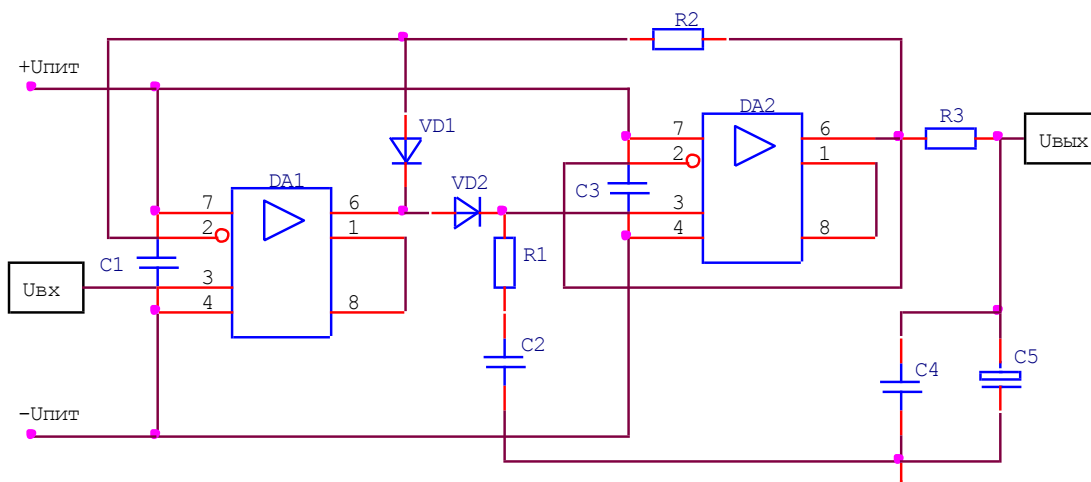


Рис. 3. Принципиальная схема амплитудного детектора.

Данная схема имеет высокую линейность, а использование в цепи базы транзистора VT2 терморезистора R3 позволяет скомпенсировать температурный дрейф в широком диапазоне температур. Частотная коррекция операционного усилителя (ОУ) осуществляется подбором корректирующего конденсатора, подключаемого к 1 и 8 контактам ОУ, в некоторых случаях эти контакты необходимо объединить. Важно отметить, что данный блок оказывает влияние на содержание высших гармоник в управляющем сигнале, коррекцию возможно произвести цепью R1, R2, C2. Принципиальная схема амплитудного детектора представлена на рис. 3.

В целом представленная схема работает как классический амплитудный детектор: при возрастании входного напряжения $U_{вх}$ оно отслеживается выходным напряжением схемы, а при уменьшении $U_{вх}$ АД переходит в режим хранения и запоминает предыдущее максимальное значение входного напряжения; это напряжение удерживается на выходе детектора в течение некоторого времени либо до появления большего сигнала на входе [4]. Для развязки C2 от нагрузки на выходе детектора включен повторитель DA2 в цепь общей ОС со входным ОУ DA1, что уменьшает дополнительную погрешность детектирования, обусловленную напряжением смещения нуля, входными токами и конечным усилением DA2. Погрешность данного АД характеризуется изменением напряжения на запоминающем конденсаторе C2 в режиме хранения. Напряжение на C2 изменяется в режиме хранения из-за протекания входных токов ОУ, токов утечки диодов и самого запоминающего конденсатора. Токи утечки конденсатора минимальны при использовании современных плёночных конденсаторов. Для уменьшения токов утечки последовательно с конденсатором C2 включен резистор R1.

Электронная осциллограмма формы тока в выходной шине СЭП КА представлена на рис. 4. В данном случае частота тока $f = 1$ кГц, амплитуда $I_m = 10$ А. Испытания, проведенные с помощью анализатора спектра, показали, что функция имеет некоторый ряд гармонических составляющих, возникающих вследствие вышеуказанных причин. Наименьшим числом высших гармоник обладает ток нагрузки в диапазоне 50 Гц – 80 кГц.

В целях увеличения точности в цепи обратной связи в качестве амплитудного детектора следует применять прецизионный двухполупериодный выпрямитель. УОС должен обладать лучшей

частотной характеристикой, для этого следует использовать современные нескорректированные операционные усилители.

Полученная система не является единственным решением такого рода задачи, но обладает рядом преимуществ, такие как, высокая стабильность в широком частотном и температурном диапазонах, низкий коэффициент гармоник, автоматическое задание режимов. К одним из недостатков следует отнести низкий КПД модулей синусоидальной нагрузки, т.к. активные потери в силовых транзисторах рассеиваются на радиаторах.

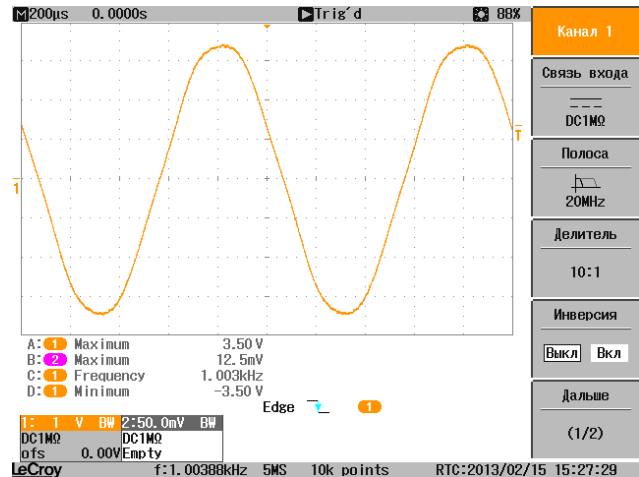


Рис. 4. Осциллограмма тока нагрузки на выходных шинах СЭП КА

Литература

1. Теоретические основы испытаний и экспериментальная обработка сложных технических систем / Л.Н. Александровская, В.И. Круглов, А.Г. Кузнецов и др.: Учеб. Пособие. – М.: Логос, 2003. – 736 с.
2. Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении: учеб. пособие / В.И. Круглов, В.И. Ершов, А.С. Чумадин, В.В. Курицына. – М.: Логос, 2011. – 432 с.: ил.
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Пер. с англ. – Изд. 6-е. – М.: Мир, 2003. – 704 с., ил.
4. Фомичев Ю. М. Электроника. Элементарная база, аналоговые и цифровые функциональные устройства: учеб. пособие / Ю.М. Фомичев, В.М. Сергеев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 275 с.

АЛГОРИМТ КАЧЕСТВА ОЦЕНКИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

А.В. Быков, М.В. Холманский, А.В. Аксенов

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет, г. Томск

E-mail: bykov_alexander@bk.ru

Введение

Объектом исследования является алгоритм качества оценки кластеризации.

Целью данной исследовательской работы является разработка приложения определяющего качество кластеризации с использованием алгоритма качества.

Для начала в своей работе хотим дать определение что такое кластеризация? Кластеризация – автоматическое разбиение элементов некоторого множества на группы в зависимости от их схожести (имеющие одинаковые элементы). Слово «кластеризация» имеет множество синонимов основными являются «таксономия», «автоматическая классификация», «обучение без учителя».

Весь процесс кластеризации зависит только от выбранного метода который всегда является итеративным. Он может стать увлекательным процессом и включать множество экспериментов, правильных построенных методов по выбору разнообразных параметров, например, меры расстояния, типа стандартизации переменных, количества кластеров и т.д. Однако эксперименты не должны быть самоцелью - ведь конечной целью кластеризации является получение содержательных сведений о структуре исследуемых данных. А именно получение результатов требующиеся для дальнейшей интерпретации, исследования и изучения свойств и характеристик объектов для возможности точного описания сформированных кластеров.

Также хотим отметить, что в результате применения разных методов кластерного анализа могут быть получены кластеры различной формы. Например, возможны кластеры "цепочного" типа, когда кластеры представлены длинными "цепочками", кластеры удлинённой формы, а некоторые методы могут создавать кластеры произвольной формы. Различные методы могут стремиться создавать кластеры определенных размеров (например, малых или крупных), либо предполагать в наборе данных наличие кластеров различного размера. Разные методы кластерного анализа особенно чувствительны к шумам или выбросам, другие - менее. В результате применения различных методов кластеризации могут быть получены неодинаковые результаты, это нормально и является особенностью работы того или иного алгоритма.

Проектирование алгоритма оценки качества.

В своей статье хотим рассмотреть алгоритм оценки качества – это алгоритм Кохонена.

Сеть Кохонена - это наверное одна из основных разновидностей нейронных сетей, которые используют неконтролируемое обучение. При таком

обучении обучающее множество состоит лишь из значений входных переменных, в процессе обучения нет сравнения выходов нейронов с эталонными значениями. Можно сказать, что такая сеть учится понимать структуру данных.

Сеть Кохонена использует следующую модель (рис. 1): сеть состоит из M нейронов, образующих прямоугольную решетку на плоскости — слой.

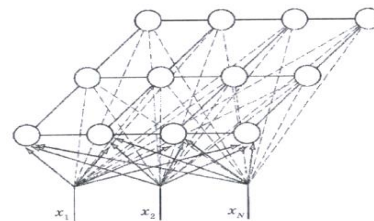


Рис. 1 - Модель сети Кохонена

К нейронам, расположенным в одном слое, представляющем собой двумерную плоскость, подходят нервные волокна, по которым поступает N -мерный входной сигнал. Каждый нейрон характеризуется своим положением в слое и весовым коэффициентом. Положение нейронов, в свою очередь, характеризуется некоторой метрикой и определяется топологией слоя, при которой соседние нейроны во время обучения влияют друг на друга сильнее, чем расположенные дальше. Каждый нейрон образует взвешенную сумму

входных сигналов с $w_{ij} > 0$, если синапсы

ускоряющие, и $w_{ij} < 0$ - если тормозящие.

Наличие связей между нейронами приводит к тому, что при возбуждении одного из них можно вычислить возбуждение остальных нейронов в слое, причем это возбуждение с увеличением расстояния от возбужденного нейрона уменьшается. Поэтому центр возникающей реакции слоя на полученное раздражение соответствует местоположению возбужденного нейрона. Изменение входного обучающего сигнала приводит к максимальному возбуждению другого нейрона и соответственно — к другой реакции слоя. Сеть Кохонена может рассматриваться как дальнейшее развитие LVQ (Learning Vector Quantization). Отличие их состоит в способах обучения.

Сеть Кохонена, в отличие от многослойной нейронной сети, очень проста; она представляет собой два слоя: входной и выходной. Элементы карты располагаются в некотором пространстве, как правило, двумерном.

Сеть Кохонена обучается методом последовательных приближений. В процессе обучения таких сетей на входы подаются данные, но сеть при этом подстраивается не под эталонное значение выхода, а под закономерности во входных данных. Начинается обучение с выбранного случайным образом выходного расположения центров.

В процессе последовательной подачи на вход сети обучающих примеров определяется наиболее схожий нейрон (тот, у которого скалярное произведение весов и поданного на вход вектора минимально). Этот нейрон объявляется победителем и является центром при подстройке весов у соседних нейронов. Такое правило обучения предполагает "соревновательное" обучение с учетом расстояния нейронов от "нейрона-победителя".

Обучение при этом заключается не в минимизации ошибки, а в подстройке весов (внутренних параметров нейронной сети) для наибольшего совпадения с входными данными.

Основной итерационный алгоритм Кохонена последовательно проходит ряд эпох, на каждой из которых обрабатывается один пример из обучающей выборки. Входные сигналы последовательно предъявляются сети, при этом желаемые выходные сигналы не определяются. После предъявления достаточного числа входных векторов синаптические веса сети становятся способны определить кластеры. Веса организуются так, что топологически близкие узлы чувствительны к похожим входным сигналам.

В результате работы алгоритма центр кластера устанавливается в определенной позиции, удовлетворительным образом кластеризующей примеры, для которых данный нейрон является "победителем". В результате обучения сети необходимо определить меру соседства нейронов, т.е. *окрестность* нейрона-победителя, которая представляет собой несколько нейронов, которые окружают нейрон-победитель.

Слой Кохонена состоит из некоторого количества n параллельно действующих линейных элементов. Все они имеют одинаковое число входов m и получают на свои входы один и тот же вектор входных сигналов $x = (x_1, \dots, x_m)$. На выходе j -го линейного элемента получаем сигнал

$$y_j = w_{j0} + \sum_{i=1}^m w_{ji} x_i$$

где w_{ji} — весовой коэффициент i -го входа j -го нейрона, w_{j0} — пороговый коэффициент.

После прохождения слоя линейных элементов сигналы посылаются на обработку по правилу «победитель забирает всё»: среди выходных сигналов y_j ищется максимальный; его номер $j_{\max} = \operatorname{argmax}_j \{y_j\}$. Окончательно,

на выходе сигнал с номером j_{\max} равен единице, остальные — нулю. Если максимум одновременно достигается для нескольких j_{\max} , то либо принимают все соответствующие сигналы равными единице, либо только первый в списке (по соглашению). «Нейроны Кохонена можно воспринимать как набор электрических лампочек, так что для любого входного вектора загорается одна из них.»

В данной работе рассмотрено только вкратце два решения из поставленных задач, которые будут рассмотрены в полной исследовательской работе:

3. Сравнение индексов оценки качества кластеризации.
4. Разработка модели качества кластеризации.

Также хочется сказать, что было рассмотрен основной и очень распространённый алгоритм качества который и будет основным алгоритмом лежащий в проектировании предметной области и написание программы для определения качества кластеризации с использованием разных алгоритмов качества.

Список использованной литературы:

1. Руденко О.Г., Бодянский Е.В. Искусственные нейронные сети – Харьков, 2005.
2. Котов А., Красильников Н. Кластеризация данных. 2006.
3. Иерархический алгоритм [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www/csee/umbc/edu/nicolas/clustering/p264-jain.pdf>, свободный

Национальный исследовательский
Томский политехнический университет

Молодёжь и современные информационные технологии

Сборник трудов
XII Международной научно-практической конференции студентов,
аспирантов и молодых учёных


Издательство Томского политехнического университета, 2014

На русском и английском языках



Tomsk Polytechnic University
Quality management system
of Tomsk Polytechnic University was certified by
NATIONAL QUALITY ASSURANCE on BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 30, Lenina Ave, Tomsk, 634050, Russia
Tel/fax: +7 (3822) 56-35-35, www.tpu.ru