

Секция 6

Общие вопросы экологии, надежности и безопасности в энергетике

УДК 621.311:621.548.005

Экспериментальные исследования ветроэлектрической установки малой мощности

П.Ю. Клюева, А.Х. Тлеуов

Казахский агротехнический университет, г. Астана, республика Казахстан
tleuov@bk.ru

Приведены результаты экспериментальных исследований ветроэлектрической установки малой мощности, изготовленной применительно к метеорологическим условиям Акмолинской области. Установлено, что экспериментальные данные достаточно согласуются с теоретическими расчетами.

Принципы использования и способы управления электрическими ВЭУ переменного тока (автономными, гибридными и сетевыми) отличаются друг от друга. В первом случае ВЭУ рассчитывают для работы изолированно на собственную электрическую сеть с целью снабжения энергией заданного потребителя; во втором — для работы параллельно с другими энергетическими установками соизмеримой мощности (дизель-генераторы, малые ГЭС и др.) на общую, ими образованную, сеть; в третьем — для работы непосредственно на электрическую сеть несоизмеримо большей мощности. Эффект несоизмеримо большей мощности здесь реализуется при отношении $N_c/N_{вэу}$ свыше 8—10, независимо от их абсолютных значений.

В установках автономного типа мощность нагрузки потребителя строго регламентируют. Она не должна превышать номинальную мощность ВЭУ. Поэтому статической перегрузки трансмиссии по моменту вращения при $v > v_p$ не будет.

Никаких специальных требований к аэродинамике ВЭУ не предъявляют. Режим постоянной частоты вращения ВК обеспечивается регулятором частоты вращения ВК, а режим переменной частоты вращения ВК - системой СГЭЭ с использованием балластного сопротивления.

На основе разработанной нами методики согласования параметров ветроэлектрической установки с метеорологическими условиями региона была рассчитана и изготовлена ветроэлектрическая установка (ВЭУ) малой мощности, расчетная скорость ветра, которой соответствует распределению скоростей ветра для условий г. Астана. Была выбрана ветроустановка с горизонтальной осью вращения и трехлопастным крыльчатым ветроколесом, которая приведена на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Монтаж ВЭУ



Рис. 2. Проведение натурного эксперимента

Ветроустановка была установлена на опору высотой 12 м на полигоне КЕГОК в г. Астане. Исследования проводились с октября 2008 по февраль 2009 года, в северной части г. Астана.

Цель исследований – получение функциональных зависимостей энергетических характеристик установки от скорости ветра.

Для определения основных характеристик ВЭУ подвергается испытаниям вхолостую и под нагрузкой. При проведении экспериментальных исследований необходимо регистрировать следующие параметры:

- выдаваемую мощность (от 0 до 2 кВт);
- напряжение (от 0 до 220 В), ток (от 0 до 10 А);

- температуру наружного воздуха (от -25 до $+35^{\circ}\text{C}$);
- скорость ветра (от 0 до 30 м/с).

Для измерения токов, напряжений и мощности применялись комплекты измерительных приборов К-51 и К-505, класс точности – 0,5.

Температура наружного воздуха фиксировалась термографом М-16, погрешность $\pm 4\%$.

Скорость ветра измеряется анемометром сигнальным цифровым М-95М-ЦМ (диапазон измеряемых скоростей 2.5-30 м/с; погрешность $\pm (0.5+0.05V)$ м/с).

Порядок испытания под нагрузкой следующий:

подключаем к ветроустановке нагрузку с включенным в цепь амперметром (рисунок 55);

при различных скоростях ветра замеряем несколько значений тока и напряжения, вычисляем мощности, вырабатываемые ветроустановкой:

Обработка и анализ полученных экспериментальных данных проводится с использованием известных методик, РТМ-44-62, ГОСТ 21563-93, ГОСТ 4.413-86, ГОСТ 20219-93.

Результаты эксперимента сведены в таблицы 1 и 2.

Таблица 1- Данные эксперимента при соединении нагрузки в треугольник

Вв- скорость ветра м/с.	U АВ напр.V	U BC напряжение V	U CA напряжение V	I, ток фазы А	I, ток фазы В	I, ток фазы С	Мощность, Вт
3,5	22,2	21,7	20	4,05	4,00	3,64	249
4	23,8	24,2	24	4,33	4,40	4,35	314
4,5	24	25	24,2	4,34	4,55	4,40	324
5	28,7	29,2	27,2	5,22	5,30	4,95	439
5,5	32,4	34,2	29,6	5,90	6,20	5,40	563
6	36,2	38,9	37	6,60	7,10	6,70	763
6,5	39,4	39,2	38,6	7,15	7,10	7,00	830
7	40	41	40,3	7,30	7,45	7,30	892
7,5	40,5	41,7	40,8	7,36	7,60	7,40	917
8	42,8	42,1	41	7,80	7,65	7,45	962
8,5	43	42	42,6	7,82	7,64	7,75	987
9	43,2	43,4	43	7,85	7,86	7,80	1016
9,5	43,5	43,8	43,5	7,90	7,95	7,90	1036
10	44,2	44	44,2	8,05	8,00	8,00	1061
10,5	45	45,3	44,3	8,20	8,24	8,05	1099
11	45,2	45,6	44,9	8,40	8,30	8,16	1125

Таблица 2 - Данные эксперимента при соединении нагрузки в звезду

Вв- скорость ветра	U АО напряжение V	U ВО напряжение V	U АО напряжение V	I, ток фазы А	I, ток фазы В	I, ток фазы С	Мощность, Вт
3,5	12,4	12	12,6	6,8	6,6	6,9	250
4	13	13,6	13,8	6,9	7,5	7,5	295
4,5	13,8	14,2	14	7,5	7,8	7,7	321
5	16,5	16,8	15,7	9,0	9,3	8,6	439
5,5	18,7	19,7	17,1	10,2	10,8	9,3	563
6	20	22,4	21,4	10,9	12,2	11,7	742
6,5	22,7	22,6	22,3	12,5	12,3	12,2	832
7	23,1	23,7	23,3	12,6	12,9	12,6	890
7,5	23,4	24,1	23,5	12,8	13,1	12,8	916
8	24,7	24,3	23,7	13,2	13,2	12,9	953
8,5	24,8	24,3	24,6	13,5	13,5	13,4	993
9	25,1	25	24,8	13,7	13,7	13,5	1019
9,5	25,5	25,3	25,1	13,9	13,8	13,7	1047
10	26,1	25,4	25,5	14,3	13,9	13,9	1080
10,5	26,3	26,1	25,6	14,3	14,3	14,0	1106
11	26,5	26,3	25,9	14,4	14,4	14,1	1126

На основании полученных экспериментальных данных построим график зависимости мощности от скорости ветра, который приведен на рис. 3.

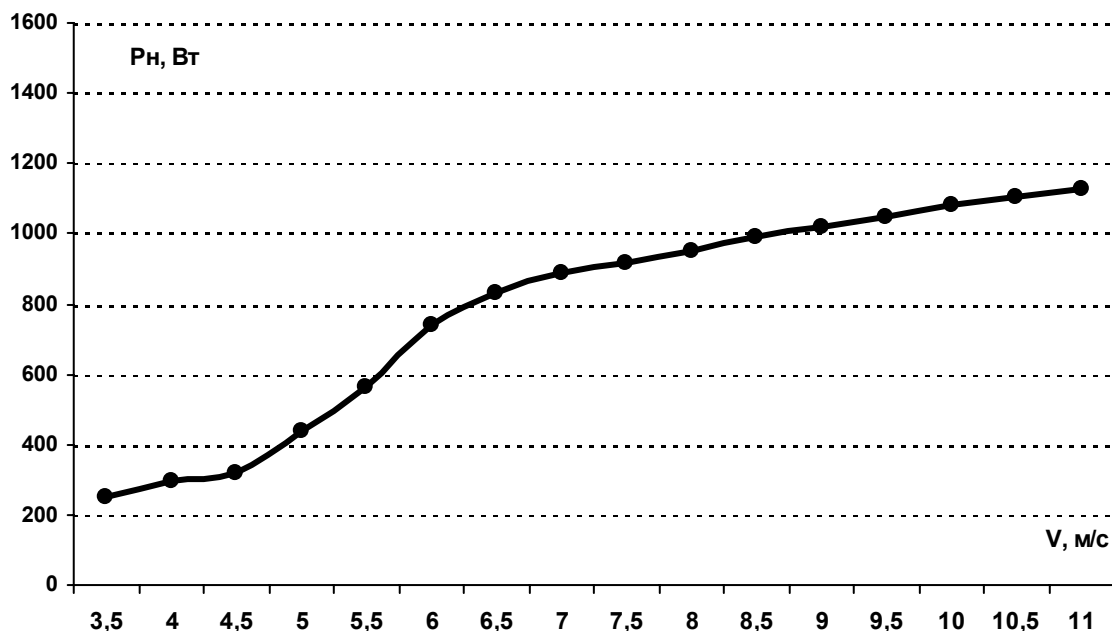


Рис. 3. Зависимость мощности ВЭУ от скорости ветра

Таким образом, можно убедиться, что при расчетной скорости ветра 8 м/с, ветроустановка способна развивать номинальную мощность.

Сравнение результатов экспериментальных исследований показали полное соответствие разработанной методики определения характеристик данным теоретического моделирования режимов работы и производительности ВЭУ.

Визуальные наблюдения также подтвердили нормальную работу системы ориентации и системы принудительного флюгирования.

УДК 621.316.72

Определение эффективного способа обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительной сети 10 кВ

А.Р. Ахметшин, А.И. Федотов

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

ahmetshin.ar@rambler.ru

В работе рассматривались технические решения для увеличения пропускной способности воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) с целью поддержания напряжения у потребителя в пределах, прописанных в нормативных требованиях (НТ). Для различных марок провода построены диаграммы зависимости передаваемой мощности от длины, которые позволяют определить процент увеличения передаваемой мощности при замене на провод с большим сечением. Для определения эффекта от компенсации реактивной мощности (КРМ) была построена диаграмма, с помощью которой можно определить процентное увеличение передаваемой мощности от степени компенсации.

Качество электрической энергии (КЭЭ) должно соответствовать установленным НТ [1], так как электроэнергия непосредственно используется при создании других видов продукции, оказывает существенное влияние на экономические показатели производства, качество выпускаемых изделий. Линии электропередачи (ЛЭП) распределительных электрических сетей (РЭС), спроектированные по нормам электропотребления 80-90-х годов, уже не обладают необходимой пропускной способностью. Отклонения напряжения за пределы допустимых значений приводят к нарушению работы и уменьшению срока службы электроприборов. В связи с этим возникает необходимость в увеличении пропускной способности ЛЭП, что обеспечит поддержание необходимого уровня напряжения у потребителя. Реконструкция РЭС связана с многомиллионными затратами, в связи с чем актуальна разработка методики выбора наилучшего варианта[2,3].

Цель работы состоит в выборе оптимального технического решения по увеличению пропускной способности для поддержания напряжения в пределах, прописанных в НТ, с минимальными денежными затратами. Возможны следующие способы увеличения пропускной способности ЛЭП:

- увеличение сечения провода;
- уменьшение передаваемой реактивной мощности;
- применение пунктов автоматического регулирования напряжения (ПАРН).

Оценку эффективности технических мероприятий по обеспечению нормативного уровня напряжения у потребителей удобно проводить, используя понятие “предельная протяженность ЛЭП”. Под ней понимается такая длина электропередачи $L_{пр}$, при которой напряжение U на вводах электроприемников не ниже минимально допустимой величины, что составляет 95%. Обычно задают требуемый уровень напряжения на шинах 0,4 кВ понижающих подстанций не ниже номинального. С учетом того, что установленные на них трансформаторы имеют устройства переключения без возбуждения в пределах $\pm 5\%$, будем далее считать, что минимально допустимый уровень напряжения на высшей стороне трансформаторов, т. е. на конце линии, составляет 9,5кВт.

По результатам расчета была построена диаграмма изменения предельной длины проводов.

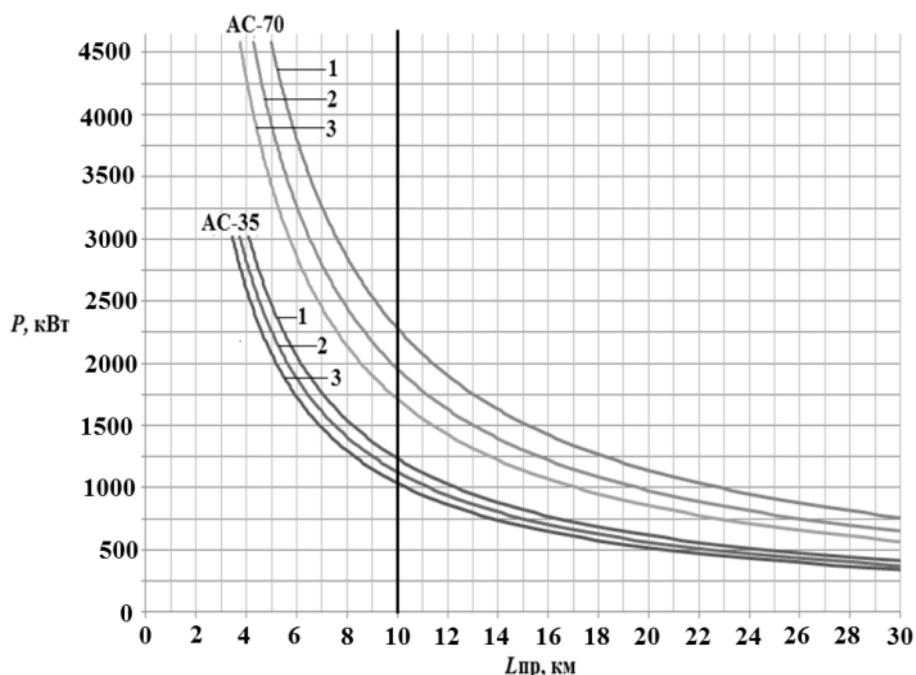


Рис. 1. Изменение пропускной способности в зависимости от марки провода (1- $\text{tg}\varphi=0$; 2- $\text{tg}\varphi=0,2$; 3- $\text{tg}\varphi=0,4$)

Из рис. 1 видно, что при уменьшении передаваемой реактивной мощности (РМ), увеличивается пропускная способность ЛЭП. В среднем при компенсации РМ до нуля для ЛЭП длиной 10 км пропускная способность увеличивается на 25,2%. Это показывает техническую целесообразность полной компенсации РМ. По шаговое изменение сечения при длине ЛЭП 10 км в среднем увеличивает пропускную способность на 44,4%. Увеличение длины провода на 1 км уменьшает пропускную способность в среднем на 5,73% причем, чем меньше сечение провода, тем больше уменьшается его пропускную способность

Также для повышения напряжения рекомендуется использовать вольтодобавочные трансформаторы (ВДТ) [4]. В настоящее время компанией ЗАО "Инновационная Энергетика" выпускаются ПАРН в состав которых входят ВДТ марки ВДТ/VR32. ПАРН предназначен для регулирования напряжения в электрических сетях 6-10 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц. В зависимости от схемы включения ПАРН в трехфазную сеть диапазон регулирования напряжения может быть $\pm 10\%$ или $\pm 15\%$ [5].

В качестве примера приведен участок районной электрической сети (рис. 2.). Протяженность линии от РП №1 до РП №2 составляет 16 км. Используются провода марки А – 35, А – 50, АС – 70 и СИП - 70. Напряжение в центре питания (РП №1) 10,5 кВ, $\text{tg}\varphi=0,4$. На рис. 2 приведены номинальные мощности понизительных подстанций 10/0,4 кВ.

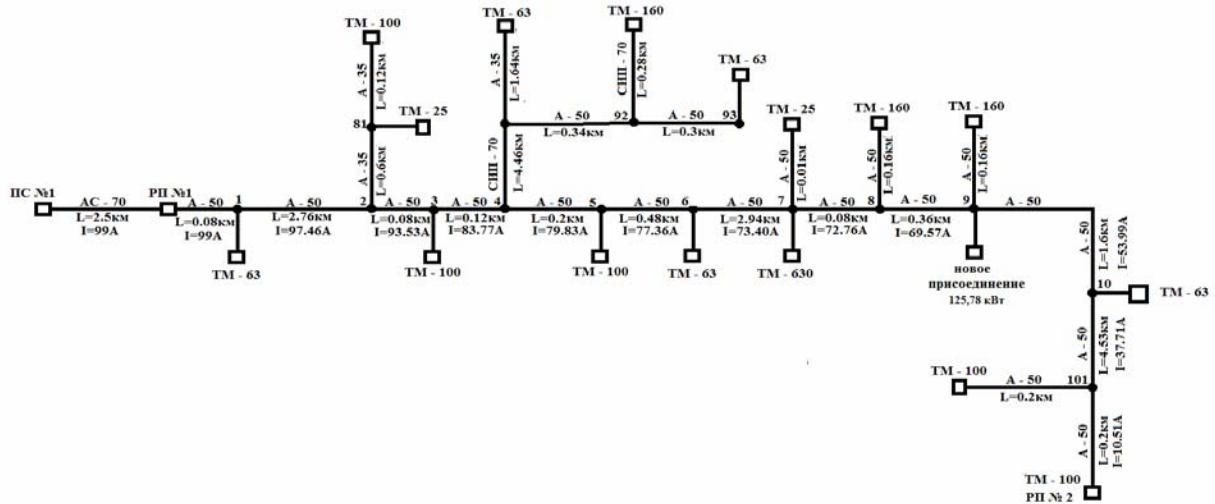


Рис.2. Однолинейная схема участка РЭС

После проведенных расчетов сделаны следующие выводы:

- компенсация реактивной мощности до нуля и реконструкция ЛЭП позволяет обеспечить необходимый уровень напряжения в конце фидера.
- установка ПАРН состоящих из двух ВДТ увеличивает напряжение на 10% в месте установки и поддерживает напряжение в конце фидера в пределах, установленных в НТ.
- установка ПАРН значительно дешевле реконструкции ЛЭП.

Список литературы:

1. ГОСТ 13109. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. Ахметшин А.Р. Увеличение пропускной способности линий электропередач в распределительных сетях 10 кВ // IV Слет молодых энергетиков Республики Башкортостан: Сборник докладов молодежной научно-технической конференции. – Уфа: Издательство “Скиф”, 2010 – 586 с., ил.
3. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие/ А.А. Герасименко, В.Т. Федин. — Ростов-н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. — 720 с. (Серия «Высшее образование»).
4. ПОЛОЖЕНИЕ о технической политике в распределительном электросетевом комплексе, Москва 2006.
5. Перинский Т.В., Родионов О.С. Опыт эксплуатации пункта автоматического регулирования напряжения в распределительных сетях 6-10 кВ // [Электро](#) – 2009 №3.

УДК 543.054

Содержание техногенных радионуклидов в воде реки Енисей в ближней зоне влияния Горно-химического комбината Росатома

Ю.В.Александрова, А.Я.Болсуновский

Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск, Россия

yuliyana_alexandrova@mail.ru, radecol@ibp.ru

Река Енисей входит в число экосистем, находящихся в зоне интенсивного техногенного радиационного загрязнения [1-5]. На правом берегу реки, в 60 км ниже по течению от г. Красноярск, расположен Горно-химический комбинат (ГХК) Росатома, многолетняя деятельность которого привела к радиоактивному загрязнению поймы реки. В реку поступают сбросы реакторного и радиохимического заводов. Вследствие этого в воде регистрируются радионуклиды, как активационного происхождения, так и осколочные радионуклиды цепной реакции. Прямые измерения содержания радионуклидов в отобранных пробах воды позволяют измерить только несколько техногенных радионуклидов. Для расширения перечня регистрируемых радионуклидов в воде необходимо применять методы концентрирования. Особенно это актуально для трансурановых элементов и ^{99}Tc , оценка содержания которых требует сложной радиохимической подготовки проб и соответствующего оборудования.

Цель работы – определение содержания техногенных радионуклидов в воде реки Енисей в ближней зоне влияния ГХК в 2008-2010 гг.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования использовали пробы воды, отобранные в р. Енисей в летне-осенний период 2008-2010 гг. вблизи сбросов ГХК и в районе с. Атаманово (на расстоянии 2 и 5 км от места поступления сбросов). Объем отбираемых проб воды

составлял до 80 л. Каждая проба разделялась на три части. Одну часть, объемом 1 л, использовали для определения содержания радионуклидов на гамма-спектрометре фирмы “Canberra” (США) с детектором из сверхчистого германия в стандартной геометрии “Маринелли” без концентрирования. Вторую часть пробы (10–75 л) использовали для определения радионуклидов на гамма-спектрометре после концентрирования пробы методом одновременного осаждения суспензии коллоидных частиц оксигидроксида Fe(III) и оксида Mn(IV) [3]. Третью часть пробы объемом от 1 до 2 л использовали для определения ^{99}Tc . После предварительной пробоподготовки измерение содержания ^{99}Tc проводили на жидкостно-сцинтилляционном спектрометре “Tri-Carb-2800” (США). Для определения химического выхода технеция использовали раствор рения, в виде перрената аммония (NH_4ReO_4). Количественное содержание Re измерялось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре “Agilent” (США) [4-5].

Содержание гамма-излучающих техногенных радионуклидов в воде реки Енисей. В таблицах 1, 2 приведены результаты измерения содержания техногенных радионуклидов в воде реки Енисей вблизи села Атаманово (2 км от места сброса ГХК) без предварительного концентрирования. Из приведенных данных следует, что в пробах воды содержатся радионуклиды активационного происхождения, такие как ^{24}Na , ^{239}Np , ^{76}As , ^{99}Mo и другие. Максимальное содержание ^{24}Na в 2008 г. составило 12400 мБк/л, ^{239}Np – 490 мБк/л. Кроме активационных радионуклидов, свидетельствующих о работе ядерного реактора ГХК, в отдельных пробах воды регистрировался долгоживущий радионуклид осколочного происхождения ^{137}Cs . В апреле 2010 г. энергетический реактор АДЭ-2, который с 1965 г. являлся основным источником теплоснабжения г. Железногорска, был остановлен. Начиная с мая 2010 г. наблюдается значительное сокращение количества регистрируемых радионуклидов в исходных образцах воды с 4–7 до 2–3 (таблица 2). Активационные радионуклиды с небольшими периодами полураспада (^{24}Na , ^{51}Cr , ^{76}As , ^{99}Mo , ^{239}Np и др.) в этот период в исходных образцах воды не регистрируются. После проведения концентрирования радионуклидов в воде осаждением $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и MnO_2 перечень регистрируемых радионуклидов существенно возрастает с 4–7 до 7–14 (таблица 3). Данная методика позволяет эффективно выделить ряд радионуклидов, находящихся в растворенной форме в следовых количествах. Эффект концентрирования достоверно проявился на примере ^{239}Np и других трансурановых элементов. Так в исходной пробе содержание ^{239}Np изменялось в разные периоды 2008 г. от 304 до 490 мБк/л, а после концентрирования – 261–390 мБк/л, т.е. практически совпадает. Однако для некоторых радионуклидов, например для ^{137}Cs , использованный метод концентрирования не работает.

Таблица 1. Содержание радионуклидов в пробах воды р. Енисей, район с. Атаманово (исходная проба, без концентрирования), 2008 г

Радионуклид	Содержание радионуклида, мБк/л			
	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
^{24}Na	12400±500	6500±300	11200±400	17900±700
^{51}Cr	-	-	590±170	-
^{54}Mn	91±30	115±25	-	-
^{60}Co	-	-	-	90±50
^{65}Zn	-	-	-	207±75
^{76}As	86±73	153±76	176±73	363±96
^{85}Sr	-	67±14	-	-
^{99}Mo	105±19	75±17	-	83±21
^{137}Cs	62±25	32±22	-	52±31
^{239}Np	490±40	343±38	304±43	305±42

Таблица 2. Содержание радионуклидов в пробах воды р. Енисей, район с. Атаманово (исходная проба, без концентрирования), 2010 г

Радионуклид	Содержание радионуклида, мБк/л					
	Апрель	Май	Июнь	Август	Сентябрь	Октябрь
^{24}Na	7950±350	-	-	-	-	-
^{46}Sc	-	23±13	-	-	-	-
^{54}Mn	-	-	-	51±17	-	-
^{60}Co	-	-	-	53±14	-	-
^{65}Zn	-	-	-	-	-	96±41
^{76}As	320±160	-	-	-	-	-
^{85}Sr	-	82±20	90±21	-	-	51±18
^{103}Ru	-	54±17	-	-	54±17	-
^{106}Ru	-	-	-	-	-	440±160
^{124}Sb	72±19	-	-	-	-	-
^{137}Cs	39±32	-	82±28	61±52	68±65	-
^{141}Ce	61±25	-	141±43	-	-	-
^{239}Np	275±47	-	-	-	-	-

Таблица 3. Содержание радионуклидов в пробах воды р. Енисей вблизи с. Атаманово (после концентрирования), 2008 г

Радионуклид	Содержание радионуклида, мБк/л			
	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
²⁴ Na	-	-	70±25	70±50
⁴⁶ Sc	-	4±1	2±0.7	3.3±0.5
⁵¹ Cr	37±13	82±12	57±9	61±8
⁵⁴ Mn	1.8±0.7	-	-	-
⁶⁰ Co	6±1	6±2	2±1	7±2
⁶⁵ Zn	3±1	-	5±2	-
⁷⁶ As	107±80	-	103±15	131±15
⁸⁵ Sr	-	13±2	2±0.8	-
⁹⁹ Mo	8±4	-	-	4±1
¹⁰³ Ru	-	-	2.1±0.8	-
¹⁰⁶ Ru	-	-	6.4±6.1	-
¹²⁴ Sb	-	-	1.7±0.6	-
¹³¹ I	2±1	-	2.3±0.9	-
¹³⁷ Cs	0.7±0.5	-	1.5±1.3	-
¹⁴⁰ La	-	-	5.6±1.8	-
²³⁹ Np	390±20	310±10	261±7	265±7

Содержание ⁹⁹Tc в воде реки Енисей. Из результатов, представленных в таблице 4 видно, что содержание ⁹⁹Tc в пробах воды, отобранных в р. Енисей вблизи сбросов ГХК в 2008 г. варьировало от 19 до 33 мБк/л. На расстоянии 2 км ниже по течению от сбросов (в районе с. Атаманово) содержание ⁹⁹Tc уменьшилось более чем в 2 раза и составило 7–12 мБк/л. Химический выход составил 72–83 %.

В 2009 г. исследования по определению содержания ⁹⁹Tc в воде р. Енисей были продолжены. Максимальная дальность отбора проб от места поступления сбросов составила 15 км ниже по течению (район д. Большой Балчуг). Наибольшее содержание ⁹⁹Tc в 2009 г. вблизи сброса ГХК – 31 мБк/л, что близко по значению к максимальному содержанию ⁹⁹Tc для этого района в 2008 г. (33 мБк/л). С удалением от места сброса на 2 км содержание в воде ⁹⁹Tc в 2009 г. снижается до 12 мБк/л, что также близко к данным 2008 г. (12.5 мБк/л). На расстоянии 5 и 15 км от места сброса содержание ⁹⁹Tc составило только 1.4–1.7 мБк/л, т.е. уменьшилось почти в 20 раз. Зарегистрированные нами близкие значения ⁹⁹Tc на расстоянии 5 и 15 км могут быть вызваны неоднородным характером распределения сбросной воды в реке по мере удаления от места сброса ГХК.

Таблица 4. Результаты определения ⁹⁹Tc в пробах воды р. Енисей (июль – октябрь 2008 г.)

Месяц отбора	Вблизи сброса ГХК		с. Атаманово (коса), 2 км от сброса	
	Содержание ⁹⁹ Tc, мБк/л	Химический выход, %	Содержание ⁹⁹ Tc, мБк/л	Химический выход, %
Июль	19.2±2.7	83	9.5±2.2	72
Август	33.5±3.3	83	10±2.8	74
Сентябрь	28±2.8	82	12.5±3.6	73
Октябрь	29±2.5	83	7.5±2	73

В зависимости от окислительно-восстановительных условий, солевого состава водной среды и ряда физико-химических факторов, ⁹⁹Tc в окружающей среде может существовать в двух стабильных состояниях в виде Tc(VII), который образует пертехнетат-ион (TcO₄⁻), и Tc(IV). Технеций в виде пертехнетата обладает высокой растворимостью и может распространяться в водных источниках на значительные расстояния. Для подтверждения того, что ⁹⁹Tc в воде р. Енисей существует в виде пертехнетата, было проведено сравнение его содержания в исходных пробах воды и в пробах воды, отфильтрованных через мембранный фильтр с диаметром пор 0.2 мкм. Результаты измерений показали, что концентрация ⁹⁹Tc в фильтрованных пробах вблизи сброса ГХК составила 30±6 мБк/л, в районе с. Атаманово – 14±2.5 мБк/л. Содержание технеция в исходных нефильтрованных пробах вблизи сброса составило 31±7 мБк/л, на расстоянии 2 км ниже по течению – 12±2.4 мБк/л. Из представленных результатов следует, что содержание ⁹⁹Tc в фильтрованных и нефильтрованных образцах воды практически не отличаются. Следовательно, ⁹⁹Tc не сорбируется в значимой степени на взвешенном веществе после попадания в реку, а его перенос в большей степени осуществляется в виде пертехнетат-иона (TcO₄⁻) [4-5].

Заключение. В результате проведенных исследований были зарегистрированы техногенные радионуклиды в воде р. Енисей вблизи ГХК, что свидетельствует о поступлении в р. Енисей сбросов реакторного и радиохимического производств. Применение методики концентрирования радионуклидов в воде осаждением Fe(OH)₃ и MnO₂ позволяет значительно увеличить перечень определяемых техногенных радионуклидов в воде. Зарегистрировано уменьшение количества техногенных радионуклидов поступающих в реку после остановки реактора ГХК в апреле 2010 г.

Впервые получены данные по содержанию ^{99}Tc в воде реки Енисей. В 2008-2009 гг. максимальное содержание ^{99}Tc было зарегистрировано вблизи сбросов ГХК и составило 33 мБк/л. По мере удаления от ГХК по течению реки содержание ^{99}Tc уменьшается: на расстоянии 2 км ниже по течению от сбросов ГХК – 12 мБк/л; на расстоянии 15 км – около 2 мБк/л. Исследования фильтрованных проб воды р. Енисей показали, что технеций в воде р. Енисей существует в виде пертехнетат-иона (TcO_4^-).

Список литературы:

6. Болсуновский А.Я., Ермаков А.И., Мясоедов Б.Ф. и др. Новые данные по содержанию трансураниевых элементов в донных отложениях реки Енисей // Доклады Академии наук. – 2002. – Т. 387. – № 2. – С. 233–236.
7. Bolsunovsky A., Ermakov A. and Sobolev A. New data on transuranium elements in the ecosystem of the Yenisei river floodplain // Radiochim. Acta. – 2007. – V. 95. – № 9. – P. 547–552.
8. Бондарева Л.Г., Болсуновский А.Я., Трапезников А.В. Использование новой методики концентрирования трансураниевых элементов в пробах воды реки Енисей // Доклады Академии наук. – 2008. – Т. 423. – №4. – С. 479–482.
9. Болсуновский А.Я., Александрова Ю.В., Дегерменджи А.Г. Первые данные по содержанию технеция-99 в экосистеме реки Енисей // Доклады Академии Наук. – 2010. – Т. 434. – №2. – С. 221–223.
10. Болсуновский А.Я., Александрова Ю.В. Использование методов концентрирования для определения технеция и других техногенных радионуклидов в воде реки Енисей // Материалы VI международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде». – Семей Казахстан, 2010. – Т. 2. – С. 196–199.

Обобщенная модель эволюции жидко-капельного облака аэрозоля в атмосфере

В.А. Архипов, А.П. Березиков, А.С. Ткаченко***

НИИ прикладной математики и механики Томского государственного университета, г. Томск, Россия

**Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

***Томский государственный педагогический университет, г. Томск, Россия*

leva@niipmm.tsu.ru

Представлена обобщенная модель распространения и эволюции жидко-капельного облака, образующегося при аварийном сбросе авиационного топлива с учетом взаимодействия со спутным потоком. Проведены оценки предельных высот сброса, которые позволяют избежать загрязнения поверхности земли неиспарившимся керосином, а также массы керосина, выпавшего на поверхность для климатических условий Западно-Сибирского региона.

При нештатных ситуациях, возникающих на борту самолета, для снижения возможных рисков практикуется сброс топлива из заправочных емкостей перед аварийной посадкой. Масса сбрасываемого авиационного топлива, в качестве которого используется преимущественно керосин, может составлять десятки тонн. В частности, из-за аварийной ситуации на борту топливозаправщика ВВС США 23.06.2008 было сброшено около 30 т. горючего на юге Республики Кыргызстан [1]. В процессе принудительного выдавливания из топливных баков керосин попадает в окружающую атмосферу и рассеивается в ней. При этом часть топлива испаряется, загрязняя атмосферу, а неиспарившиеся капли выпадают на поверхность земли.

Для оценки степени загрязнения окружающей среды, минимизации негативных последствий и выбора высоты аварийного сброса авиационного топлива необходимо проведение расчетов поведения в атмосфере аэрозольного облака капель керосина. В работе представлена обобщенная модель указанных процессов с максимальным учетом физических факторов, процессов и явлений, сопровождающих распространение аэрозольного облака. При проведении расчетов в качестве базовой была принята модель [2, 3], в соответствии с которой предполагалось, что на каждую каплю в аэрозольном облаке действует сила тяжести, ветровая нагрузка и сила аэродинамического сопротивления. Между каплей и окружающим воздухом происходит процесс теплообмена, в результате чего температура капли изменяется во времени. Кроме того, капля испаряется, и при этом уменьшается ее объем. Процесс испарения также вносит вклад в теплообмен за счет теплоты фазового перехода. Полная система уравнений включает векторное уравнение движения капли, уравнение теплового баланса и уравнение для изменения размера капли за счет ее испарения.

$$\begin{cases} \frac{du_s}{dt} = \phi(u - u_s), \quad \frac{dv_s}{dt} = \phi(v - v_s), \quad \frac{dw_s}{dt} = \phi(w - w_s) + g, \\ \frac{dT_s}{dt} = \frac{3}{2} \frac{\lambda}{r_s^2 \rho_s c_p} \text{Nu}(T - T_s) \frac{q_{\text{vap}} m_{\text{vap}}}{m_s c_p}, \quad \frac{dr_s}{dt} = -\frac{k}{\rho_s} \frac{p - p_0}{p - p_0}, \\ \frac{dx}{dt} = u_s, \quad \frac{dy}{dt} = v_s, \quad \frac{dz}{dt} = w_s, \end{cases}$$

где u_s, v_s, w_s – компоненты вектора скорости капли \vec{U}_s ; u, v, w – компоненты вектора скорости ветра \vec{U} ; $\phi = \frac{3\rho}{8\rho_s r_s} C_D |\vec{U} - \vec{U}_s|$ – безразмерный комплекс; ρ – плотность воздуха; ρ_s – плотность жидкости; C_D – коэффициент сопротивления; r_s – радиус капли; g – ускорение свободного падения; T – абсолютная температура воздуха; T_s – температура капли (осредненная по объему); λ – коэффициент теплопроводности воздуха; c_p – удельная теплоемкость жидкости; $\text{Nu} = 2 + 0.6\text{Re}^{1/2} \text{Pr}^{1/3}$ – число Нуссельта; $\text{Re} = 2\rho |\vec{U} - \vec{U}_s| r_s / \mu$ – число Рейнольдса относительного движения; Pr – число Прандтля; q_{vap} – удельная теплота испарения жидкости; m_{vap} – масса испарившейся жидкости; m_s – масса капли; k – коэффициент массоотдачи; p – давление окружающей среды; p_0 – парциальное давление пара.

Учет дробления капель за счет неустойчивости Рэлея–Тейлора или Кельвина–Гельмгольца проводился путем расчета значений чисел Бонда $\text{Bo} = \rho_s \omega D^2 / \sigma$ (где ω – ускорение массовых сил) и Вебера $\text{We} = \rho |\vec{U} - \vec{U}_s|^2 D / \sigma$, соответственно [4]. Предполагалось, что при достижении критического значения числа Бонда $\text{Bo}_* = 90$ или критического значения числа Вебера $\text{We}_* = 17$ капля дробится на две сферические капли равной массы [5].

Для учета начальных параметров облака капель в условиях аварийного сброса модель дополнена учетом того факта, что сливаемое топливо вначале попадает в спутный поток воздуха, увлекаемый крылом самолета, так называемый «след», и в первый момент капли топлива и воздух имеют одну и ту же скорость. Полуширина следа за крылом самолета оценивалась согласно [6]:

$$\delta \approx \left(\frac{Fx}{\rho u_p^2} \right)^{1/3},$$

где F – подъемная сила крыла. Кроме того, в расчетах учитывалось, что дробление капель происходит не мгновенно, а через характерное время [4, 8]

$$t_* = \frac{2r_s}{|\vec{U} - \vec{U}_s|} \left(\frac{\rho_s}{\rho} \right)^{1/2}.$$

При численном интегрировании системы дифференциальных уравнений, необходимо выполнять условие, налагаемое на величину шага интегрирования: $\Delta t < t_*$. Кроме того, при реализации алгоритма решения следует соблюдать условие: после очередного дробления следующее дробление может наступить только через промежуток времени t_* даже при наличии превышения числа Вебера критического значения.

Капля керосина в первоначальный момент находится вблизи кромки крыла в центре следа и имеет такую же скорость по горизонтали, как самолет и увлекаемый крылом воздух в следе. Под действие м силы тяжести она падает вниз и движется в горизонтальном направлении, увлекаемая воздухом, скорость которого уменьшается к границе следа до скорости ветра (за границей следа находится невозмущенный воздух). Профиль скорости воздуха в следе описывается уравнением [7]:

$$\frac{u_0}{u_p} = (1 - \eta^{3/2})^2,$$

где u_0 – скорость воздуха в следе в неподвижной системе координат; $\eta = y/\delta$; y – расстояние от оси следа. Таким образом, при $\eta=0$ (на оси следа) скорость воздуха в следе максимальна $u_0 = u_p$ и падает до скорости ветра на границе следа ($\eta=1$).

С использованием данной обобщенной модели проведена оценка оптимальной высоты (высоты, необходимой для полного испарения капли) аварийного сброса h_* керосина для Западно-Сибирского региона. Расчеты этой высоты проводились для данного конкретного месяца, осредненные по времени распределения параметров атмосферы брались из [8]. На рис. 1 приведены распределения температуры воздуха по высоте h для всех месяцев года. На рис. 1 и таблице введены обозначения месяцев январь, февраль,... цифрами 1, 2,....

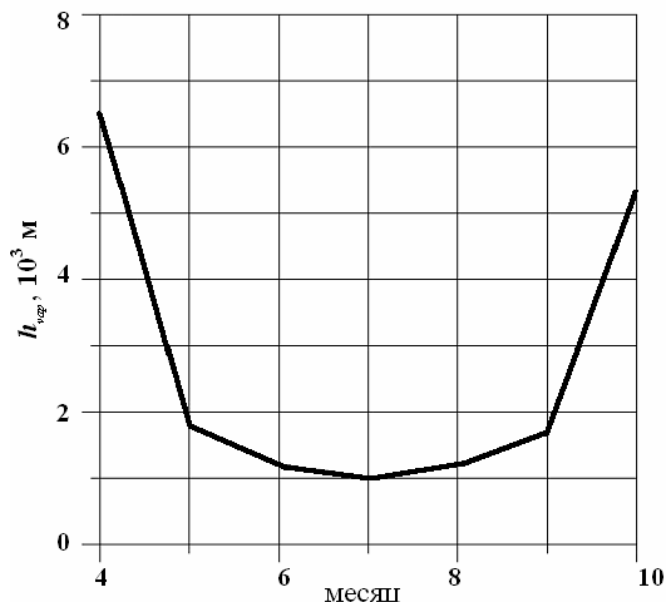


Рис. 1. Высота полного испарения капель керосина для различных месяцев

В наиболее жаркий месяц (июль) оптимальная высота сброса h_* равна 1000 м. В другие месяцы эта высота больше. В октябре высота оптимального сброса составляет 5350 м, в апреле – 6500 м. В остальные месяцы при сбросе с любой высоты весь керосин не успевает испариться. Проведены оценки доли топлива, выпавшего на поверхность земли, для каждого из этих месяцев. В таблице приведены доли массы испарившегося керосина m_{vap} и доли m_k топлива, выпавшего на поверхность земли в холодные месяцы.

Таблица 1. Оценки доли топлива, выпавшего на поверхность земли

	месяц				
	1	2	3	11	12
$m_{vap}, \%$	50.9	51.2	73.9	72.3	61.6
$m_k, \%$	49.1	49.8	26.1	17.7	38.4

Из таблицы видно, что в наиболее холодные месяцы (январь и февраль) около половины сброшенного топлива попадет на поверхность земли.

Скорость самолета, при которой происходит аварийный слив топлива, существенно влияет на величину скорости капли относительно воздуха, которая входит в число Вебера, лимитирующего дробление капли за счет аэродинамических сил. Результаты расчетов показывают, что увеличение скорости капли приведет к более интенсивному дроблению капель и, следовательно, к более раннему испарению.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что основными факторами, влияющими на величину предельных высот и загрязнение почвы жидким керосином, является температура окружающей среды и скорость самолета.

Список литературы:

11. http://www.gazeta.ru/news/lenta/2008/06/23/n_1234452.shtml
12. Архипов В.А., Березиков А.П., Козлов Е.А., Матвиенко Е.А., Ткаченко А.С., Трофимов В.Ф., Шереметьева У.М. Моделирование распространения аэрозольного облака при выбросе жидких ракетных топлив в атмосферу // Оптика атмосферы и океана. 2004. Т. 17. № 5-6. С. 488-493.
13. Адам А.М., Архипов В.А., Бурков В.А., Плеханов И.Г., Ткаченко А.С. Влияние метеорологических условий на распространение аэрозольного облака жидких ракетных топлив // Оптика атмосферы и океана. 2008. Т. 21. № 6. С. 504-509.
14. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. 1. М.: Наука. 1987. – 464 с.

15. Васенин И.М., Архипов В.А., Бутов В.Г., Глазунов А.А., Трофимов В.Ф. Газовая динамика двухфазных течений в соплах. Томск: Изд-во Том. ун-та. 1986.–262 с.
16. Ландау Л. Д. Теоретическая физика: Учебное пособие. Т. 6. Гидродинамика. М.: Наука. 1986.–736 с.
17. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. М.: Наука. 1984. –717 с.
18. Новый аэроклиматический справочник свободной атмосферы над СССР. Т.1. М.: Гидрометеиздат. 1979.

Оценка смачиваемости порошковых материалов по измерениям краевого угла

В.А. Архипов, Д.Ю. Палеев¹, В.Ф. Трофимов², А.С. Усанина²

НИИ прикладной математики и механики Томского государственного университета, г. Томск, Россия

¹*Институт угля СО РАН г. Кемерово, г. Кемерово, Россия*

²*Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

leva@niipmm.tsu.ru

Представлены метод и результаты экспериментального исследования смачиваемости порошковых материалов. Проведен анализ существующих способов определения смачиваемости порошков. Экспериментальное исследование по определению меры смачиваемости проведено на примере образцов угля.

Явление смачиваемости наблюдается при соприкосновении жидкости с поверхностью твердого тела. Благодаря этому явлению жидкость может растекаться по поверхности тела в виде тонкой пленки или собираться на ней в виде капли. Физика процесса смачивания объясняется двумя механизмами – межмолекулярным взаимодействием на линии контакта трех фаз (твердое тело – газ – жидкость) или образованием химических соединений твердых растворов, в частности, при взаимодействии жидких металлов с твердыми телами [1].

Явление смачивания имеет важное значение при решении ряда технологических задач, таких как отделение минералов от пустых пород в процессе флотации при обогащении полезных ископаемых, гидроподавление пыли, в задачах химической технологии и т.д. Эффективность данных технологических процессов определяется гидрофобностью или гидрофильностью частиц порошка. В частности, для эффективного процесса флотации при обогащении угля, необходимо обеспечить гидрофобную поверхность угольных частиц. Гидрофобные частицы угля захватываются воздушными пузырьками, которые образуются в нижней части флотационного резервуара, и, вследствие того, что силы поверхностного натяжения стремятся выровнять уровень жидкости, всплывают с ними на поверхность. Гидрофильные частицы не прилипают к пузырькам и оседают на дне.

С целью повышения эффективности пылеподавления в шахтах с целью предупреждения взрыва необходимо, чтобы поверхность пылевых частиц угля была гидрофильной. В результате контакта частицы с каплей жидкости образуется межфазная поверхность контакта, которая имеет большое значение при расчете эффективности процесса гидрообеспыливания. Для смачиваемых (гидрофильных) частиц при столкновении с каплей происходит «обволакивание» частицы жидкостью и, тем самым, ее удаление из воздушного потока. Для улавливания гидрофобных частиц необходимо, чтобы кинетическая энергия превышала работу преодоления сил поверхностного натяжения. Это условие осуществляется только при больших скоростях соударения. В противном случае, при столкновении частицы с каплей, она отскакивает от нее.

Мерой смачивания обычно служит угол смачивания (краевой угол) θ . При малых углах смачивания жидкость растекается в виде пленки и при $\theta \rightarrow 0$ имеет место полное смачивание (пленка покрывает всю поверхность). И, наоборот, если $\theta \rightarrow 2\pi$, то имеет место полное несмачивание (жидкость собирается в каплю). Теоретическое значение равновесного краевого угла определяется формулой Дюпре-Юнга [1]

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{ТГ} - \sigma_{ТЖ}}{\sigma_{ЖГ}},$$

согласно которой величина краевого угла θ зависит только от природы веществ, участвующих в смачивании, то есть от коэффициентов поверхностного натяжения $\sigma_{ТГ}$, $\sigma_{ЖГ}$, $\sigma_{ТЖ}$ на соответствующих границах раздела. Однако при экспериментальном исследовании краевого угла смачиваемости необходимо учитывать ряд дополнительных факторов.

Одним из проблемных вопросов является определение смачивания порошковых материалов, для которых прямое измерение краевого угла представляет значительные трудности. В связи со сложностью прямого экспериментального исследования взаимодействия мелкой частицы порошка с каплей жидкости, используются различные косвенные методы [2-4]. К косвенным методам определения смачиваемости порошков относятся метод пленочной флотации; метод капиллярного впитывания; метод

просачивания жидкости; гравиметрический метод; «метод центрифугирования». Первые два метода позволяют получить лишь качественную оценку смачиваемости, не связанную непосредственно с краевым углом, и не позволяют определить влияние формы и размеров частиц на изменение их смачиваемости. Количественную оценку меры смачиваемости мелких частиц порошка дают последние три метода. Однако их недостатком является невозможность строгого определения параметров и констант, входящих в выражение для расчета краевого угла. Поэтому эти методы рекомендуется использовать в качестве приближенной оценки меры смачиваемости порошка.

В настоящей работе рассмотрен метод оценки смачиваемости угольной поверхности дистиллированной водой по измерениям краевого угла θ для прессованных образцов порошковых материалов. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1.

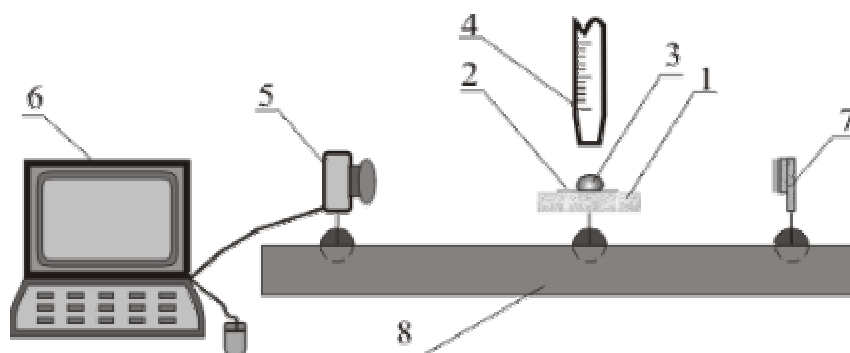


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – юстировочный столик; 2 – подложка; 3 – капля; 4 – капилляр; 5 – скоростная видеокамера; 6 – компьютер; 7 – система подсветки; 8 – оптическая скамья

Для шлифования образцов использовали наждачную бумагу «0» и более мелкую «00». Перед прессованием уголь измельчали до порошкообразного состояния, пропуская его через сито с размером ячеек 100 мкм (рис. 2). Получена функция распределения частиц порошка угля по размерам; среднемассовый диаметр D_{43} частиц составляет 25.5 мкм (рис. 3) Перед прессованием проводились измерения плотности угля. Плотность измерялась по вытесненному объему жидкости. Из измерений плотности угля определялась масса навески угольного порошка для прессования, которая составляет 10 г. Методом глухого прессования при давлении 700 кГ были приготовлены цилиндрические таблетки диаметром 20 мм и высотой 5 мм.

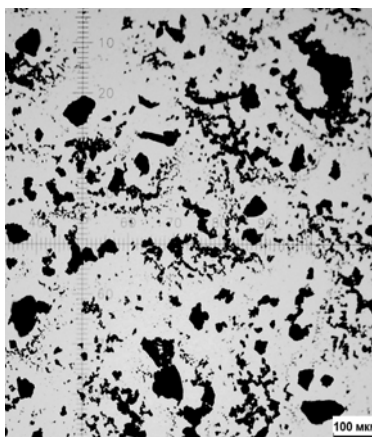


Рис. 2. Фотография частиц угольного порошка

Качественная картина растекания капли воды на образце угля имеет колебательный характер (рис. 4). В процессе установления равновесной формы капли наблюдаются затухающие колебания высоты капли и динамического краевого угла.

На прессованном образце угольного порошка значение краевого угла варьировалось в диапазоне $\theta = 83^\circ \div 117^\circ$, а на шлифованном – $\theta = 83^\circ \div 93.5^\circ$. Большой разброс в значении краевого угла свидетельствует о том, что на величину θ существенное влияние оказывает способ приготовления образца. Эти результаты качественно согласуются с литературными данными [5]. Поэтому необходимы дополнительные исследования по изучению влияния способа приготовления рабочей поверхности на значение угла смачивания.

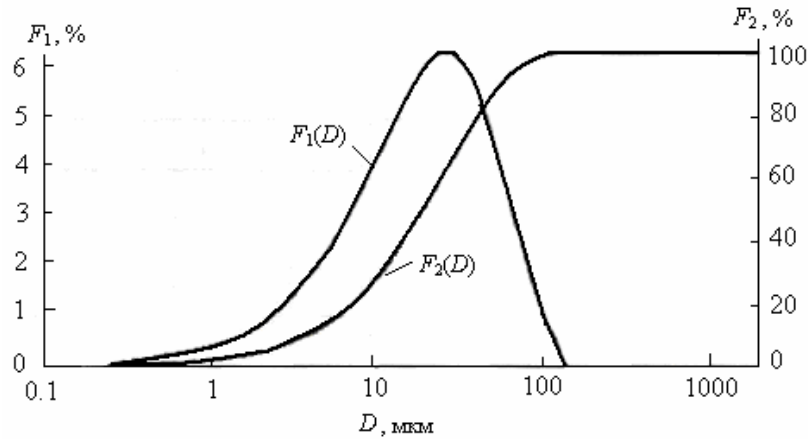


Рис. 3. Дифференциальная $F_1(D)$ и интегральная $F_2(D)$ функции распределения частиц угольного порошка по размерам

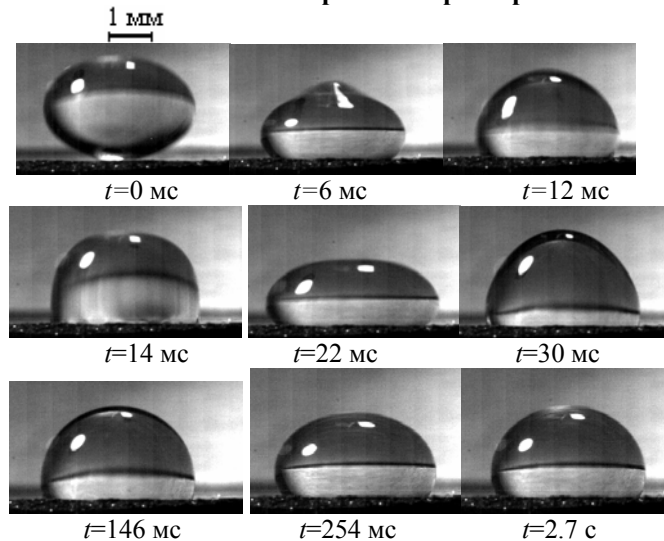


Рис. 4. Характерная картина растекания капли дистиллированной воды на прессованном образце угля

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-08-00064а) и в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы при поддержке государственного контракта П474 от 04.08.2009г «Создание и переработка высокоэнергетических наполненных полимерных композиций».

Список литературы:

19. Сумм Б.Д. Гистерезис смачивания // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – № 7. – С. 98-102.
20. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. – М.: Стройиздат, 1981. – 296 с.
21. Биргер М.И., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И. Справочник по пыле- и золоулавливанию. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.
22. Chander S., Hogg R. Fuerstenau D.W. Characterization of the Wetting and Dewetting Behavior of Powders // KONA. – 2007. – № 25. – P. 56-75.
23. Toshiaki Murata. Wettability of coal estimated from the contact angle // Fuel. – 1981. – Vol. 60. – P. 744-746.

Разработка и моделирование алгоритмов работы устройства адаптивной синхронизации генераторов и частей электроэнергетических систем

Н.А. Беляев, Ю.В. Хрущёв

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

I_am@sibmail.com

Одно из направлений развития электроэнергетики составляет разработка и совершенствование систем автоматического управления процессами электроэнергетических систем (ЭЭС). К ним в

частности относятся устройства точной автоматической синхронизации генераторов и частей ЭЭС. Совершенствование таких устройств предполагает снижение продолжительности процедуры синхронизации и повышение качества сопровождающих переходных процессов.

Общим недостатком существующих систем синхронизации является отсутствие формализованной процедуры перевода используемых параметров состояния генераторов и частей ЭЭС к необходимым для точной синхронизации значениям. Вследствие чего используются такие действия, как подгонка и ожидание, которые по своему существу вносят неопределённость в задачи повышения точности и уменьшения длительности достижения конечных значений используемых для точной синхронизации режимных параметров [1,2]. Так, например паспортное время включения на параллельную работу для синхронизатора СПРИНТ-М варьируется от 1 до 30 минут, для синхронизатора SYNCHROFACT от 0,5 до 15 минут [3, 4].

Более эффективным для решения этой и других задач автоматического управления представляется подход, развиваемый в Томском политехническом университете. Суть этого подхода заключается в приложении методов автоматического управления программным движением объектов [5], к задачам автоматического управления динамическими переходами электроэнергетических систем [6] в том числе и к задаче синтеза адаптивных синхронизаторов энергосистем.

Устройство адаптивной синхронизации – это микропроцессорное устройство, способное в ходе реального времени анализировать результаты текущих измерений, формировать на их основе программные (желаемые) траектории движения (ПТД) синхронизируемых объектов, формировать законы управления, обеспечивающие движение в некоторой окрестности ПТД и корректировать, при необходимости, параметры ПТД в соответствии с результатами измерений и анализа. При этом ПТД может рассматриваться как эталонная модель движения синхронизируемого объекта, доставляющая параметрам синхронизации необходимые конечные значения. Свойство адаптивности формируемых в данном случае законов управления означает, что необходимые конечные значения параметров синхронизации с заданной точностью достигаются при наличии неопределённых внешних возмущений и неполной информации о свойствах и условиях функционирования синхронизируемых объектов [5].

Параметрами синхронизации генератора с сетью в рассматриваемой задаче являются параметры напряжений генератора $\underline{U}_Г$ и сети $\underline{U}_С$: относительное ускорение $\alpha = \alpha_{UГ} - \alpha_{UС}$, относительная скорость $v = \omega_{UГ} - \omega_{UС}$ и относительное значение угла $\delta = \delta_{UГ} - \delta_{UС}$. Цель построения ПТД состоит в том, чтобы в течение интервала управления (к моменту $t=t_T$ на рисунке 1) она обеспечивала плавный переход всех обозначенных компонентов к нулевым значениям: $\delta_{pT} = 0$; $v_{pT} = 0$; $\alpha_{pT} = 0$.

Основным управляющим воздействием применительно к задаче синхронизации генератора с сетью является изменение мощности турбины (P_T), через которую может быть выражено относительное ускорение на основании уравнения движения ротора генератора:

$$\alpha = \frac{(P_T - P)\omega}{T_j},$$

где T_j – постоянная инерции ротора (с), ω – угловая скорость (рад/с), P – мощность генератора(о.е.).

На основе проведённых исследований и с учётом ограничений, вводимых реальными устройствами воздействия на турбину, в настоящее время выделено два наиболее перспективных алгоритма построения ПТД: алгоритм равноускоренного движения (рис. 1, а) и алгоритм равномерно ускоренного движения (рис. 1, б).

Алгоритм равноускоренного движения предполагает обеспечение постоянного относительного ускорения на всём интервале управления. В конце интервала управления относительный угол δ_p и относительная скорость v_p приобретают нулевые значения, а ускорение обнуляется скачком.

Алгоритм равномерно ускоренного движения подразумевает линейное изменение ускорения таким образом, чтобы к концу интервала управления все параметры относительного движения векторов напряжения плавно подходили к нулевым значениям.

Проведённые исследования показали:

1. В обоих случаях подведение к нулевым конечным условиям достигается без перерегулирования, то есть без возникновения повышенной частоты вращения ротора по отношению к частоте сети. При этом используются управляющие воздействия однополярного типа на всём интервале управления.

2. Длительность процесса синхронизации в случае равномерно ускоренного движения приблизительно вдвое выше, чем в случае равноускоренного движения, что в целом компенсируется возможностью обеспечения плавности перехода управляемых параметров к конечным значениям.

3. Недостатком алгоритма равноускоренного движения является необходимость скачкообразного обнуления управляющего воздействия (небаланса моментов) в конечный момент

интервала управления, вследствие чего может потребоваться коррекция конечного отрезка ПТД с целью учёта инерционных свойств исполнительных элементов: регулятора скорости и энергоносителя.

4. Осложнением для реализации алгоритма равномерно ускоренного движения является необходимость измерения первой производной ускорения, поскольку к настоящему времени отсутствуют соответствующие измерительные устройства. В случае если будет создано измерительное устройство, позволяющее на достаточном качественном уровне определять относительные углы, скорости, ускорения и первые производные ускорений, предпочтение для дальнейшей разработки следует отдать алгоритму работы эталонной модели по принципу равномерно ускоренного движения.

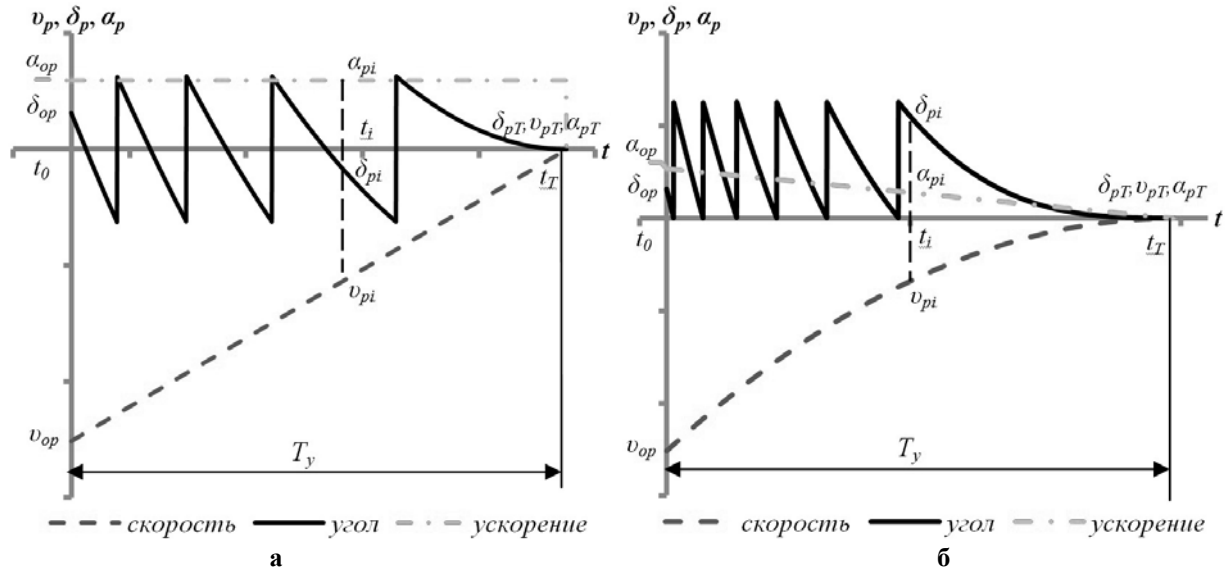


Рис. 1. Примеры построения ПТД по алгоритмам

а – равноускоренного движения, б – равномерно ускоренного движения

Реализация управляющих воздействий в задаче синхронизации частот энергосистем может осуществляться не только посредством изменения вращающих моментов турбин. Воздействия могут быть сформированы с помощью гибких устройств управления – FACTS-устройств [1,6]. При этом с помощью устройств активного типа (индуктивных и емкостных накопителей энергии, плавно управляемых устройств электрического торможения электрических машин и др.) соотношение между ускоряющими и тормозящими моментами может быть изменено непосредственно. Устройства реактивного типа (статические тиристорные компенсаторы, СТАТКОМы, управляемые шунтирующие реакторы) могут быть применены для опосредованного изменения соотношения между моментами на основе управления мощностью нагрузки путём регулирования напряжений в нагрузочных узлах.

В ходе исследовательской работы было проведено моделирование устройств адаптивной синхронизации в программном комплексе Mustang на основе вышеназванных алгоритмов построения ПТД. При этом воспроизводилась следующая схемно-режимная ситуация (рис.2): энергосистема состоит из двух изолированных районов. Изменение параметров синхронизации осуществляется с помощью регулирующих устройств первого энергорайона, второй энергорайон моделируется шинами бесконечной мощности. Инерционность исполнительных органов не учитывается.

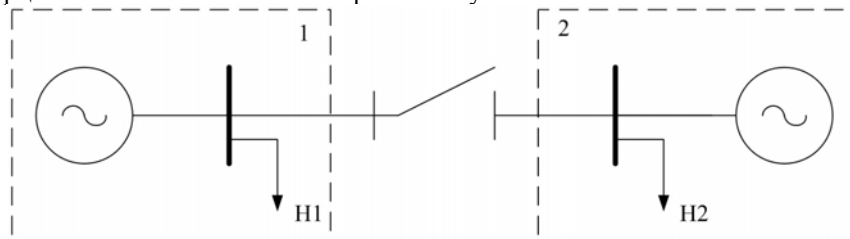
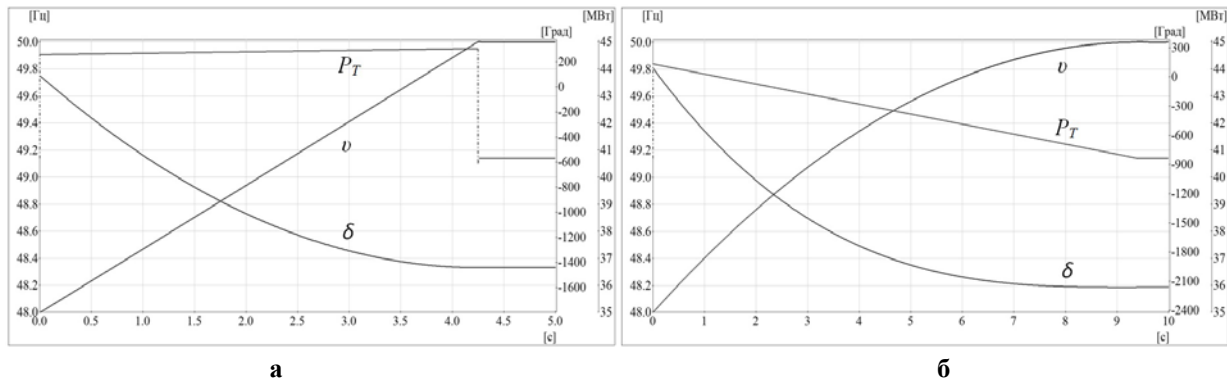


Рис. 2. Схема моделируемой энергосистемы

Полученные результаты моделирования представлены на рисунке 3. В силу особенностей моделирующего комплекса зависимость относительного угла от времени представлена в виде убывающей кривой.



**Рис. 3. Результаты моделирования процесса синхронизации по алгоритмам ПТД
а – равноускоренного движения, б – равномерно ускоренного движения**

Как видно из рисунка 3 описанные ранее алгоритмы синхронизации удалось полностью повторить в ходе моделирования.

Исходя из результатов моделирования, можно сделать вывод о целесообразности развития принятого подхода применительно к разработке устройств точной автоматической синхронизации генераторов и частей ЭЭС. Важной задачей при этом является синтез измерительного блока, способного производить достаточное по точности измерение параметров относительного движения векторов напряжения, включая относительное ускорение и его первую производную.

Список литературы:

24. Абеуов Р.Б. Синтез адаптивных синхронизаторов для мини-энергосистем с управлением по программным траекториям движения генераторов и подсистем: Дисс. канд. техн. наук /ТПУ. – Томск, 2008. – 167 с.
25. Овчаренко Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: Учебник для вузов / Под ред. А. Ф. Дьякова. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС. 2000. – 504 с.: ил.
26. Устройство точной автоматической синхронизации «СПРИНТ-М». Руководство по эксплуатации. ЗАО «Союзэлектроавтоматика», 2009
27. SYNCHROTECT. Synchronizing and paralleling devices and systems. Datasheet. ABB, 2007.
28. Тимофеев А.В. Построение адаптивных систем управления программным движением.– Л.: Энергия, Ленингр. отделение, 1980.– 88 с.
29. Хрущёв Ю.В. Управление движением генераторов в динамических переходах энергосистем. – Томск: STT, 2001. – 310 с.

Исследование зависимости твердости объемного затвердевшего расплава нитрида титана от энергетических параметров процесса

А.А. Евдокимов, Д.Ю. Герасимов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

kraamis@gmail.com

Аннотация: В работе исследованы объемные образцы нитрида титана, установлено, что их твердость не уступает имеющимся в промышленности твердым сплавам.

В работах [1-3] была показана возможность синтеза нанодисперсных материалов на основе нитрида титана, побочным продуктом процесса были крупные куски затвердевшего расплава.

С целью косвенного подтверждения того, что крупные куски материала, полученного в атмосфере азота, состоят из высокотвердых нитридных фаз, были проведены исследования их физико-механических свойств. Исследования проведены методом нанотвердометрии по Виккерсу. На каждом образце выполнялось 5-7 индентирований при максимальной нагрузке на индентор $P_m=300\text{mN}$. Нагрузка линейно увеличивалась до максимума со скоростью 5 мН/с и с такой же скоростью снижалась.

На рис. 4.2. приведены фотографии интерфейса программы обработки данных индентирования, где представлены все условия установки, кривая углубления индентора в зависимости от нагрузки и конечные результаты испытания: H_v – твердость в Виккерсах, H – микротвердость в ГПа и модуль Юнга в ГПа.

Из приведенных данных видно, что материал кусков золотистого цвета обладает высокой микротвердостью, в среднем сравнимой с микротвердостью природного корунда и может быть отнесен к сверхтвердым материалам. Наиболее вероятным является то, что крупные куски состоят из нитрида титана (по крайней мере, поверхностный слой) микротвердость которого составляет ~ 20 ГПа [4].

Таблица 4.1. Результаты исследования физико-механических характеристик объемного продукта синтеза методом индентирования по Виккерсу

W	Параметр твердости		1	2	3	4	5	Среднее
	Нv	Виккерс						
188 кДж	Нv	Виккерс	1634	1767	2533	2161	1968	1746
	H	GPa	17.31	18.73	26.84	22.89	20.85	21,32
	E	GPa	166	159,85	142,38	177	162,25	166,04
97 кДж	Нv	Виккерс	116,98	100,62	101,92	113,22	110,97	108,742
	H	GPa	1239,4	1066,1	1079,8	1199,5	1175,7	1,15
	E	GPa	5,63	4,93	5,01	5,84	5,72	5,426

Таблица 4.2 Значения параметров твердости для объемного твердосплавa T15K6

Образцы T15K6		1	2	3	4	5	6	7	8	Среднее*
Нv	Виккерс	1107	187	256	851	1949	1087	1044	1092	1255.8
H	GPa	11.73	1.98	2.72	9.02	20.65	11.52	11.06	11.57	11.18
E	GPa	317	172	180	296	401	175	300	293	267

При исследовании физико-механических свойств было проведено 7 индентирований для статистики. Из табл. 4.1. видно, что даже самый низкий уровень твердости Нv и Н сопоставим с микротвердостью стандартных объемных твердых сплавов T15K6, характеристики которых полученные нами для сравнения по этой же методике приведены в таблице 4.2. Из сравнения данных этих таблиц видно, что полученный нами объемный материал обладает не только более высокой твердостью, но и отличается значительно меньшим уровнем значений модуля Юнга. Это свидетельствует о относительно высокой пластичности материала. Обусловлено это может быть лишь его субмикронной микроструктурой, в отличие от крупнозернистой структуры стандартных твердосплавов T15K6.

Кроме того видно, что разброс характеристик полученного нами материала значительно меньше, чем у твердосплавных элементов. Наиболее существенное снижение характеристик в первом индентировании (табл 4.1.) обусловлено провалами индентора, как это видно по кривой нагружения на рис. 4.2.б.

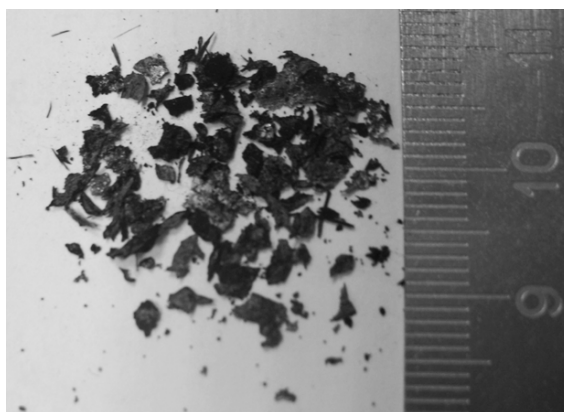


Рис. 4.1. Фотографии отобранных кусков золотистого цвета

Это вызвано случайным попаданием индентора, либо в нанотрещину, либо в нанопористую область. На кривой нагружения это отмечено горизонтальными участками, то есть увеличением углубления индентора при постоянной нагрузке без последующего восстановления. Нечто похожее наблюдается и в седьмом индентировании (рис. 4.2.г). Но в этом случае происходит восстановление кривой нагружения и индентирование дает наивысший уровень твердости 26,9 ГПа. Это также может происходить при случайном попадании индентора в область, имеющую небольшое количество очень мелких нанопор.

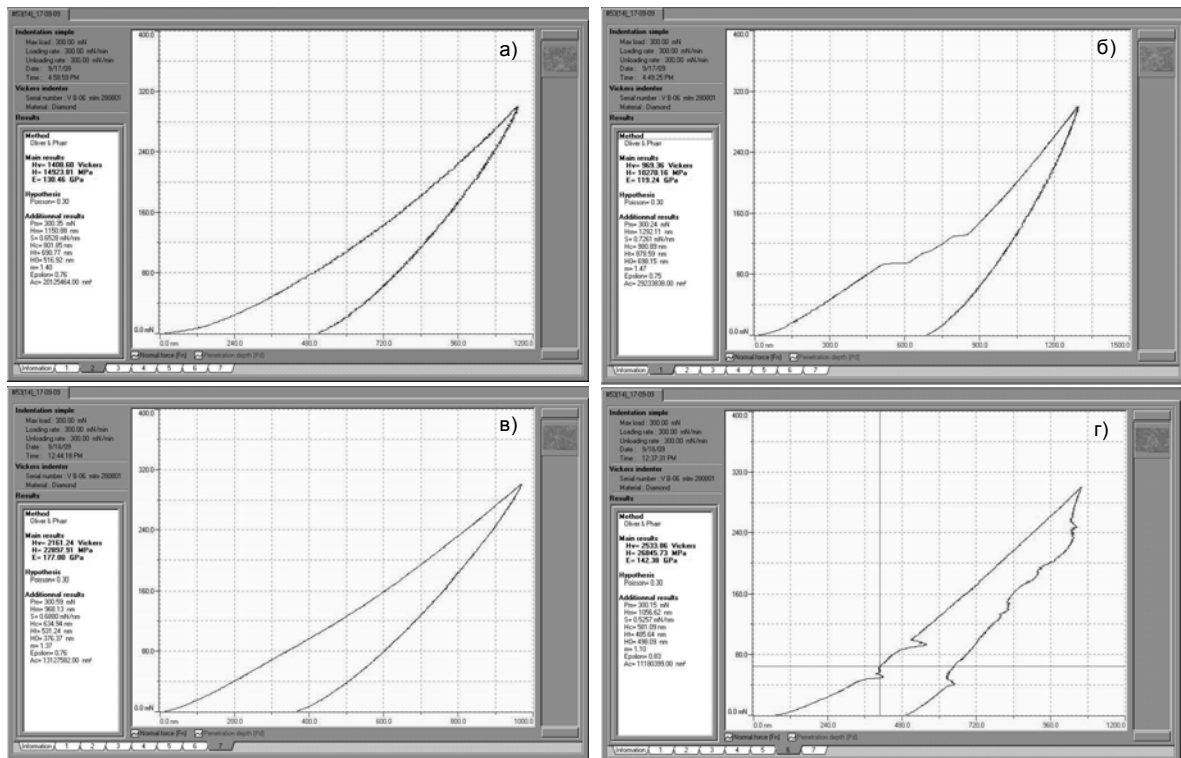


Рисунок 4.2. Интерфейс программы обработки результатов индентирования по Виккерсу с характерными кривыми погружения и углубления наноиндентора

Наличие нанопор в получаемом материале объясняется тем, что его кристаллизация из жидкой фазы происходила при нормальном давлении. Если процесс компактирования проводить при высоком давлении в несколько мегапаскалей, то, по-видимому, можно получить компактный материал с наивысшей для данной кристаллической фазы твердостью

Список литературы:

30. Сивков А.А., Найден Е.П., Герасимов Д.Ю. Прямой динамический синтез нанодисперсного нитрида титана в высокоскоростной импульсной струе электроразрядной плазмы // Сверхтвердые материалы. – 2008. – №5. – С. 33-39
31. Сивков А.А., Сайгаш А.С., Пак А.Я., Евдокимов А.А. Прямое получение нанодисперсных порошков и композиций в гиперскоростной струе электроразрядной плазмы // Нанотехника. - 2009, - № 2(18). – с. 38-43
32. А.А. Евдокимов, А.Я. Пак, Д.Ю. Герасимов. Получение порошкообразного нитрида титана в гиперскоростной плазменной струе. // Труды Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодежи «Новые материалы. Создание, структура, свойства – 2009». Томск, 8-11 сентября 2009 г., с. 272-275.
33. <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/4481.html>

УДК 536.468

Численное моделирование процессов тепломассопереноса при локальном нагреве полимера

Д.О. Глушков, Г.В. Кузнецов, П.А. Стрижак

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

dmitriy-glushkov@yandex.ru

Традиционно в теории зажигания [1, 2] большое внимание уделяется исследованию взаимодействия твердых конденсированных веществ (КВ) с источниками энергии различной физической природы. Особенно следует выделить источники ограниченной энергоемкости (частицы, проволоочки и т.д.). Основной задачей, как правило, является экспериментальный и теоретический анализ условий прогрева КВ при его структурной неоднородности. Однако, в большинстве случаев согласно положений современной теории зажигания КВ [2] исследования выполняются с допущением однородности и усреднения теплофизических характеристик веществ. Анализ показывает, что такой подход ограничивает возможность детального изучения процессов, протекающих при взаимодействии КВ с

локальным источником энергии. В частности указанные допущения не позволяют проанализировать наличие зоны плавления и динамическое изменение ее размеров при контактировании вещества с горячей частицей. Соответственно необходимы модели тепломассопереноса наиболее адекватно описывающие эти процессы.

Цель данной работы – численный анализ закономерностей тепломассопереноса в системе «локальный источник энергии – твердый полимер – воздух» с наличием структурной неоднородности в рассматриваемом веществе.

При разработке модели взаимодействия твердого полимера с раскаленной частицей используются результаты численных исследований закономерностей зажигания твердых [3, 4] и жидких [5, 6] КВ источниками ограниченной энергоемкости – разогретыми до высоких температур металлическими и неметаллическими частицами различной физической природы. Эти модели, как и разрабатываемая в рамках настоящей работы модель, описывают сложные комплексы взаимосвязанных процессов тепломассопереноса с фазовым переходом.

Схема исследуемого процесса имеет следующий вид. Частица, нагретая до температуры, существенно превышающей температуру твердого вещества, выпадает на его поверхность. За счет тепла, передаваемого от частицы к веществу, последний нагревается, а при достижении предельных условий фазового перехода начинает плавиться. Этот фазовый переход обуславливает наличие структурной неоднородности в рассматриваемом веществе.

Геометрическая схема области решения поставленной задачи приведена на рис. 1, а. В качестве источника нагрева выбрана стальная частица, имеющая форму параллелепипеда малых размеров $h_{ч} = l_{ч} = 2 \cdot 10^{-3}$ м. В веществе и воздухе выделены области, размеры которых существенно превышают размеры частицы ($H_{ч} = L_{ч} = 10 \cdot 10^{-3}$ м). В качестве нагреваемого вещества выбран полимер из класса термопластов.

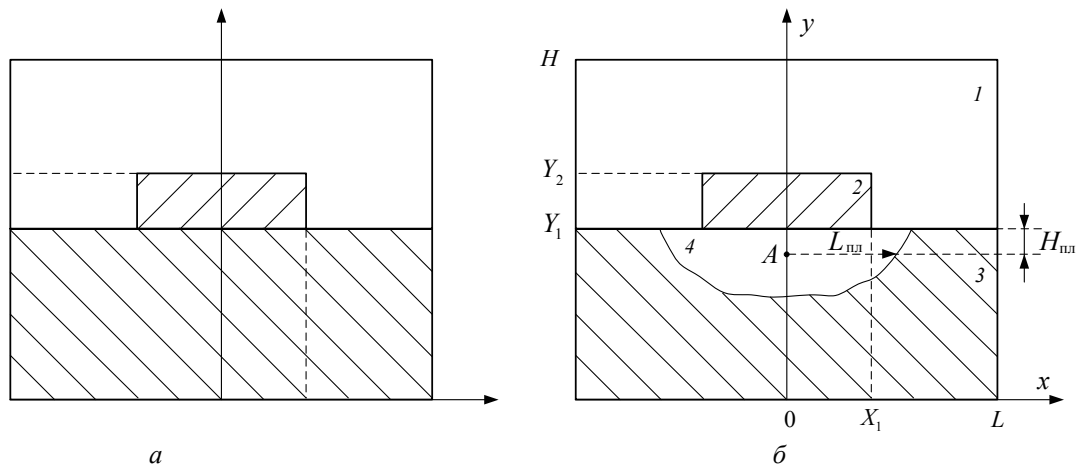


Рис. 1. Схема области решения задачи (а – при $t = 0$; б – при $t \leq t_k$):
1 – воздух; 2 – частица; 3 – полимер; 4 – расплав полимера

Учет изменения агрегатного состояния КВ позволяет проследить динамическое изменение зоны плавления полимера в непосредственной близости от локального источника энергии (рис. 1, б). В качестве характерных размеров зоны плавления приповерхностного слоя полимера приняты $H_{пл}$, $L_{пл}$. При этом $H_{пл}$ имеет фиксированное значение, а $L_{пл}$ – динамично изменяющееся при варьировании начальной температуры горячей стальной частицы.

Математическая постановка включает нестационарные уравнения теплопроводности для каждого элемента рассматриваемой системы.

Уравнение теплопроводности для воздуха:

$$\rho_1 c_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} = \lambda_1 \left(\frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_1}{\partial y^2} \right), \quad X_1 < x < L, \quad Y_1 < y < Y_2; \quad (1)$$

$$0 < x < L, \quad Y_2 < y < H.$$

Уравнение теплопроводности для стальной частицы:

$$\rho_2 c_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = \lambda_2 \left(\frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_2}{\partial y^2} \right), \quad 0 < x < X_1, \quad Y_1 < y < Y_2. \quad (2)$$

Уравнение теплопроводности для полимера:

$$\rho_i c_i \frac{\partial T_i}{\partial t} = \lambda_i \left(\frac{\partial^2 T_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_i}{\partial y^2} \right), \quad 0 < x < L, \quad 0 < y < Y_1, \quad (3)$$

где i – индекс, зависящий от температуры плавления полимера $T_{\text{пл}} = 500$ К: $i = 3$, при $T < T_{\text{пл}}$; $i = 4$, при $T \geq T_{\text{пл}}$.

Начальные условия: $T = T_0 = 300$ К при $0 < x < L, 0 < y < H$, $T = T_r = 1500$ К при $0 < x < X_1, Y_1 < y < Y_2$.

Граничные условия: на границах «частица – полимер», «частица – воздух», «полимер – воздух» граничные условия IV рода для уравнений теплопроводности; на границах ($x = 0, 0 < y < H$; $x = L, 0 < y < H$; $y = 0, 0 < x < L$; $y = H, 0 < x < L$) для всех уравнений принимается условие равенства нулю градиентов соответствующих функций.

Для решения системы дифференциальных уравнений (1) – (3) с соответствующими начальными и граничными условиями использовался метод конечных разностей (МКР) [7, 8]. Согласно МКР от системы нелинейных двумерных дифференциальных уравнений выполнялся переход к системе одномерных разностных уравнений, которая решалась методом прогонки с использованием неявной четырехточечной разностной схемы [7].

Характерным временем, по истечению которого анализировались результаты моделирования, являлось время $t_k = 5$ с.

Численное моделирование процессов тепломассопереноса выполнено при следующих теплофизических характеристиках рассматриваемых веществ: $\lambda_1 = 0.026$ Вт/(м·К); $c_1 = 1190$ Дж/(кг·К); $\rho_1 = 1.161$ кг/м³; $\lambda_2 = 0.25$ Вт/(м·К); $c_2 = 2720$ Дж/(кг·К); $\rho_2 = 1200$ кг/м³; $\lambda_3 = 0.1$ Вт/(м·К); $c_3 = 1200$ Дж/(кг·К); $\rho_3 = 1050$ кг/м³; $\lambda_4 = 0.07$ Вт/(м·К); $c_4 = 900$ Дж/(кг·К); $\rho_4 = 850$ кг/м³.

В результате численного анализа процессов тепломассопереноса при локальном нагреве полимера установлено температурное поле в рассматриваемой области при учете плавления КВ (рис. 2).

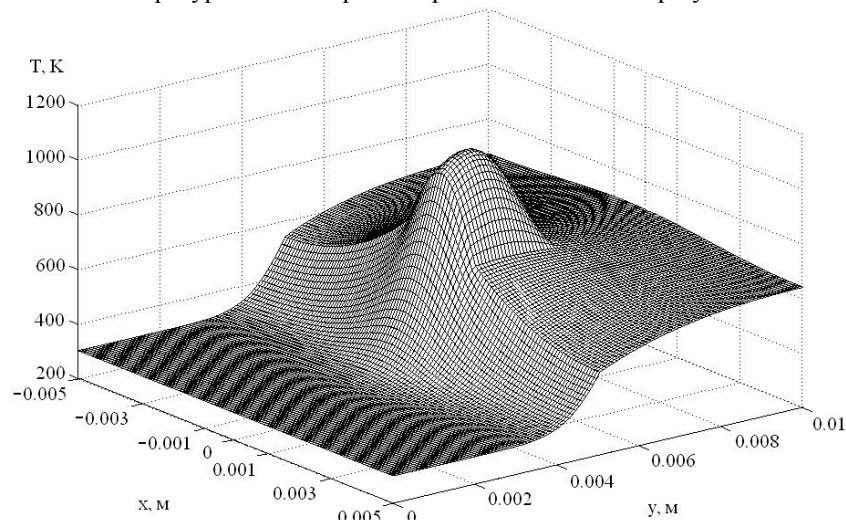


Рис. 2. Температурное поле системы «стальная частица – полимер – воздух» в момент плавления ($t_k = 5$ с)

Также определены зависимости размера зоны плавления полимера $L_{\text{пл}}$ (при $H_{\text{пл}} = 1 \cdot 10^{-3}$ м) и температуры полимера в наиболее типичной точке приповерхностного слоя (точка A на рис. 1, б) от начальной температуры стальной частицы (рис. 3, 4).

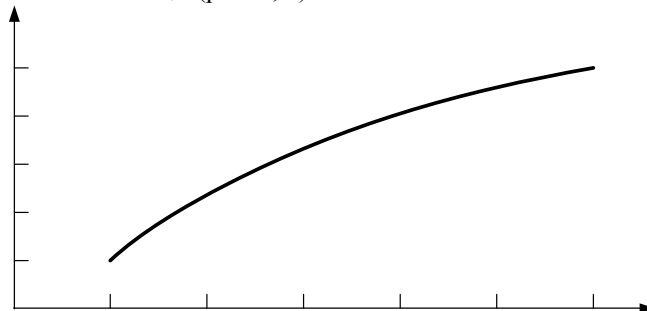


Рис. 3. Зависимость характерного размера зоны плавления полимера $L_{\text{пл}}$ от температуры стальной частицы ($t_k = 5$ с)

Анализ рис. 2, 3 позволяет сделать вывод о нелинейной зависимости размера зоны плавления полимера от начальной температуры раскаленной частицы. При этом следует подчеркнуть, что плавление полимера на уровне $y = 4 \cdot 10^{-3}$ м возможно при начальной температуре частицы не менее 1000 К.

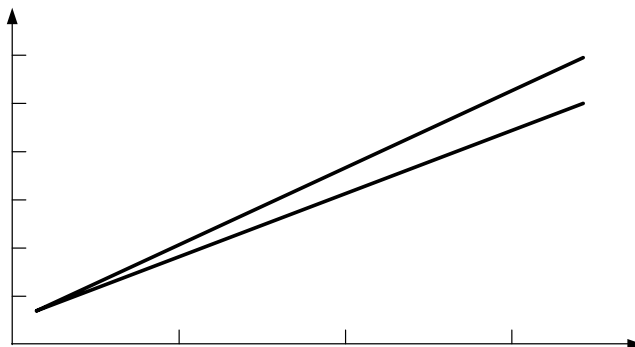


Рис. 4. Зависимость температуры в характерной точке приповерхностного слоя полимера от температуры стальной частицы ($t_k = 5$ с):
1 – для неоднородной структуры полимера;
2 – для однородной структуры полимера с усредненными характеристиками

Результаты рис. 4 подтверждают необходимость учета структурной неоднородности вещества при анализе процессов тепломассопереноса в случае его локального нагрева. Видно, что рост температуры источника ограниченной энергоемкости приводит к увеличению отклонения температуры в характерной точке приповерхностного слоя

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (МК-330.2010.8).

Список литературы:

34. Ассовский И.Г. Физика горения и внутренняя баллистика. – М.: Наука, 2005. – 357 с.
35. Вилюнов В.Н. Теория зажигания конденсированных веществ. – Новосибирск: Наука, 1984. – 140 с.
36. Кузнецов Г.В., Мамонтов Г.Я., Таратушкина Г.В. Моделирование зажигания конденсированных веществ «горячей» частицей // Химическая физика. – 2004. – № 5. – С. 62–67.
37. Буркина Р.С., Микова Е.А. Высокотемпературное зажигание реакционноспособного вещества горячей инертной частицей с конечным запасом тепла // Физика горения и взрыва. – 2009. – № 2. – С. 40–47.
38. Kuznetsov G.V., Strizhak P.A. Heat and mass transfer at the ignition of a liquid substance by a single «hot» particle // Journal of Engineering Thermophysics. – 2008. – № 3. – P. 244–252.
39. Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Зажигание конденсированных веществ при локальном нагреве. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 269 с.
40. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1983. – 616 с.
41. Коздоба Л.А. Методы решения нелинейных задач теплопроводности. – М.: Наука, 1975. – 227 с.

Автоматизация расчета показателей надежности объектов, подчиняющихся распределению Вейбулла–Гнеденко

С.В. Голдаев, А.М. Коровина, К.Н. Радюк

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
 svgoldaev@tpu.ru

В современных руководствах по прогнозированию показателей надежности различных объектов сохраняются алгоритмы, предназначенные для их ручной реализации путем привлечения табличных данных специальных функций и ряда коэффициентов. Для автоматизации расчета в среде Турбо Паскаль показателей надежности объектов, подчиняющихся распределению Вейбулла–Гнеденко, разработана программа, в которой используются интерполяционные зависимости для вычисления значений гамма-функции, и некоторых коэффициентов.

В ходе количественного анализа надежности различных технических и энергетических систем используется распределение Вейбулла – Гнеденко [1–6]. Например, наработка до отказа ряда невосстанавливаемых узлов близка к такому распределению. Оно описывает отказы механических систем в начальный период эксплуатации и отказы из-за хрупких и усталостных разрушений [2].

Плотность функции распределения, вероятность безотказной работы, интенсивность отказов при времени эксплуатации t , средняя наработка до отказа находятся таким образом [1]:

$$\begin{aligned} f(t) &= (b/t_0)^{b-1} \exp(-t^b/t_c); \\ P(t) &= \exp(-t^b/t_c), \\ \lambda(t) &= f(t)/P(t); \\ T_0 &= \Gamma(1+1/b)t_c^{1/b}, \end{aligned}$$

где b и t_c – параметры аппроксимации; b – параметр формы, t_c – параметр масштаба; $\Gamma(x)$ – гамма-функция – несобственный интеграл, определяемый следующим образом

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} \exp(-t)t^{x-1} dt.$$

Значения этой специальной функции приведены в приложениях к учебным пособиям, например [4], или в справочной литературе [7].

Доверительные границы для T_0 (нижняя – T_{0H} , верхняя – T_{0B}) и дисперсия вычисляются по формулам [1,2]:

$$\begin{aligned} T_{0H} &= r_2 \cdot \tilde{T}_0; \quad T_{0B} = r_1 \cdot \tilde{T}_0, \\ \sigma^2 &= \left\{ \Gamma(1+2/b) - [\Gamma(1+1/b)]^2 \right\} / t_c^2, \end{aligned}$$

где \tilde{T}_0 – оценка среднего значения наработки на отказ; r_1 и r_2 – коэффициенты.

В учебных пособиях по надежности оборудования тепловых электростанций [1], химических и нефтеперерабатывающих производств [2], электрических машин [3], руководствах по теории надежности [5,6], опубликованных как достаточно давно, так и современных, значения гамма-функции, коэффициентов r_1 и r_2 предлагается находить из соответствующих таблиц. Однако такой подход затрудняет выполнение параметрического анализа и вносит погрешность в окончательный результат из-за необходимости выполнения интерполяции значений $\Gamma(x)$, r_1 и r_2 . Вариант вычисления плотности и функции гамма-распределения в Excel описан в практикуме [8]. При комплексном анализе энергетических, надежностных показателей оборудования используются программные средства, в которых моделирование перечисленных факторов оформлено в виде отдельных блоков. Среда Турбо Паскаль остается эффективным средством реализации различных теплотехнических расчетов [9, 10].

С целью обеспечения возможности анализа показателей надежности объектов, описываемых распределением Вейбулла–Гнеденко, в среде Турбо Паскаль для вычисления $\Gamma(x)$ выбрано интерполяционное выражение, имеющее погрешность менее 10^{-4} при значениях $x < 60$ [7]

$$\Gamma(x) \cong \frac{\sqrt{(2\pi/y)} \exp\{y[\ln(y)-1] + 1/(12y)\}}{x(x+1)(x+2)(x+3)(x+4)(x+5)},$$

где $y = x + 6$.

Коэффициенты r_1 и r_2 рассчитываются таким образом [2]:

$$r_1 = \frac{4n_{от}}{(\sqrt{4n_{от}-3} + U_\gamma)^2}; \quad r_2 = \frac{4n_{от}}{(\sqrt{4n_{от}-1} - U_\gamma)^2}.$$

Здесь – суммарное число отказов за время U_γ – квантиль уровня стандартного нормального распределения; параметр $\gamma = (1+\beta)/2$, где β – достоверность, равная 0,9; 0,95.

Для нахождения U_γ использована простая, но достаточно точная интерполяционная зависимость [11]

$$U_\gamma = 4,91[\gamma^{0,14} - (1-\gamma)^{0,14}].$$

Описанный алгоритм был реализован в среде Турбо Паскаль, что расширило список разработанных программ по количественному анализу надежности объектов энергоснабжения, основанных на методах структурных схем, статистических испытаний, интенсивностей переходов, проверки статистической гипотезы по критерию Пирсона [12].

Известно, что при значении коэффициента аппроксимации $b = 1$, распределение Вейбулла–Гнеденко переходит в экспоненциальное распределение, а при $b = 3,3$ – оно близко к нормальному [1–3, 5, 6]. Поэтому разработанная программа может использоваться и при расчете показателей надежности технологических установок, описываемых этими распределениями [1–4].

Список литературы:

42. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС: /Под ред. А. И. Андрющенко.– М.: Высш. шк., 1991. – 303 с.

43. Шубин В. С., Рюмин Ю. А. Надежность оборудования химических и нефтеперерабатывающих производств. – М.: Химия, КолосС, 2006. – 359 с.
44. Кузнецов Н. Л. Надежность электрических машин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 432 с.
45. Троянkin Ю. В. Проектирование и эксплуатация высокотемпературных технологических установок. – М.: Издательский дом МЭИ, 2002. – 324 с.
46. Острейковский В.А. Теория надежности. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.
47. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем: учеб. пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.
48. Справочник по специальным функциям: /Под ред. М. Абрамовица и И. Стигана. – М.: Наука, 1979. – 818 с.
49. Половко А. М., Гуров С. В. Основы теории надежности. Практикум. – СПб: БХВ-Петербург, 2006. – 560 с.
50. Голдаев С. В., Загромов Ю. А., Ковалев М. В. Решение задач по теплотехнике в среде Турбо Паскаль: учебн. Пособие. – Томск: Изд.-во ТПУ, 2006. – 184 с.
51. Кузнецов Г. В., Шеремет М. А. Разностные методы решения задач теплопроводности: учебн. пособие. – Томск: Изд.-во ТПУ, 2007. – 172 с.
52. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
53. Голдаев С. В. Практикум по надежности и оптимизации систем теплоэнергоснабжения: учебн. пособие. – Томск: Изд.-во ТПУ, 2005. – 100 с.

УДК 621.18

О модернизации конвективной поверхности КОТЛА КВГМ-100***С.В. Голдаев, М.В. Талапин****Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
svgoldaev@tpu.ru*

Проанализирован вариант модернизированной конвективной поверхности нагрева, выполненной из трубок увеличенного диаметра, имеющих на наружной поверхности спирально-ленточное оребрение. Такое решение позволяет снизить температуру уходящих газов от 190 °С до 160 °С, ослабляет процесс внутренней стояночной коррозии, увеличивает ресурс эксплуатации до 100 тыс. час. Вероятность безотказной работы поверхности нагрева возрастает примерно в 1,7 раза. Достигается экономия расхода топлива до 2,6 %, уменьшаются выбросы оксидов азота при работе водогрейного котла на природном газе.

Водогрейные котлы (ВК) типа КВГМ получили широкое распространение в качестве пиковых на ТЭЦ и основного оборудования районных котельных. Наиболее повреждаемый элемент трубной системы ВК – конвективная поверхность нагрева (КПН), выполненная из труб малого диаметра с тесным шахматным расположением в пучке [1]. Газовые ВК работают с недопустимо высокой температурой уходящих газов, рассмотрен в работе [2]. Для устранения последствий другого конструктивного недостатка КВГМ, связанного с подводом воздуха от вентилятора к котлу и повышенной концентрации окислов азота, предложено осуществить двухступенчатое сжигание газа за счет установки сопел вокруг амбразур горелок [2].

Необходимость модернизации котла КВГМ–100–150, установленного на промышленной площадке ООО «Томскнефтехим», обусловлена выходом его из строя из-за повреждения КПН, состоящей из труб малого диаметра (тр. 28×3 мм) с тесным шахматным расположением в пучке. Трубы с такими размерами особенно подвержены процессам накопления внутренних отложений и внутренней коррозии. Все это обуславливает низкую долговечность КПН, которая усиливается в результате неполной дренируемости при сливе воды. Ресурс ее в газовых котлах по физическому состоянию и экономическим требованиям составляет в среднем 32,5 тыс. ч. Кроме этого, газовые ВК работают с высокой температурой уходящих газов, достигающей 190 °С [3].

Проанализирован вариант КПН, выполненной из стальных трубок диаметра (тр. 38×4 мм), имеющих на наружной поверхности спирально-ленточное оребрение. Такое решение ослабляет процесс внутренней стояночной коррозии благодаря полной дренируемости труб при сливе воды и увеличивает период эксплуатации до полного перекрытия проходных сечений труб в случае неудовлетворительного качества сетевой воды. В работах [3, 4] рассмотрена КПН аналогичного типа для модернизации котлов ПТВМ-50 и ПТВМ-100.

Оребрение повышает тепловую эффективность КПН и позволяет снизить температуру уходящих газов до 160 °С. Замещение металла труб металлом ребер увеличивает ресурс эксплуатации с $3 \cdot 10^4$ ч до $1 \cdot 10^5$ ч. Выполнение секций из U-образных панелей позволяет увеличить в два раза поперечный шаг труб в пучке, сокращает в два раза число приварок труб к стоякам секций (потенциальных очагов коррозии).

В разработанной конструкции учтены требования монтажной технологичности: КПН размещается в существующих габаритах конвективного газохода, состоит из типовых секций, присоединительные размеры которых определены геометрией существующих коллекторов.

Сравнительный анализ существующей и новой КПН по стоимостным и временным характеристикам показал, что годовая экономия природного газа составит 1292,1 тыс. м³/год. Срок окупаемости новой КПН равен 2,2 года.

Список литературы:

54. Каменецкий Б. Я. Надежность топочных экранов водогрейных котлов // Теплоэнергетика. – 2008. – №9. – С. 57–60.
55. Крутиев В. А. Реконструкция водогрейного котла КВГМ-100-150 // Промышленная энергетика. – 1997. – №5. – С. 15–16.
56. Чубарь Л. С., Ершов Ю. А., Лисейкин И. Д. Совершенствование теплофикационных водогрейных котлов // Теплоэнергетика. – 1999. – №9. – С. 39–45.
57. Новая конвективная поверхность нагрева водогрейных котлов /И. Д. Лисейкин, Г. А. Коньшин, Т. И. Гологудина и др. // Энергетик. – 2002. – №1. – С. 8–11.

Потери электроэнергии при передаче по однопроводной линии

П.А. Ильин, Е.Н. Глушков

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

pa_ilin@mail.ru

На современном этапе развития человечества электричество играет важную роль. Жизнь современного человека невозможно представить без многочисленных устройств, питающихся электроэнергией. С момента открытия электричества прошло более 100 лет. За это время человечество шагнуло далеко вперед, а наши познания в области электротехники стали намного шире. Можно сказать, что об электричестве известно уже почти все. Но, несмотря на это, существует ряд проблем, связанных с электроэнергетикой.

Попытаемся сформулировать эти проблемы. На выработку электроэнергии тратятся колоссальные ресурсы, как материальные, так и людские. Часть электричества теряется при передаче. КПД современных линий электропередач (ЛЭП) составляет 90-95 %. Получается, что с учетом всего технического прогресса и всех новейших технологий, мы имеем потери в 5-10%.

Очевидно, что проблема снижения потерь электроэнергии при передаче требует активного поиска новых путей ее решения, новых подходов к выбору соответствующих мероприятий, а главное, к организации работы по снижению потерь. Обслуживание и установка ЛЭП требует больших затрат. И это еще одна проблема. Материалы, из которых изготавливают провода (медь, алюминий, сталь) достаточно дорогие. А требуется таких материалов много. В современном мире ресурсосберегающие технологии выходят на первое место. Поэтому уменьшение расхода материала на ЛЭП и уменьшение потерь энергии это очень актуальные задачи.

Всем известны опыты Тесла по передаче электричества по одному проводу. Российский изобретатель Авраменко С. В. продолжил его исследования и достиг определенного успеха. Рассмотрим известные схемы опытов Авраменко, приведенные в литературе [1].

На рис. 1 приведена схема (вилка Авраменко), использованная в опытах. Экспериментальная установка состоит из трансформатора Т, линии электропередачи (провода) Л, двух встречно включенных диодов Д, конденсатора С и разрядника Р. Трансформатор схож с резонансным трансформатором Тесла, в котором первичная обмотка питается напряжением с частотой, равной резонансной частоте вторичной обмотки.

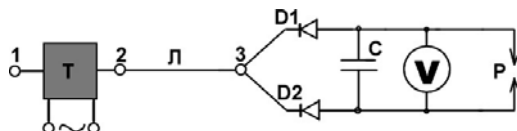


Рис. 1. Схема формирования электрической искры по однопроводной линии

На входные выводы трансформатора подается переменное напряжение. Поскольку два других его вывода между собой не замкнуты (вывод 1 висит в воздухе), тока во вторичной обмотке наблюдаться не должно. Однако, в разряднике возникает искра - происходит пробой воздуха. Непрерывный или прерывный пробой, повторяется с интервалом, зависящим от параметров конденсатора и трансформатора напряжения.

Для формирования пробоя необходимо, чтобы на противоположных сторонах разрядника периодически накапливалось определенное количество заряда. Подключенный к разряднику вольтметр

V, при частоте около 3 кГц и напряжении 60 В на входе трансформатора, показывает перед пробоем 10-20 кВ. Амперметр регистрирует ток в десятки микроампер.

Экспериментально определили баланс энергии при сопротивлениях $R1=2-5$ МОм и $R2=2-100$ МОм с помощью схемы, приведенной на рис. 2. По измеренному току (магнитоэлектрическим амперметром А) и напряжению (электростатическим вольтметром V) получаем мощность много меньше той, которая определяется калориметрическим способом по тепловыделению на сопротивлении $R2$. Между тем, они должны совпадать.

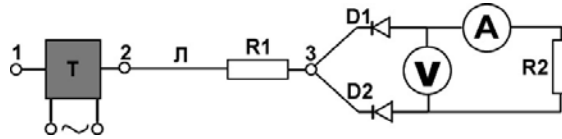
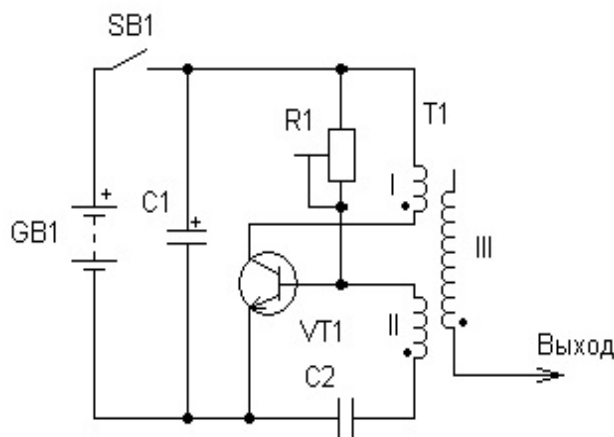


Рис. 2. Схема измерения баланса энергии вилки Авраменко

По схеме, приведенной на рис. 2 передавали по линии Л мощность, равную 1,3 кВт. Такой вывод группы Авраменко следует из того, что ярко светятся три лампочки, суммарная мощность которых составляла как раз названную величину. Источником питания служил машинный генератор с частотой 8 кГц. Длина вольфрамового провода Л с диаметром, равным 15 мкм, составляла 2,75 м. Электрическое сопротивление такого провода намного превышало сопротивление медных проводов аналогичной длины для передачи электроэнергии 1,3 кВт. Здесь должны быть большие потери электроэнергии, а провод накаляться (излучать тепло). Но сообщается, что вольфрамовый провод оставался холодным. Поэтому линия передачи «не имела сопротивления», похожая на «сверхпроводник» при комнатной температуре.

Ранее высказывали теоретические предположения, объясняющие эти результаты. Например, эффект может быть связан с токами смещения и резонансными явлениями - совпадением частоты напряжения источника питания и собственных частот колебания атомных решеток проводника (если таковые наблюдаются). В 1830-х годах Фарадей писал о мгновенных токах в единичной линии, в соответствии с электродинамикой Максвелла. Ток поляризации не приводит к выделению на проводнике «джоулева» тепла - то есть проводник не оказывает ему сопротивления. Других более или менее научных объяснений результатов опытов Авраменко нет.

Наши исследования связаны с проверкой результатов, описанных ранее, а также поиском научного объяснения приведенных выше результатов. Для проведения экспериментальных исследований собрана установка на основе генератора, схема которого приведена на рис.3 [2]



- $C1$ – конденсатор (K50-12)
- $GB1$ – батарея питания (4,5 В)
- $SB1$ – кнопка
- $C2$ – конденсатор (H30)
- $VT1$ – транзистор (n-p-n KT819B)
- $R1$ – резистор (6,8 КОм)
- $T1$ – трансформатор

Рис. 3. Схема генератора

Схема представляет собой преобразователь постоянного напряжения в переменное, которым питается трансформатор Т1. Трансформатор имеет следующие характеристики: катушка 1 - 6 витков медного провода диаметром 0,15 мм, катушка 2 - 20 витков медного провода диаметром 0,25 мм, катушка 3 содержит 1800 витков медного провода диаметром 0,12 мм.

Для проведения измерений была собрана схема, приведенная на рис.4.

В качестве проводящей линии использовался медный провод диаметром 0,12 мм. На концах линии были установлены диодные вилки, в качестве нагрузки использовались сопротивления по 75 Ом на каждой вилке. Длина линии менялась от 1 м до 40 м. Напряжения снимались осциллографом по схеме, изображенной на рис.4. Одновременно с измерением напряжения измерялось отставание напряжений по времени относительно друг друга. Батарея питания в трансформаторе была заменена блоком питания, для возможности варьирования напряжением. На вход трансформатора подавалось напряжение 5 В с

силой тока 500 мА. Сила тока измерялась микроамперметром. На рис.5 представлен график зависимости напряжений на концах линии от ее длины.

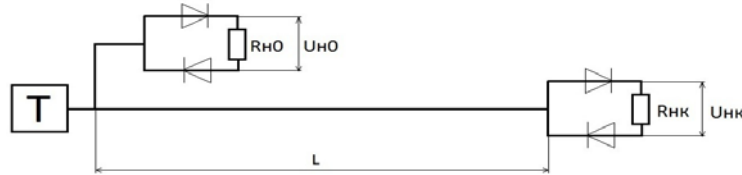


Рис.4. Измерительная схема

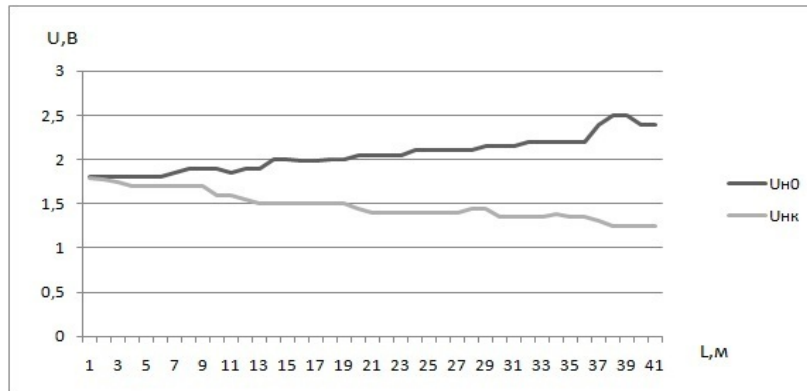


Рис.5. График зависимости напряжений от длины линии
 $U_{н0}$ - напряжение на вилке, установленной на входе линии;
 $U_{нк}$ - напряжение на вилке, установленной на выходе линии.

Начиная с длины провода 10 метров отмечается повышение напряжения на первой вилке, вероятно, это связано с тем, что измерения проводились многоканальным осциллографом, его каналы связаны общей землей. Поэтому рассчитали среднее значение напряжения на первой вилке и рассчитали среднюю мощность.

$$W_{0cp} = U_{н0}^2 / R_{н0} = 2.056^2 / 75 = 0.0564 \text{ Вт}$$

Рассчитали мощность на второй вилке при $L=20$ и $L=40$

$$W_{L=20} = 0.027 \text{ Вт} \quad \text{КПД} = 47.9\%$$

$$W_{L=40} = 0.021 \text{ Вт} \quad \text{КПД} = 37.2\%$$

На рис.6 представлен график отставания напряжений по времени от длины линии.

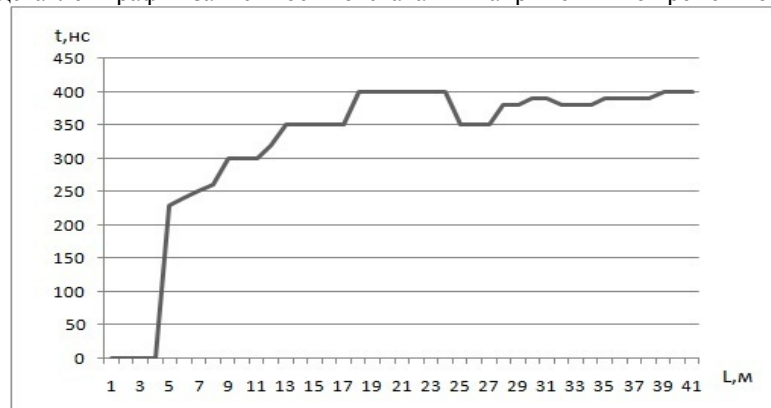


Рис.6. Отставание напряжений по времени

В результате наших экспериментов было высчитано КПД однопроводной линии, выявлена зависимость потерь от длины провода. Потери энергии достаточно велики. В настоящее время мы проводим эксперименты с линиями из различных материалов. В своих опытах Авраменко использовал вольфрамовый провод. Возможно при использовании вольфрама нам удастся увеличить КПД, а следовательно уменьшить потери при передаче.

Список литературы:

1. Заев Н. Техника - молодежи N1, 1991 г.
2. <http://www.skif.biz> «Электрические и резонансные генераторы».

Анализ мощности фотоэлектрической станции

А.В. Крымов, В.Д. Никитин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

alkrymov@mail.ru

В работе произведен анализ вырабатываемой электрической энергии передвижной фотоэлектрической станции.

В работе [1] предлагается передвижная фотоэлектрическая станция (ФЭС) – модификация заявки US 2007283987 «Solar powered umbrella»; ФЭС предназначена в качестве мобильного источника электроэнергии, например, для холодильных установок. Цель настоящей работы – проверить, достаточна ли мощность ФЭС для питания подобных потребителей.

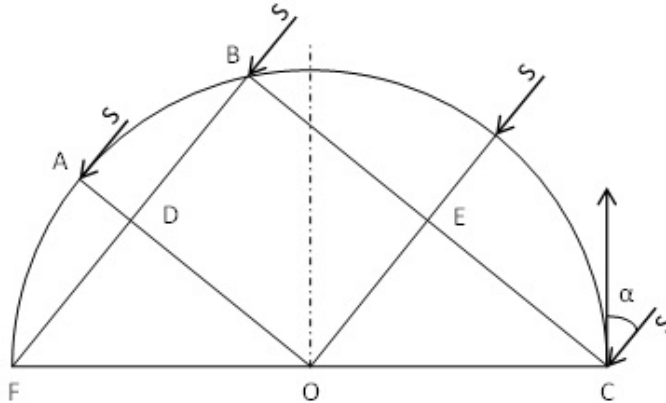


Рис. 1. Солнечное излучение S на зонт и его продольное сечение

Падающая на зонт энергия пропорциональна площади проекции зонтичного полотна на плоскость, ортогональную солнечным лучам – независимо от реальной формы зонта и степени ее близости к полусфере. Меридиональное (продольное) сечение зонта представлено на рис. 1, проекция поверхности зонта на плоскость, перпендикулярную S дана на рис. 2. Ось зонта составляет с направлением на Солнце угол α . Проекция поверхности зонта на плоскость, ортогональную солнечным лучам состоит из серповидной фигуры $LAKB$, полуэллипса LBK (проекция области FO , полуось $DO=R \cdot \cos \alpha$) и равного ему полуэллипса LKC с полуосью $EC=OC \cdot \cos \alpha$.

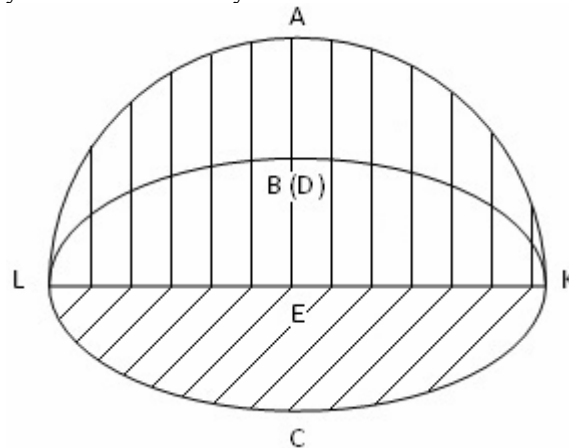


Рис. 2. Проекция поверхности зонта на плоскость перпендикулярную S

Площадь серповидной фигуры $LAKB$ можно найти как разность площади полукруга LAK и полуэллипса LBK : $S_{LAKB} = S_{LAK} - S_{LBK} = \int_{-R}^{+R} (\sqrt{R^2 - x^2} - \cos \alpha \cdot \sqrt{R^2 - x^2}) dx$, где $S_{LAK} = 0,5\pi R^2$. Однако в данном случае возможен элементарный подход, т.к. сумма площадей криволинейной фигуры $LAKB$ и полуэллипса LBK равна площади полукруга LAK : $S_{LAKB} + S_{LBK} = S_{LAK}$. Следовательно, искомая площадь проекции на плоскость, перпендикулярную солнечным лучам: $S(R, \alpha) = S_{LAK}(R) + S_{LKC}(R, \alpha) = 0,5\pi R^2 + 0,5\pi R^2 \cdot \cos \alpha = \pi R^2 \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2}$.

Плотность потока солнечного света в реальных условиях средних широт можно принять равной $K_1=0,3$ от солнечной постоянной (плотности излучения на земной орбите вне атмосферы, равной $K_2=1,4$ кВт/м²). Коэффициент преобразования солнечной энергии в электроэнергию примем $K_3=0,13$ [2].

Коэффициент заполнения фотоэлектрическими модулями (размеры: $0,7 \cdot 0,4 = 0,28 \text{ м}^2$) зонтичной поверхности и, следовательно, экваториальной плоскости примем равным $K_4 = 0,8$. Тогда имеем:

$$P_{\text{ЭЭ}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot S(R, \alpha) = (1,4 \cdot 0,3 \cdot 0,13 \cdot 0,8) \cdot (\pi R^2 \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2}) = 0,137 \cdot R^2 \cos^2 \frac{\alpha}{2}$$

Мощность ФЭС в функции $P = P(R, \alpha)$ для $\alpha = 0 - 30 - 60 - 90^\circ$ и $R = 0,5 - 1 - 1,5 - 2 \text{ м}$ для $P \leq 0,5 \text{ кВт}$ представлена на рис. 3. На рис. 4 изображены линии равной мощности ФЭС ($P \leq 1,5 \text{ кВт}$).

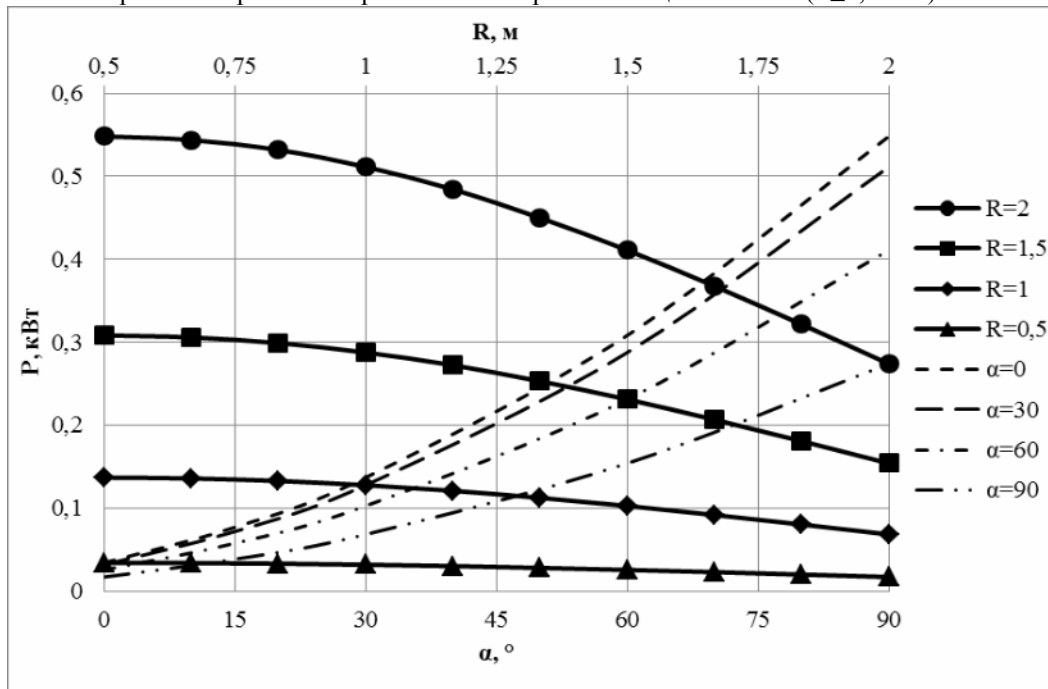


Рис. 3. Мощность ФЭС в функции радиуса зонта и угла падения излучения

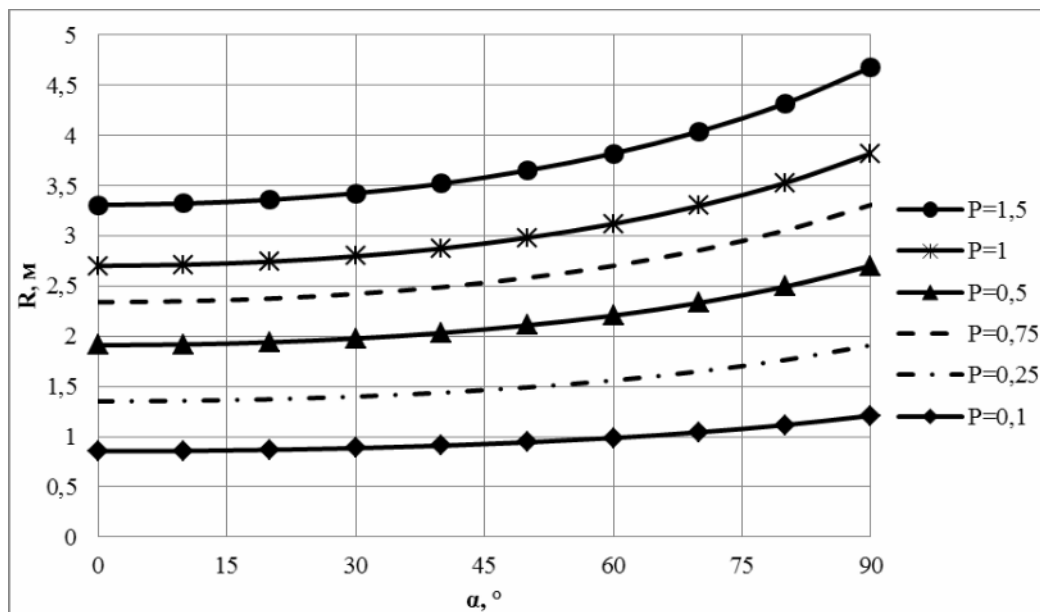


Рис. 4. Изолинии мощности ФЭС $P = P(R, \alpha)$

Авторы выражают признательность А.В. Бастрону за внимание к работе.

Список литературы:

1. Бастрон А.В. Передвижная фотоэлектрическая станция // Энергоэффективность систем жизнеобеспечения города: Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск: МВДЦ «Сибирь». – 2009. – С. 178-181.
2. Юрченко А.В. и др. Статистическая модель кремниевых солнечных батарей, работающих под воздействием природных и аппаратных факторов // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т.314. – №4. – С. 142-148.

Сравнительный анализ результатов оценки предельных режимов на основе упрощенной и полной математических моделей сети в задачах противоаварийного управления

В.Е. Лавриненко

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

lavrinenko_nsk@mail.ru

Предложено использование линейных математических моделей сети для оценки запаса по статической устойчивости в послеаварийных режимах системами противоаварийной автоматики. Приведён план исследования точности применения таких моделей и способы её повышения.

Одним из главных требований к качеству функционирования централизованных систем противоаварийной автоматики является быстрота и надёжность оценки ими допустимости послеаварийных режимов сети с точки зрения обеспечения требуемого запаса по статической устойчивости в этих режимах. В настоящее время в большинстве существующих алгоритмов работы систем противоаварийной автоматики используются традиционные методы расчёта установившихся режимов, основанные на численном решении систем нелинейных уравнений. Однако непосредственно для определения устойчивости послеаварийного режима и выбора управляющих воздействий такие расчёты являются избыточными, поскольку требуется лишь качественная оценка допустимости этого режима. Кроме того, указанные численные методы обладают возможностью расходимости итерационного процесса при расчёте режимов, близких к предельным.

В ряде работ [1] рассматривается способ проверки существования послеаварийных режимов, основанный на их качественной оценке, использующий относительно простые соотношения по сравнению с системами нелинейных уравнений для полной математической модели сети. Предлагаемый подход экспериментально реализован в опытной программе оценки допустимости режима и выбора управляющих воздействий, которая осуществляет моделирование области устойчивых режимов на основе упрощённой модели сети.

В упрощённой модели принимаются следующие допущения:

- в узлах сети отсутствуют ограничения по реактивной мощности (т.е. возможно поддержание заданного постоянного уровня напряжений узлов);
- не учитываются потери активной мощности в ветвях сети;
- определение потоков активных мощностей в ветвях осуществляется на основе соблюдения условия баланса активных узловых мощностей:

$$P_i = \sum_{j=1}^n y_{ij} U_i U_j \sin(\delta_i - \delta_j),$$

где y_{ij} - проводимость связи между узлами i и j ; U_i, U_j - модули напряжений узлов i и j ; δ_i, δ_j - углы векторов напряжений узлов i и j .

Преимущество использования линейной математической модели сети в качестве основы алгоритма выбора управляющих воздействий состоит в том, что для её формирования требуется меньший объём данных телеизмерений, чем для нелинейной модели. Для формирования линейной модели необходимы лишь данные о напряжениях узлов и потоках активных мощностей по ветвям сети. Это свойство может быть весьма актуальным с учётом реальных условий эксплуатации систем сбора данных для противоаварийной автоматики (возможный выход из строя каналов передачи телеизмерений, датчиков, и т.п.).

Кроме того, преимущество алгоритма выбора управляющих воздействий на основе линейной модели сети заключается в простоте и надёжности оценки режима. Он также обладает свойством адаптивности, так как при каждом новом изменении схемы сети требуется только добавление или исключение из программы расчёта нескольких уравнений, что не представляет значительных затруднений.

Упрощения, принимаемые при таком подходе, могут, однако, приводить к снижению точности оценки напряжённости послеаварийных режимов и выбору «избыточных» управляющих воздействий. Это может происходить при изменениях значений узловых напряжений и других параметров сети после аварии. Тем не менее, согласно предварительным оценкам, выполненным в [1], область допустимых режимов, определяемая на рассматриваемой линейной модели, отклоняется от своего действительного размера на величину порядка менее 5% (в меньшую сторону), что может считаться достаточно приемлемым.

Целью работы является исследование точности оценки допустимости послеаварийных режимов при использовании предлагаемого подхода и поиск способов устранения указанных выше недостатков.

В работе проводится проверка соответствия результатов определения допустимости режимов, получаемых при использовании «традиционных» программ расчёта режимов сети (на примере

программы Mustang) и результатов, получаемых в опытной программе, реализующей представленный выше «качественный» подход. В качестве расчётной экспериментальной модели используется математическая модель сети 500 кВ Центральной Сибири.

Исследование выполняется по следующему плану:

1. Составляется список аварий и послеаварийных режимов, а так же ветвей схемы, для которых проверяется загрузка по активной мощности и определяется запас по статической устойчивости. В список входят аварии и изменения режима, которые должны обеспечить наиболее информативную проверку работы опытной программы в как можно большем количестве различных ситуаций.

2. Для составленного списка аварий и для выбранных линий производится:

а) Расчёт загрузки линий в послеаварийном режиме в программе Mustang.

б) Утяжеление режима и определение максимально допустимого перетока активной мощности по линии.

в) Определение коэффициента запаса по статической устойчивости для линии в данном послеаварийном режиме.

г) Определение коэффициента загрузки проверяемой линии в опытной программе.

д) Сравнение найденных коэффициентов загрузки линий в рассматриваемых послеаварийных режимах, полученных при помощи каждой из двух используемых в исследовании программ.

3. Составляются таблицы с результатами оценки запаса устойчивости в послеаварийных режимах в программе Mustang и в опытной программе для заданных линий из списка проверяемых аварий. В таблицах так же приводятся значения параметров доаварийных и послеаварийных режимов.

4. На основе анализа полученных в п.3 данных, возможно выведение некоторой функциональной зависимости определяемой загрузки линий от параметров доаварийного режима. Такая функциональная зависимость, по сути, будет учитывать несоответствие между областями устойчивости, моделируемыми в программах расчёта установившихся режимов, и в опытной программе. Это позволит увеличить точность оценки напряжённости послеаварийных режимов опытной программой и, следовательно, улучшит адекватность выбора управляющих воздействий.

Список литературы:

1. Васин В.П. Граница области существования режима трёхмашинной электрической системы // Изд. АН СССР, Энергетика и транспорт – 1982. – №2. – С. 40–45.

Разработка виртуальных стендов для лабораторных работ с помощью технологий LabVIEW

В.В. Маслов, Х.М. Мустафаев

*Северо-Кавказский государственный технический университет, г. Ставрополь, Россия
vitonmas@mail.ru*

В работе показана возможность и опыт создания виртуальных стендов для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов специальностей «Электроэнергетические системы и сети» и «Электроснабжение». Приведено краткое описание созданных стендов.

В настоящее время технологии LabVIEW [1,2] широко используются в России и за рубежом в различных областях промышленности, науки и образования. LabVIEW (англ. Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) – это среда разработки и платформа для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования «G» фирмы National Instruments (США). LabVIEW используется в системах сбора и обработки данных, а также для управления техническими объектами и технологическими процессами.

Прикладные программы, созданные в среде LabVIEW, являются виртуальными приборами и состоят из двух частей:

- блочной диаграммы, описывающей логику работы виртуального прибора;

- лицевой панели, описывающей внешний интерфейс виртуального прибора.

Лицевая панель виртуального прибора содержит средства ввода-вывода: кнопки, переключатели, светодиоды, верньеры, шкалы, информационные табло и т. п. Они используются человеком для управления виртуальным прибором, а также другими виртуальными приборами для обмена данными. Блочная диаграмма содержит функциональные узлы, являющиеся источниками, приемниками и средствами обработки данных. Также компонентами блочной диаграммы являются терминалы («задние контакты» объектов лицевой панели) и управляющие структуры (являющиеся аналогами таких элементов текстовых языков программирования, как условный оператор «IF», операторы цикла «FOR» и «WHILE» и т. п.). Функциональные узлы и терминалы объединены в единую схему линиями связей.

В данной работе в среде LabVIEW были созданы два виртуальных стенда для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов специальностей

«Электроэнергетические системы и сети» и «Электроснабжение». Математические модели созданных стендов воспроизводят поведение существующих физических стендов [3].

С помощью стенда «Исследование сопротивления петли «фаза-нуль» (Рис. 1) производятся измерения сопротивлений петли при использовании в качестве фазного и нулевого проводов различных марок и сечений кабелей. Полученные измерения позволяют определить токи однофазного короткого замыкания на землю, что позволяет оценить опасность поражения током в случае прикосновения к корпусу электроустановки и другим металлическим нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением относительно земли, вследствие замыкания на корпус. В качестве фазных проводов были использованы фазные жилы четырехжильных кабелей из силанольношитового полиэтилена с алюминиевыми и медными жилами и одножильные провода марок АПР и ПР. В качестве нулевого провода использованы нулевые жилы вышеуказанных кабелей, одножильные провода марок АПР и ПР и стальной уголок 40х40.

Стенд «Исследование заземления и одиночных заземлителей» позволяет выполнять три опыта (Рис. 2-4):

- измерение сопротивления заземления;
- измерение удельного сопротивления грунта;
- измерение распределения потенциалов на поверхности.

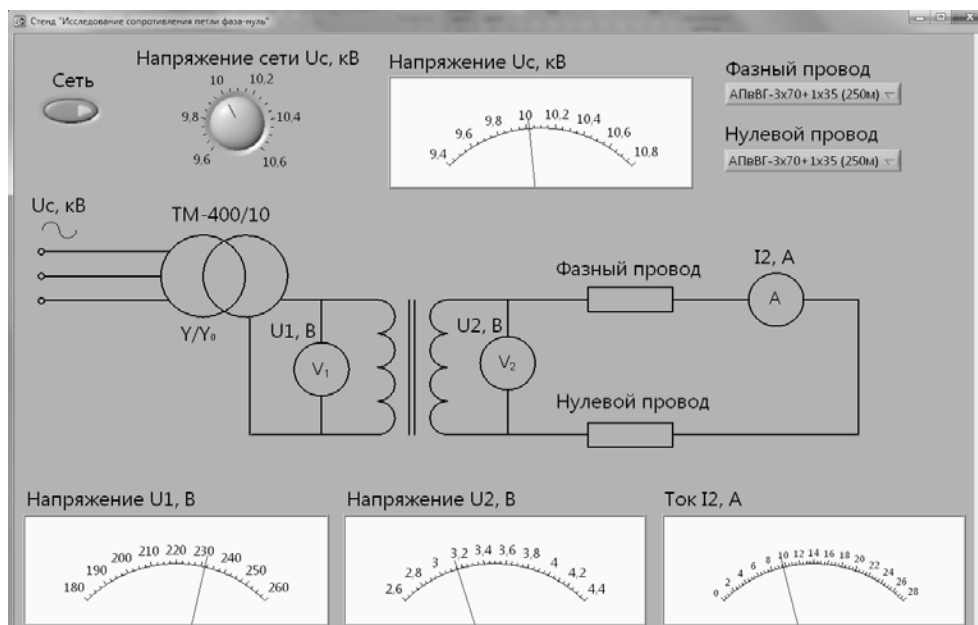


Рис. 1. Лицевая панель стенда для исследования сопротивления петли «фаза-нуль»

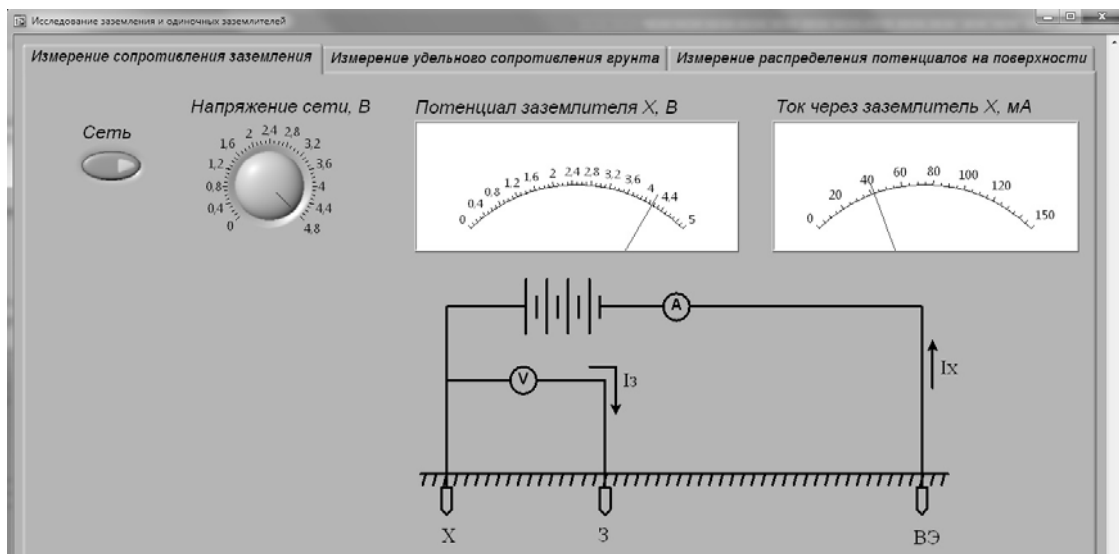


Рис. 2. Лицевая панель стенда для измерения сопротивления заземления

Измерение сопротивления заземления позволяет студентам изучить один из методов испытания заземляющих устройств для осуществления тщательного надзора за состоянием элементов защитного заземления, чтобы обеспечивать безопасность людей во время замыкания фазы на корпус. Измерение удельного сопротивления грунта необходимо для правильного проектирования заземляющих устройств. Измерение распределения потенциалов на поверхности позволяет определить характер распределения потенциалов заземлителей при прохождении тока. Кривая распределения потенциалов позволяет оценить величины напряжения прикосновения и шагового напряжения.

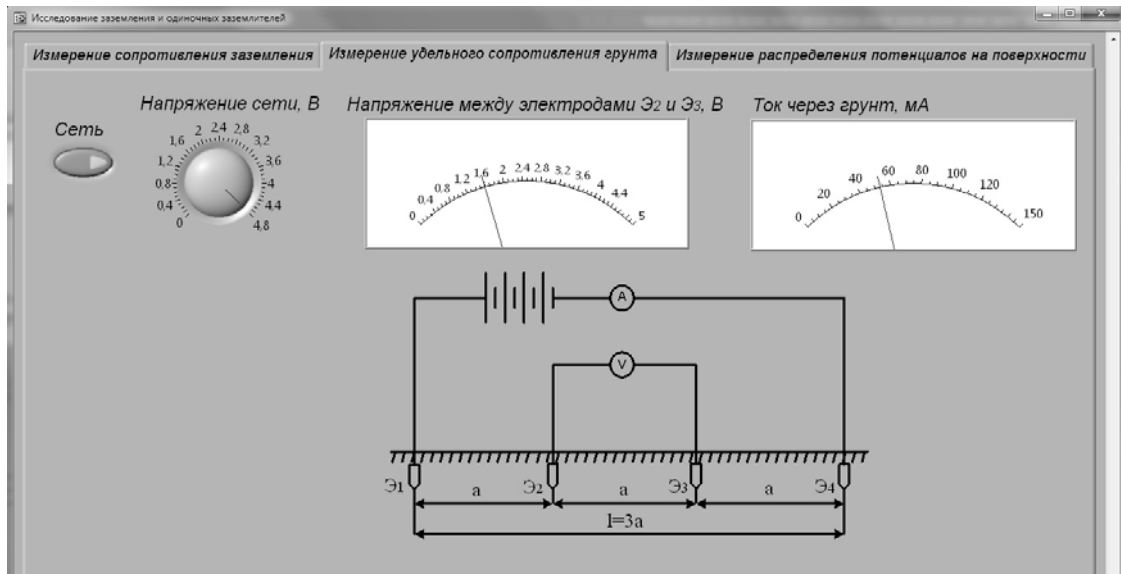


Рис. 3. Лицевая панель стенда для измерения удельного сопротивления грунта

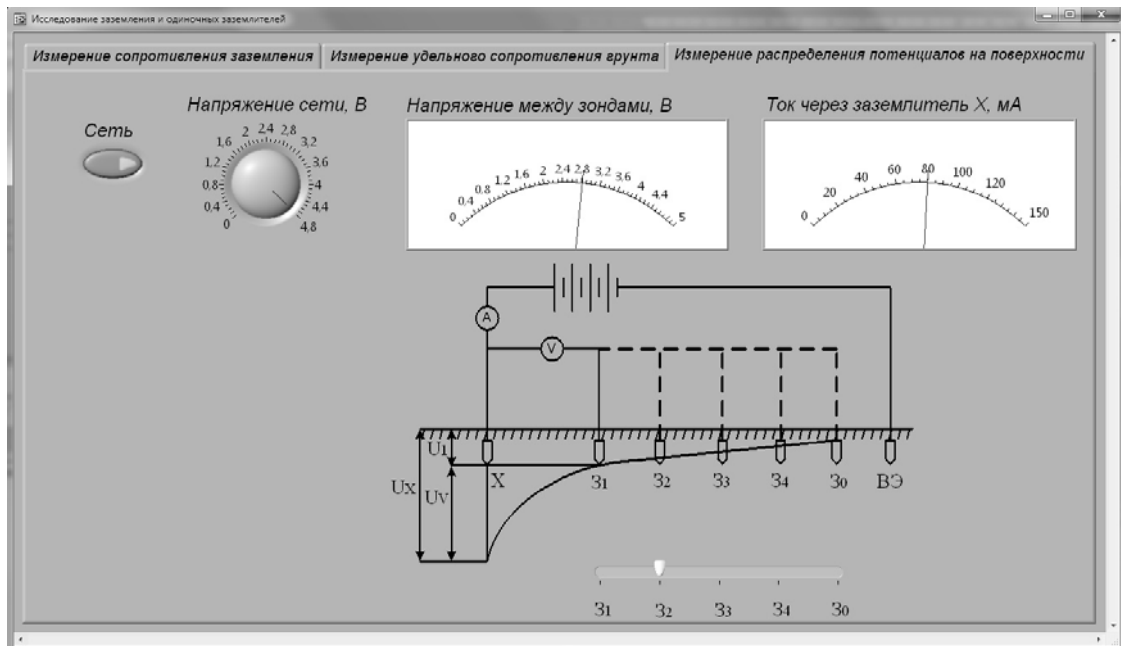


Рис. 4. Лицевая панель стенда для измерения распределения потенциалов на поверхности

С помощью специального компонента LabVIEW Application Builder виртуальные стенды для выполнения лабораторных работ созданы в виде независимых приложений, пригодных для выполнения на тех компьютерах, на которых не установлена полная среда разработки. Для работы таких программ требуется бесплатно распространяемый компонент «LabVIEW Runtime Engine». Для обеспечения наличия требуемых для работы стендов всех компонентов созданы специальные инсталляторы, включающие в себя сами виртуальные стенды и компонент «LabVIEW Runtime Engine».

Таким образом, студенту предоставляется возможность с помощью инсталлятора установить виртуальный стенд на любой компьютер и безопасно выполнять лабораторную работу независимо от среды LabVIEW.

Список литературы:

1. Виноградова Н.А. Разработка прикладного программного обеспечения в среде LabVIEW: Учебное пособие / Н.А. Виноградова, Я.И. Листратов, Е.В. Свиридов. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 49 с.
2. Евдокимов Ю.К. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW / Ю.К. Евдокимов, Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 400 с.
3. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов специальностей 140205 «Электроэнергетические системы и сети» и 140211 «Электроснабжение» / сост. Х.М. Мустафаев, А.С. Семченко, С.А. Янушин. – Ставрополь: Издательство СевКавГТУ, 2005. – 124 с.

Мониторинг радионуклидного состава макрофитов р. Енисей в зоне влияния ГХК

М.Ю. Медведева, А.Я. Болсуновский, Ю.В. Александрова

Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск, Россия

radecol@ibp.ru

В результате деятельности в г. Железногорске Горно-химического комбината (ГХК) Росатома, пойма р. Енисей оказалась загрязненной техногенными радионуклидами, в том числе трансурановыми элементами [1]. Многолетние исследования показали, что трансурановые элементы содержатся не только в прибрежной почве, донных отложениях, но и в биомассе погруженных растений р.Енисей [1-3]. Максимальными показателями накопления техногенных радионуклидов характеризуется водный мох *Fontinalis antipyretica* [4], в котором обнаруживался практически весь перечень γ -радионуклидов, содержащихся в воде р.Енисей.

15 апреля 2010 г. на Горно-химическом комбинате г. Железногорска был остановлен последний ядерный реактор АДЭ-2. Тем не менее, накопленные за многолетнюю деятельность ГХК радионуклиды - в пойменных почвах и донных отложениях р. Енисей - могут оставаться источником радиоактивных загрязнений гидробионтов.

Цель нашей работы – сравнить интенсивность накопления радионуклидов техногенного происхождения в биомассе погруженных растений р. Енисей, отобранных в период действия ядерного реактора ГХК (1999-2009 гг.) и после его остановки (2010 г.) – на различном расстоянии от места сброса радиоактивных вод.

Материалы и методы.

В 1999-2010 гг. отбирали пробы водных растений из реки Енисей в ближней зоне влияния комбината (с.Атаманово, 5 км по течению реки от ГХК) и на расстоянии 250 км от ГХК (в районе п.Стрелка). Растения отбирали в береговой зоне реки, промывали речной водой, разделяли на виды, сушили при комнатной температуре и далее при 60°C в сушильном шкафу. Для исследования использовали виды погруженных растений: *Potamogeton lucens* (рдест блестящий) и *Fontinalis antipyretica* (водный мох).

В сухой биомассе растений определяли активность γ -излучающих радионуклидов на гамма-спектрометре фирмы «Canberra» (США) со сверхчистым германиевым детектором. Обработывали γ -спектры с помощью программного обеспечения Canberra Genie-2000 (США). Результаты приведены на дату отбора проб.

Результаты исследования.

В таблице 1 приведены сравнительные данные по активности γ -радионуклидов в растениях водного мха (*F.antipyretica*) и рдеста блестящего (*P.lucens*), отобранных в р.Енисей в период действия реактора (1999-2009 гг.) и через несколько месяцев после его остановки (2010 г.).

В сравнительной таблице использованы данные с максимальным содержанием радионуклидов в *F.antipyretica* и *P.lucens* за период 1999-2009 гг.

Анализ проб сухих растений, отобранных в районе с.Атаманово в 2010 г. (после остановки реактора), выявил значительное снижение активности большинства техногенных радионуклидов в водном мхе и рдесте, по сравнению с предыдущим периодом.

В *F.antipyretica* из района с.Атаманово в период 1999-2009 гг. показаны максимальные активности техногенных радионуклидов. Так, удельная активность ^{51}Cr составляла 1970 Бк/кг сухой массы, ^{60}Co – 790, ^{137}Cs – 350 и ^{239}Np – 1490 Бк/кг.

В 2010 г., после остановки реактора, активность $^{58-60}\text{Co}$ в водном мхе снизилась в 35-16 раз, соответственно, активность ^{137}Cs – в 14 раз, ^{152}Eu – в 7,5 раз по сравнению с данными предыдущих лет. Причем активность таких радионуклидов, как ^{24}Na , ^{51}Cr , ^{239}Np в водном мхе 2010 г. – снизилась на несколько порядков по сравнению с данными 1999-2009 гг. и была ниже предела обнаружения (табл.1.).

Были сопоставлены данные по содержанию γ -радионуклидов в образцах рдеста блестящего, отобранных на разном расстоянии по течению реки от места сброса вод ГХК (5км – с.Атаманово и 250 км – п.Стрелка).

Удельная активность радионуклидов в образцах рдеста (1999-2009 гг.), собранного в районе с.Атаманово, была значительно выше, чем в образцах, собранных в районе п. Стрелка. Так, активность ^{51}Cr в рдесте блестящем уменьшилась в 34 раза, ^{60}Co – 8 раз, ^{137}Cs – в 32 раза – по мере удаления от ГХК. Активность ^{24}Na , ^{51}Cr и ^{239}Np стала ниже предела обнаружения.

Таблица 1. Удельная активность (Бк/кг \pm sd) γ -радионуклидов в биомассе водного мха (*F.antipyretica*) и рдеста блестящего (*P.lucens*), отобранных на различном расстоянии от ГХК до и после остановки реактора

Радио- нуклид	<i>F.antipyretica</i> , с.Атаманово ¹		<i>P.lucens</i> , с.Атаманово ¹		<i>P.lucens</i> , п.Стрелка ²	
	1999- 2009гг.	2010 г.	1999- 2009гг.	2010 г.	до 2009гг.	2010 г.
^7Be		176 \pm 6		50 \pm 3	155 \pm 10	104 \pm 5
^{24}Na	1850 \pm 900		1250 \pm 110			
^{40}K	350 \pm 40	322 \pm 17	660 \pm 50	1008 \pm 55	732 \pm 42	820 \pm 45
^{46}Sc	310 \pm 20	4,8 \pm 0,2	35 \pm 2		5,6 \pm 0,5	0,31 \pm 0,13
^{51}Cr	1970 \pm 300		1850 \pm 110		54 \pm 5	0,65 \pm 0,13
^{54}Mn	80 \pm 7	3,4 \pm 0,3	50 \pm 4	1,0 \pm 0,2	4,4 \pm 1,2	
^{58}Co	120 \pm 10	3,4 \pm 0,2	32 \pm 2	0,86 \pm 0,23	6,2 \pm 0,6	
^{59}Fe	80 \pm 6	0,76 \pm 0,26	15 \pm 2	0,55 \pm 0,26		
^{60}Co	790 \pm 30	47 \pm 1	240 \pm 10	14,4 \pm 0,4	30,4 \pm 1,4	3,9 \pm 0,3
^{65}Zn	330 \pm 20	4,6 \pm 0,5	68 \pm 4	6,4 \pm 0,6	13,5 \pm 1,3	1,7 \pm 0,4
^{95}Nb		0,71 \pm 0,17				
^{106}Ru	22 \pm 5	11 \pm 1	9 \pm 3	3 \pm 1,1		1,5 \pm 0,5
^{124}Sb		0,38 \pm 0,13				
^{131}I	35 \pm 8		9 \pm 3	0,47 \pm 0,21		
^{134}Cs				0,34 \pm 0,10		
^{137}Cs	350 \pm 30	24 \pm 1	90 \pm 6	15,8 \pm 1	2,8 \pm 0,6	4,2 \pm 0,4
^{141}Ce	85 \pm 7		24 \pm 3			
^{144}Ce	80 \pm 12	1,5 \pm 0,5	17 \pm 3			
^{152}Eu	70 \pm 3	9,3 \pm 0,3	18 \pm 1	0,6 \pm 0,53	3,6 \pm 0,4	0,48 \pm 0,12
^{154}Eu	20 \pm 2	2,4 \pm 0,2	5 \pm 1	1,56 \pm 0,2		
^{155}Eu				0,51 \pm 0,13		
^{239}Np	1490 \pm 50		394 \pm 16			

¹с.Атаманово, 5 км по течению реки от ГХК

²п.Стрелка – 250 км по течению реки от ГХК

В образцах рдеста 2010 г., собранных в районе п.Стрелка, содержание большинства техногенных радионуклидов находится на уровне 0,3-1,7 Бк/кг сухой массы. Исключение составляет ^{137}Cs (4,2 Бк/кг) и ^{60}Co (3,9 Бк/кг). Также показана высокая активность естественных радионуклидов - ^7Be и ^{40}K (104 и 820 Бк/кг, соответственно).

Закключение.

Таким образом, после остановки реактора АДЭ-2 ГХК и прекращения сброса загрязненных вод в р.Енисей, наблюдался значительный спад удельной активности техногенных радионуклидов в биомассе водных растений, что еще раз подтверждает непосредственное участие ГХК в радиоактивном загрязнении исследуемого участка поймы р.Енисей.

Не смотря на устранение источника радиоактивных загрязнений, в биомассе погруженных макрофитов р.Енисей (2010 г.) все еще регистрируется активность таких техногенных радионуклидов, как ^{60}Co , ^{137}Cs , а также естественных радионуклидов ^7Be и ^{40}K .

Список литературы:

1. Болсуновский А.Я., Ермаков А.И., Бургер М. и др. Накопление техногенных радионуклидов водными растениями р.Енисей в зоне влияния Горно-химического комбината // Радиационная биология. Радиоэкология. - 2002. - Т.42. - №2. - С.194-199.
2. Болсуновский А.Я., Ермаков А.И., Мясоедов Б.Ф. и др. Новые данные по содержанию трансурановых элементов в донных отложениях реки Енисей // Доклады Академии наук. – 2002. – Т. 387. – № 2. – С. 233–236.
3. Bolsunovsky A., Ermakov A. and Sobolev A. New data on transuranium elements in the ecosystem of the Yenisei river floodplain // Radiochim. Acta. – 2007. – V. 95. – № 9. – P. 547–552.
4. Bolsunovsky A. Artificial radionuclides in aquatic plants of the Yenisei River in the area affected by effluents of a Russian plutonium complex// Aquatic Ecology. - 2004. - №38. - P.57-62.

Ферромагнитные учетверители частоты

М.В. Межов, Х.М. Мустафаев

*Северо-Кавказский государственный технический университет, г. Ставрополь, Россия
mezhovm@inbox.ru*

Рассмотрены возможности применения ферромагнитных умножителей частоты в различных отраслях народного хозяйства. Установлено, что данные умножители частоты могут найти широкое применение в промышленности и сельском хозяйстве. Сделан вывод о целесообразности дальнейших разработок на базе современной полупроводниковой техники.

Сейчас все более широко внедряются рациональные способы применения электроэнергии. Известно, что весьма часто питание электроприемников при стандартной частоте не является оптимальным. До 20% электроэнергии потребляется в виде постоянного тока, но наиболее перспективным направлением научно-технического прогресса следует считать применение токов повышенной (иногда – пониженной) частоты.

Частота переменного тока является одним из основных факторов, определяющих технико-экономические показатели электрооборудования. Основные преимущества применения повышенной частоты тока были показаны еще в тридцатые годы академиком В.С. Кулебякиным [1-3].

В связи с этим необходимость разработки внедрения в народное хозяйство преобразователей частоты, отвечающих современным требованиям, т.е. достаточно надежных, экономичных и простых устройств, является актуальной задачей. Изучению и разработке таких установок посвящена данная работа.

На рис. 1 приведена схема одноступенчатого учетверителя частоты с питанием от трехфазной сети. Учетверитель состоит из двух одинаковых элементов I и II. Каждый элемент состоит из двух насыщенных подмагниченных многообмоточных трансформаторов. Сердечники трансформаторов обычные: броневые, стержневые, витые, тороидальные. На каждом сердечнике находятся обмотки: первичная W_1 , вторичная W_2 , подмагничивания постоянным током W_d и обмотка самоподмагничивания током двойной частоты W_c [4, 5].

Первичные обмотки трансформаторов каждого элемента соединены последовательно и встречно, а его обмотки W_2 , W_d , W_c - последовательно и согласно. Применяется соединение первичных обмоток согласно, а остальных - встречно.

Цепи обмоток W_2 , W_d , W_c обоих элементов соединены друг с другом последовательно. При этом цепи обмоток W_2 и W_d соединяются согласно, а цепи обмоток W_c - встречно, или наоборот: цепи W_c согласно, а цепи W_2 и W_d - встречно. Первичные обмотки W_1 элементов соединены по Т - образной схеме. Вторичные обмотки соединены с конденсатором продольной и емкостной компенсации и с выходными зажимами, цепь подмагничивания с фильтром $L_\phi - C_\phi$ присоединена к источнику постоянного тока, а обмотки самоподмагничивания замкнуты на конденсатор C_c .

Конструкция ферромагнитной части учетверителя - составная или объединенная. Рассмотрим как происходит процесс умножения частоты в четыре раза. Вследствие магнитной симметрии трансформаторов и соединения их первичных обмоток по Т - образной схеме магнитные потоки во всех сердечниках одинаковы и сдвинуты друг относительно с другом на $1/4$ периода. Например, поток в сердечнике A_I опережает на $0,25T$ поток в сердечнике A_{II} , последний опережает на $0,25T$ поток в сердечнике B_I и т. д. В результате основные гармоники магнитных потоков взаимно сдвинуты на 90° , а вторые на 180° , четвертая на 360° . Третьей и других нечетных гармоник нет в кривой потока, так как напряжение, приложенное к первичным обмоткам, синусоидально, а рассеиванием можно пренебречь.

При указанном на схеме способе соединений на зажимах цепей обмоток W_2 и W_d образуется напряжение учетверенной частоты. Это происходит потому, что вторые гармоники потоков в соответствующих сердечниках обоих элементов сдвинуты на 180° и наводимые ими ЭДС в цепях обмоток W_2 и W_d взаимно уничтожаются, а в цепи обмоток W_c - складываются. ЭДС учетверенной частоты, наоборот, складываются в цепях обмоток W_2 и W_d и взаимно уничтожаются в цепи обмотки W_c . Фильтр в цепи подмагничивания служит для предотвращения замыкания по этой цепи тока учетверенной частоты.

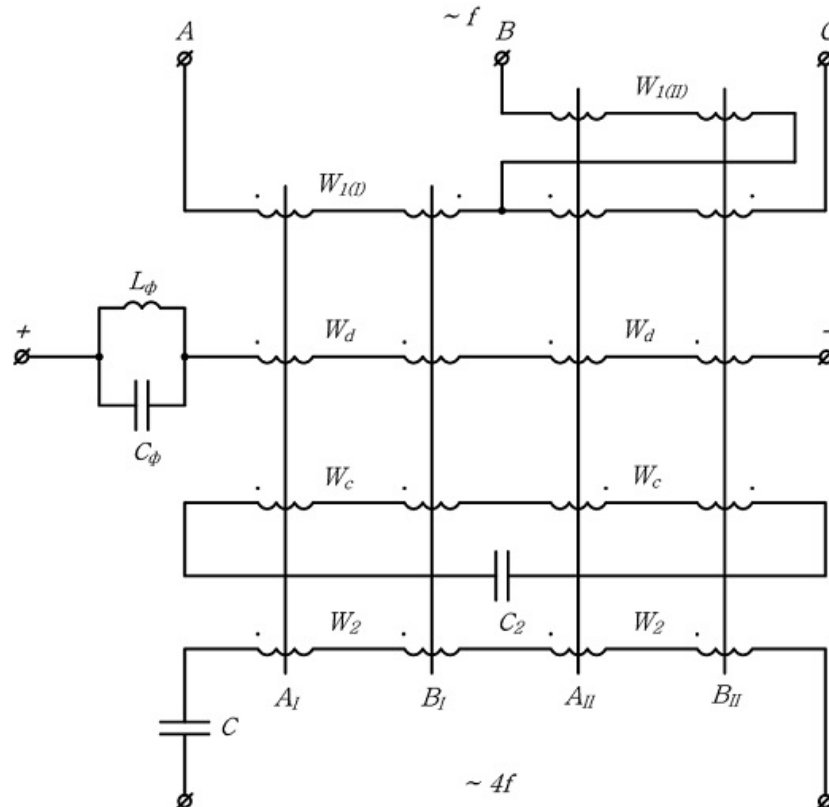


Рис. 1. Ферромагнитный одноступенчатый учетверитель частоты с самоподмагничиванием током удвоенной частоты.

Наличие цепи самоподмагничивания второй гармоникой позволяет получить резкое по сравнению с учетверителем без такой цепи увеличение потока двойной частоты. Благодаря этому учетверители с самоподмагничиванием током двойной частоты, как показали исследования, выходное напряжение при прочих равных условиях примерно в 1,5 раза больше, чем его значения в учетверителе без самоподмагничивания.

Намагничивающая сила обмотки W_d учетверителя с самоподмагничиванием значительно меньше, чем в учетверителе без самоподмагничивания. Ввиду сказанного технико-экономические показатели учетверителя при самоподмагничивании значительно выше, чем при его отсутствии.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 - 2013 годы при финансовой поддержке ГК - 02.740.11.0069.

На базе рассмотренного умножителя частоты изготовлены опытные образцы, которые показали высокие технические характеристики (КПД, весовые характеристики) и были испытаны на реальную двигательную нагрузку. Работа показала необходимость дальнейших разработок новых схемных решений, теоретических положений по улучшению энергетических показателей устройств, создания и исследования новых типов преобразователей частоты с улучшенными энергетическими показателями.

Список литературы:

1. Бамдас А.М., Блинов И.В., Захаров Н.В., Шапиро С.В. Ферромагнитные умножители частоты. М.: Энергия, 1968.
2. Краморов Ю.И. Высокоскоростные машины в сельском хозяйстве. – Краснодар: Краснодар. кн. изд-во, 1969.
3. Рапунов В.М. Электропривод повышенной частоты для сельскохозяйственных механизмов – М.: Энергоатомиздат, 1986.

4. А.С. №1513587 (СССР). Трехфазный умножитель частоты. (Мустафаев Х.М., Фролов В.Т., Ядыкин В.С. – М.: 1988).
5. А.С. №1513587 (СССР). Трехфазный умножитель частоты. (Мустафаев Х.М., Фролов В.Т., Ядыкин В.С.– М.: 1988).

Изучение возможности использования низкообогащенного топлива в исследовательском реакторе ИРТ-Т

А.Г. Наймушин, Ю.Б. Чертков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

agn@tpu.ru

В работе рассмотрены основные возможности проведения конверсии исследовательского реактора ИРТ-Т и представлены оценочные результаты нейтронно-физических и теплогидравлических расчетов высокообогащенных и низкообогащенных сборок.

Тема конверсии активных зон реакторов различных типов – достаточно новое направление научно-практических исследований во всем мире. Она подразумевает переход с высокообогащенного уранового (ВОУ) топлива на низкообогащенное урановое (НОУ) топливо по изотопу урана-235. Основным побуждающим фактором для развития данного направления послужило желание снижения угрозы ядерного терроризма, а также вопросы нераспространения высокообогащенного ядерного материала.

Эксплуатация исследовательских реакторов неизбежно приводит к появлению рисков, которые связаны с топливом, требующимся для работы установки. С технической точки зрения следует рассматривать два пути:

- хищение высокообогащенного урана;
- производство плутония.

Проведенные количественные анализы активных зон исследовательских реакторов с разными уровнями обогащения показали основные различия между НОУ и ВОУ [1]. Урановое топливо с обогащением менее 20 % практически исключает возможность непосредственного использования материала для создания ядерного взрывного устройства. Это связано с большой критической массой данного устройства пушечного типа, а также с соответствующей скоростью испускания нейтронов. При низком обогащении топлива скорость производства в нем плутония увеличивается, но также увеличивается и скорость его выгорания, это делает общую стратегическую ценность материала менее привлекательной. По данным причинам использование топлива с обогащением 20 % можно считать обоснованным, и даже оптимальным выбором для целей, связанных с конверсии исследовательских реакторов.

При анализе возможности конверсии активной зоны исследовательских ядерных реакторов следует внимательно подойти к изучению следующих вопросов:

- сохранение проектных параметров реактора и, в частности, требуемых величин потоков как тепловых, так и быстрых нейтронов в экспериментальных каналах исследовательской установки;
- обеспечение большой глубины выгорания ядерного материала с точки зрения экономической целесообразности использования нового низкообогащенного топлива.

Для технического обоснования безопасной работы ядерной установки на новом топливе необходимо решить целый ряд нейтронно-физических и теплогидравлических задач. В данной работе приводятся результаты предварительных оценок возможности перевода реактора ИРТ-Т на такое топливо.

Реактор ИРТ-Т – исследовательский реактор бассейного типа с использованием в качестве замедлителя, теплоносителя и верхней защиты дистиллированной воды. Реактор предназначен для проведения научно-исследовательских работ по физике твердого тела, нейтронно-активационному анализу элементного состава веществ, производству радионуклидов, легированию кремния, нейтронной радиографии.

Активная зона реактора собирается из тепловыделяющих сборок (ТВС) типа ИРТ-3М с высоким коэффициентом размножения и малой длиной миграции, что позволяет получить геометрически малые размеры зоны и большую утечку нейтронов в отражатель. В качестве отражателя используется бериллий, имеющий большую длину миграции нейтронов, что позволяет обеспечить широкий максимум плотности потока тепловых нейтронов и высокий уровень плотности потока нейтронов в экспериментальных каналах [2]. Реактор имеет десять горизонтальных экспериментальных каналов (ГЭК) для вывода пучков нейтронов в физический зал. Облучение в реакторе образцов или блок-контейнеров производится в вертикальных каналах (ВЭК), в центральной бериллиевой ловушке установлено два канала, по периферии активной зоны за бериллиевым отражателем установлены восемь каналов.

Рабочая загрузка реактора состоит из центральной бериллиевой ловушки нейтронов и 20 ТВС ИРТ-3М с обогащением 90 % по U^{235} , из которых 8 ТВС – шеститрубные с каналами СУЗ, 12 ТВС восьмитрубные. Периферийные ячейки заполнены бериллиевыми блоками.

В целях обеспечения безопасности реактора следует ограничивать максимальный тепловой поток с поверхности твэл до значения удовлетворяющего выражению:

$$Q_{\max} = \frac{Q_{\text{кр}}}{K_3},$$

где Q_{\max} – максимально допустимый тепловой поток с поверхности твэлов, $Q_{\text{кр}}$ – тепловой поток, при котором наступает кризис теплообмена; K_3 – коэффициент запаса до кризиса теплообмена.

В рамках этой работы создана расчетная модель этого реактора и проведены оценочные расчеты распределений энерговыделения по сечению и длине наиболее энергонапряженных сборок.

По рабочим картограммам загрузки реактора ИРТ-Т с помощью программы MC5TRU были оценены распределения энерговыделения по объему реактора и определены коэффициенты неравномерности тепловыделения по твэлам и ячейкам реактора. Расчетное значение коэффициента неравномерности энерговыделения по высоте активной зоны равно 1,31. Коэффициент неравномерности распределения энерговыделения по горизонтальному сечению наиболее напряженной восьмитрубной ТВС (ячейка № 10) равен 1,4. С помощью программ теплофизического расчета (ТГРК и FELM) были определены температурные режимы работы ТВС и твэлов реактора ИРТ-Т. При мощности реактора 6 МВт температуры сердечников твэлов не превышают 80 °С. Мощность реактора ИРТ-Т, при которой наступает кризис теплообмена, составляет 14 МВт. Условия безопасной эксплуатации реактора обуславливаются коэффициентом запаса до кризиса теплообмена, который был выбран 1,4, при этом максимальная мощность реактора может составить до 10 МВт [3].

Исследования параметров любого ядерного реактора не обходятся без теплогидравлических расчетов, которые состоят не только из расчетов активной зоны и ее элементов, но и из построения полномасштабных теплогидравлических моделей ядерных реакторов. В данной работе была использована программа TRACE (TRAC/RELAP Advanced Computational Engine), которая разработана для проведения расчетов, связанных с потерей теплоносителя, а также для расчетов переходных процессов в реакторах типа PWR (pressurized light-water reactor) и BWR (boiling light-water reactor).

Для этой программы была разработана одноконтурная модель реактора ИРТ-Т с упрощенной активной зоной, теплообменниками, циркуляционными насосами и насосами аварийного охлаждения. Результаты расчетов по программе TRACE [4] хорошо согласуются с экспериментальными данными. Расчетные значения этих параметров близки к приведенным в его техническом обосновании безопасности.

С помощью программы WIMS-D4 были проведены оценочные расчеты исследования глубины выгорания разных ТВС: ИРТ-3М с 90 % обогащением и ИРТ-4М с 19,7 % обогащением. На рис. 1 приведены результаты расчета размножающих свойств ТВС реактора типа ИРТ со штатным высокообогащенным топливом (UO_2+Al) и топливом ($U+Mo$) с обогащением 19,8 %.

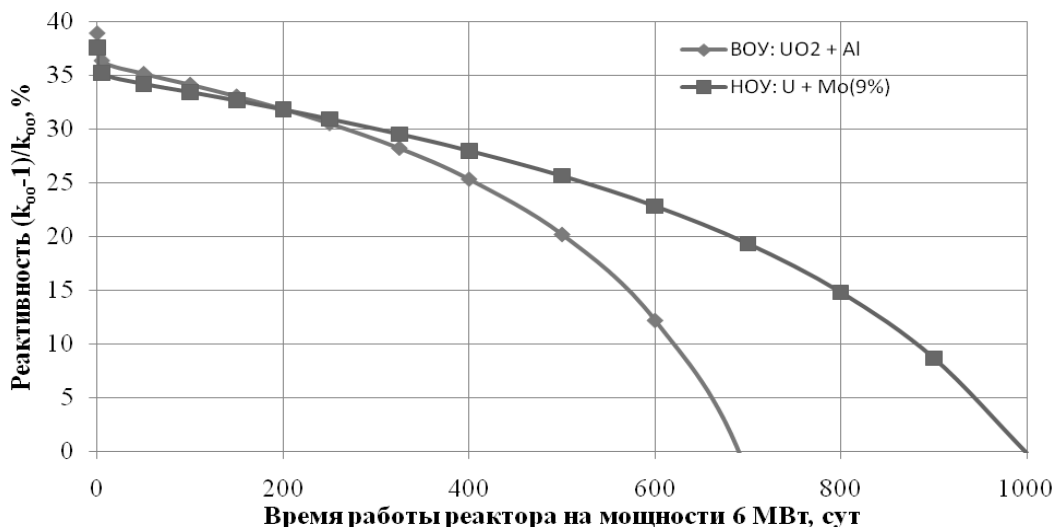


Рис.1. Результаты расчета размножающих свойств ТВС реактора типа ИРТ со штатным высокообогащенным топливом (UO_2+Al) и топливом ($U+Mo$) с обогащением 19,8 %

Низкообогащенное уран-молибденовое топливо при больших выгораниях имеет более высокие размножающие свойства и может позволить достичь в выгружаемом топливе более высоких значений глубины выгорания.

Несмотря на то, что при переводе на низкообогащенное топливо может произойти некоторое снижение плотности потока нейтронов в его экспериментальных каналах, данное топливо может быть использовано в реакторе ИРТ-Т.

Список литературы:

1. Alexander Glaser. On the Proliferation Potential of Uranium Fuel for Research Reactors at Various Enrichment Levels. Science and Global Security, 2006, Volume 14, pp. 1-24
2. Варлачев В.А., Гусаров О.Ф., Заболотнов С.А. и др. Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 56 с.
3. Чертков Ю.Б., Иванов А.А., Наймушин А.Г. Температурные режимы работы твэлов реактора ИРТ-Т // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 316. – № 4. – С. 19–22.
4. Наймушин А.Г. Чертков Ю.Б., Использование программы TRACE для создания теплогидравлической модели реактора ИРТ-Т // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 4. – С. 29–33.

УДК 661.88

Исследование ковалентного нитрида углерода после термического воздействия методами просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии

А.Я. Пак, П.А. Радостев, А.А. Сивков

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

mpt@elti.tpu.ru

Процесс синтеза ковалентного нитрида углерода реализуется в гиперскоростной струе углеродной электроразрядной плазмы, истекающей в реактор, заполненный газообразным азотом. Продукт плазмодинамического синтеза системы C-N подвергнут термическому воздействию в воздушной атмосфере с целью очистки материала от углеродных примесных фаз. Продукт изучен методами просвечивающей электронной микроскопии и сканирующей электронной микроскопии. В результате рассмотрена морфология частиц кристаллического нитрида углерода, определен элементный состав методом энергодисперсионного анализа.

В работах [1,2] показана возможность синтеза ультрадисперсных кристаллических фаз в плазмодинамической системе C-N, в частности ковалентного нитрида углерода. Процесс синтеза реализуется при помощи сильноточного коаксиального магнитоплазменного ускорителя КМПУ [3] с графитовым ускорительным каналом, генерирующим гиперскоростную струю углеродной электроразрядной плазмы, истекающей в камеру, заполненную газообразным азотом.

В качестве напоминания в таблице 1 приведены результаты рентгенофазового анализа синтезированного материала. Съемка производилась на дифрактометре Shimadzu XRD 6000 (CuK α). При проведении полнопрофильного анализа рентгеновского дифракционного спектра использовалась программа PowderCell 2.4 и база структурных данных «PDF4+».

Таблица 1. Результаты полнопрофильного анализа рентгеновской дифрактограммы исходного продукта синтеза.

№ п/п	Кристаллическая фаза	Содержание, % (масс)	Параметр решетки, Å	
			эксп.	PDF
1	nt-C	27,9	a = 2,4710 c = 6,8108	2,4770 6,8500
2	d-C	38,4	a = 3,6364	3,5770
3	tC ₃ N ₄	19,9	a = 3,4319 c = 3,3985	3,4232 3,4232
4	α C ₃ N ₄	12,8	a = 6,5650 c = 4,6109	6,4665 4,7097
5	W ₂ C	<1,0	a = 5,1356 c = 4,8046	5,1900 4,7240

Как видно из таблицы 1, в существенном количестве образуются углеродные ультрадисперсные материалы. Также продукт загрязнен карбидом вольфрама, который образуется в результате электроэрозии центрального вольфрамового электрода ускорителя.

С целью определения возможности очистки материала от углеродных фаз проведен термический анализ продукта синтеза методом дифференциальной сканирующей калориметрии на анализаторе NETZCH STA 449 Jupiter с возможностью качественного анализа выделяемых и поглощаемых исследуемым материалом газов при помощи квадрупольного масс-спектрометра. В результате была определена температура отжига, необходимая для окисления углеродных фаз с образованием углекислого газа, составляющая около 700-800 °C в воздушной атмосфере, что согласуется с

литературными данными [4-6]. После этого продукт синтеза был отожжен в атмосферной печи LAC VP20/17 при температуре 800 °С в корундовой посуде, предварительно отожженной в тех же условиях. Скорость нагрева составляла 10°С/мин, по достижению указанной температуры печь отключалась, охлаждение естественное.

Отожженный порошкообразный материал коричневого цвета исследовался методами растровой сканирующей электронной микроскопии – SEM (Quanta 200 3D с приставкой энергодисперсионного анализа EDAX) и просвечивающей электронной микроскопии - ТЕМ (Philips CM30).

Из приведенных на рис.1. SEM-микроснимков видно, что отожженный материал состоит из относительно крупных, до 20 мкм, агломератов стержнеобразных ограниченных частиц с поперечным размером не более ~200 нм. Элементный микроанализ показал, что эти частицы состоят из азота и углерода. По морфологии частицы очень схожи с стержнеобразными монокристаллами β -фазы нитрида углерода C_3N_4 , полученного методом механосинтеза [7] и его структурным аналогом βSi_3N_4 [8]. Энергодисперсионный анализ по двум элементам: азот и углерод показал соотношение N:C как 0,67, что говорит об избытке углерода для стехиометрии C_3N_4 , что может быть объяснено наличием углерода в клейкой подложке, на которой располагается исследуемый образец при проведении растровой электронной микроскопии.

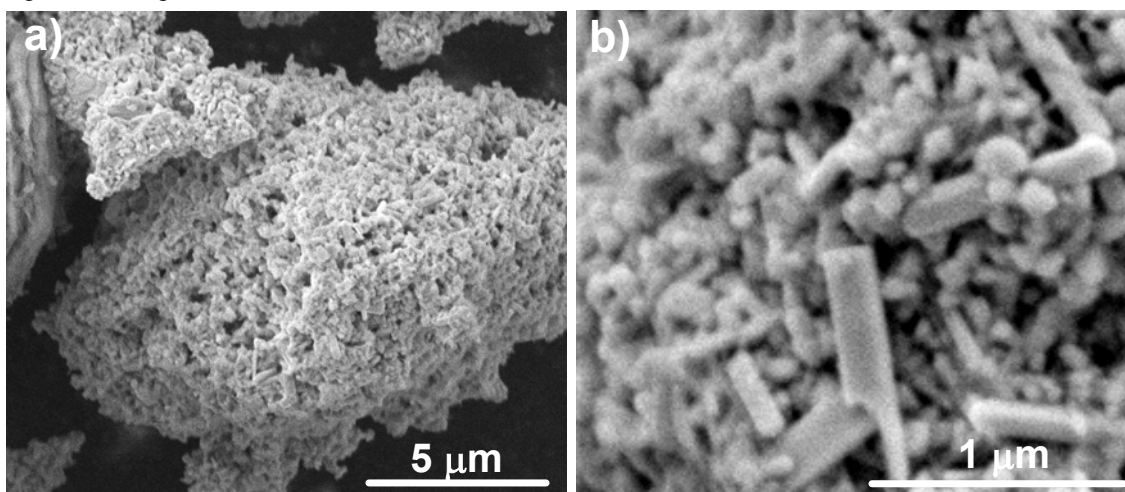


Рис. 1. SEM – снимки отожженного продукта динамического синтеза

На реплике с образцом отожженного при 800 °С материала обнаруживается множество кристаллографически оформленных стержнеобразных частиц с поперечным размером порядка ~100 нм аналогичных показанным на SEM-микроснимках (рис.1) и бесформенных объектов с неразличимой структурой. На рис. 2 для отдельного кристаллита и бесформенного объекта приведены светлопольные ТЕМ-микроснимки, снятые на них картины электронной дифракции и темнопольные микроснимки, полученные при смещении апертурной диафрагмы в область указанных рефлексов. Подборки микроснимков а) и б) отличаются тем, что в случае б) реплика с образцом повернута на ~16 градусов относительно положения в случае а). Характер электронограмм и контуров отражающих плоскостей на темнопольных микроснимках свидетельствует о монокристаллической структуре образующихся после отжига удлиненных объектов. Анализ микроснимков и электронограммы подборки с) на рис. 2 указывает на то, что бесформенные объекты в отожженном продукте представляет собой либо плотные агломераты наночастиц, морфология которых не различима на светлопольных ТЕМ-микроснимках в силу низкой разрешающей способности микроскопа, либо поликристаллы с областями когерентного рассеяния наноразмерного диапазона. Продолговатые области рассеяния четко выделяются на темнопольном ТЕМ-снимке в рефлексе 200 βC_3N_4 .

Рассчитанные по представленным электронограммам возможные значения межплоскостных расстояний наиболее близки к параметрам теоретических структурных моделей α – фазы и β -фазы ковалентного нитрида углерода. По представленным данным не представляется возможным однозначно идентифицировать фазовый состав синтезированного продукта. Поэтому, хорошие совпадения экспериментальных значений межплоскостных расстояний с теоретическими для α – фазы и β - фазы C_3N_4 могут свидетельствовать в первом приближении о гетерогенности структуры рассматриваемого материала.

По совокупности представленных данных можно заключить о возможности очистки продукта динамического синтеза в системе С-N от примесных углеродных фаз путем его термической обработки в атмосфере воздуха. Однако, в указанном температурном диапазоне происходит перекристаллизация материала с образованием стержнеобразных монокристаллов с геометрически идеальной огранкой и средним поперечным размером порядка 100 нм, предел термической устойчивости которого составляет

не менее 800°C. Аналитические исследования методом ТЕМ позволяют высказать предположение о гетерогенности исследуемого материала.

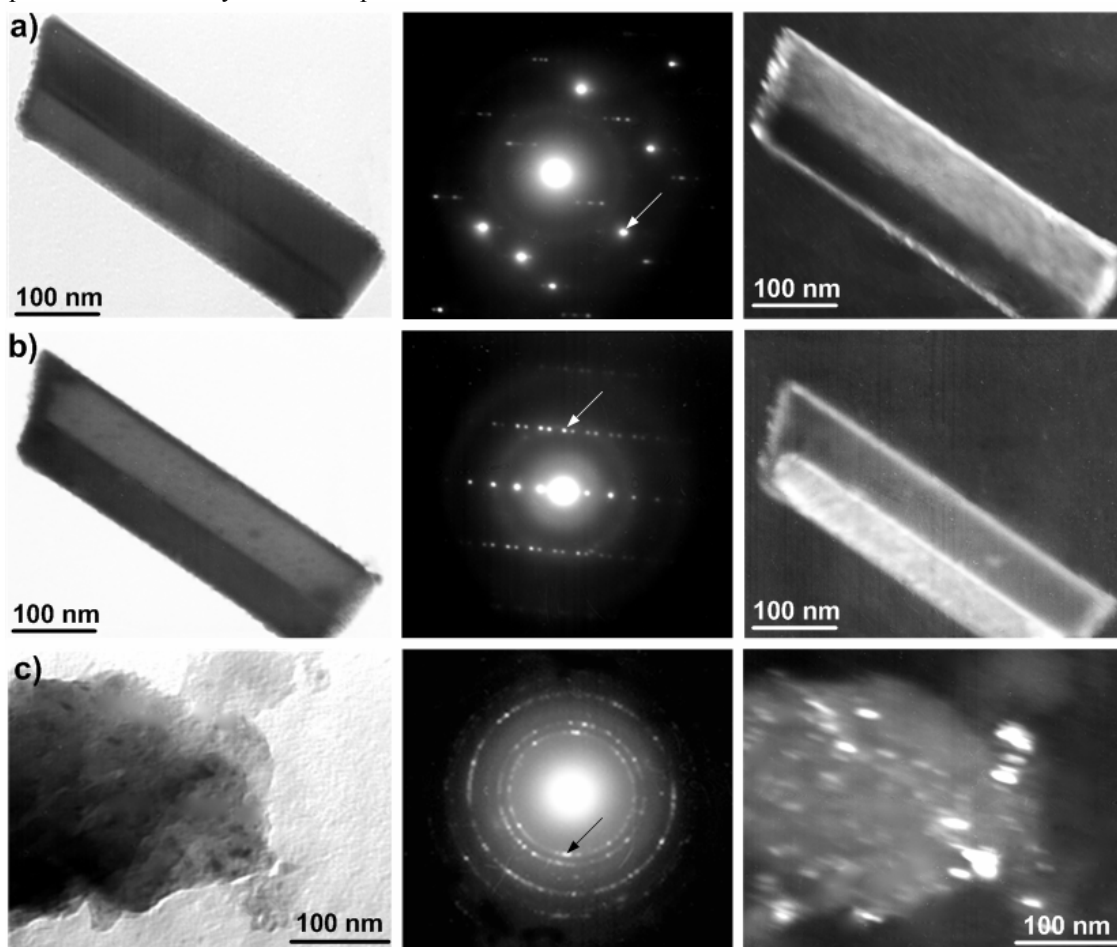


Рис. 2. Результаты ТЕМ отожженного продукта

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект номер 09-08-01110) и в рамках Аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)» (проект номер 2.1.2/886).

Авторы выражают благодарность профессору Найдено Е.П. за консультации в области дифракционных методов анализа.

Список литературы:

1. Sivkov A.A., Naiden E.P., and Pak A. Ya., Dynamic Synthesis of Ultradispersed Crystalline Phases on the C-N System// *Journal of Superhard Materials*. - 2009 - vol. 5, P. 300-305.
2. Sivkov A. A., Saigash A.S., Pak A.J. Dynamic synthesis of nanodispersed C-N crystalline phases// 9th International Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows (9th CMM), Proceedings Tomsk, 26.09.08, Tomsk: Publishing house of the IAO SB RAS, 2008, P.668-671.
3. Пат. на полезную модель 61856 РФ. 7 F 41 В 6/00. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель / Д. Ю. Герасимов, А. С. Сайгаш, А. А. Сивков. — Оpubл. 10.03.07, Бюл. № 7.
4. Yanping Liu, Yao Liu, Yi Lin, Weiping Li, Weiping Zhou, Fei Wei. Purifying double-walled carbon nanotubes by vacuum high-temperature treatment//*Nanotechnology*. – 2007. – Vol. 18. – P. 1-6.
5. Joeong Hahn, Soo Bong Heo, Jung Sang Suh. Catalyst free synthesis of high-purity carbon nanotubes by thermal plasma jet//*Letters to Editor/Carbon*. – 2005. – Vol. – P. 2638-2641.
6. Dolmatov V.Yu. On elemental composition and crystal-chemical parameters of detonation nanodiamonds//*Journal of superhard materials*. – 2009. – Vol.31. – P. 158-164.
7. Long-Wei Yin, Yoshi Bando, Mu-Sen Li, Yu-Xian Liu, Yong-Xin Qi. Unigle single-crystalline beta carbon nitride nanorods// *Adv. mater*, - 2003- vol.15. №21. P.1840-1844.
8. Викулин В.В. Производство изделий на основе Si₃N₄ и их применение в авиационно-космической промышленности// *Перспективные материалы*. – 2006 - №5. - С. 14-19.

Энергосбережение на главных вентиляторных установках шахт

Н.Н. Петров, Ю.В. Козлов

Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Dlja_Djurina@mail.ru

Проанализирована структура потерь энергии в элементах главных вентиляторных установок. Выработаны предложения и рекомендации по снижению их энергопотребления.

Большинство действующих на шахтах СНГ ГВУ не экономичны, занимают значительные площади на поверхности, плохо реверсируются (особенно в холодное время года), не способны работать в системах автоматического регулирования и управления проветриванием, не обладают достаточными адаптивными свойствами.

Рост тарифов на электроэнергию и энергоемкости ГВУ в значительной мере определяют суммарное энергопотребление шахт, стоимость которого на шахтах Кузбасса в начале 2000-х годов достигала 15 % себестоимости добываемого полезного ископаемого [1].

Учитывая тенденцию к увеличению энергопотребления шахт по мере их развития и рост тарифов на электрическую энергию, который составляет по данным сайта Федеральной службы по тарифам по РФ для потребителей розничного рынка в среднем: за 2008 год – 12%, за 2009 год – 19%, за 2010 год – 8%, актуальной становится проблема снижения энергозатрат шахтного оборудования. Структура потребления электроэнергии технологическими процессами и установками шахты представлена в табл. 1 [2].

Таблица 1. Структура потребления электроэнергии технологическими процессами и установками шахты

Наименование технологического процесса	Доля потребления электроэнергии в общешахтном объеме, %
Очистные и подготовительные работы	8-16
Подземный конвейерный транспорт	10-15
Подъемные установки	8-20
Компрессорные установки	3-6
Проветривание	20-30
Водоотлив	7-25

Из таблицы 1 видно, что одним из наиболее энергоемких процессов является проветривание. Основная доля расходуемой на вентиляцию шахты электроэнергии принадлежит главным вентиляторным установкам (ГВУ). ГВУ состоит из следующих элементов: вентилятора, электропривода и поверхностных вентиляционных сооружений (надшахтное здание и вентиляционные каналы) см. рис 1.

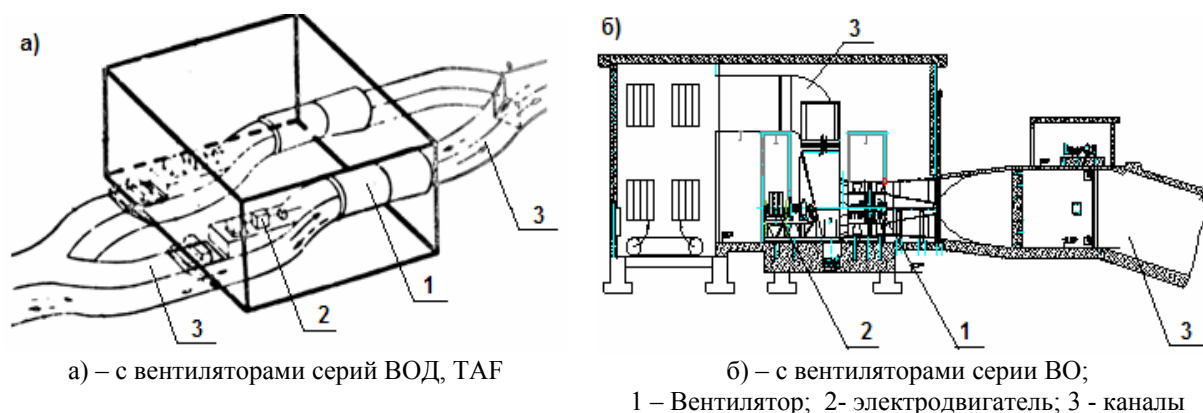


Рис. 1. Типовые схемы каналов вентиляторной установки:

Оценка потерь в каналах вентиляторной установки представлена в табл.2.

Таблица 2. Оценка потерь в каналах вентиляторной установки

Вентиляторная установка с двумя вентиляторами	Суммарная длина подвижных уплотнений, м	Суммарный угол поворота потока, град	КПД каналов
ВОКД-3,6	58	350	0,76
ВОД-40	48	310	0,78
ТАФ 45.2/24-1 на примере ш. «Алардинская»	41	340	0,79
ВО-43	32	300	0,85

Мощность, потребляемая электродвигателем из сети преобразуется по следующей схеме в гидравлическую мощность, идущую на проветривание шахты:

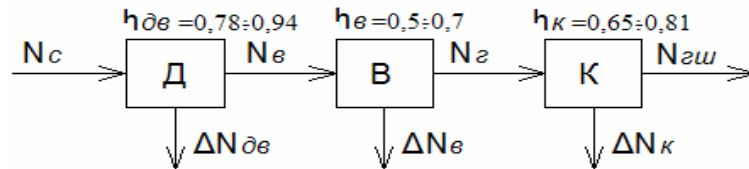


Рис. 2 Схема преобразования энергии в элементах вентиляторной установки

где: $N_C, N_B, N_G, N_{ГШ}$ - соответственно мощность, потребляемая двигателем из сети; мощность на валу; гидравлическая мощность вентилятора; гидравлическая мощность, идущая на проветривание шахты.

$\Delta N_{ДВ}, \Delta N_{В}, \Delta N_{К}$ - соответственно потери мощности в электродвигателе; вентиляторе; вентиляционных каналах;

Таким образом, КПД действующих на шахтах СНГ установок находится в пределах:

$$\eta_{\text{общ}} = N_{ГШ} / N_C = \eta_{ДВ} \cdot \eta_{В} \cdot \eta_{К} = 0,25 - 0,53$$

Для крупных шахт и рудников мощность электропривода ГВУ достигает диапазона от 2 до 5 МВт, вопросы энергопотребления на вентиляцию становятся актуальными.

Отличительной особенностью вентиляционной системы шахты является постоянное изменение схемы шахтного проветривания с большой протяженностью и разветвленностью вентиляционной сети. Ствол шахты представляет собой сложную аэродинамическую систему с постоянно изменяющимся аэродинамическим сопротивлением сети, которое определяет производительность и напор вентиляторной установки. Вывод режимов вентиляции на максимальную производительность и давление происходит в течение десятка лет. К тому же на параметры всей системы заметно влияет изменение естественной тяги от температуры воздуха на поверхности в течение суток и сезонов года.

Сказанное предопределяет необходимость регулирования производительности вентиляторной установки при сохранении ее высоких энергетических показателей.

Нами разработаны проекты по модернизации главных вентиляторов серии ВОД и ВОКД путем замены двухступенчатого ротора с не поворотными на ходу лопатками рабочих колес на новый одноступенчатый ротор, оснащенный механизмом поворота на ходу лопаток рабочего колеса, что позволяет использовать эти вентиляторы в системах автоматического управления а также увеличить эксплуатационные параметры вентилятора [3].

Важным рычагом для повышения экономичности систем проветривания шахт является адаптация характеристик главных вентиляторных установок к изменяющимся характеристикам вентиляционных сетей, которые за срок службы шахт изменяются. Поэтому главные установки или перестают удовлетворять систему по требуемой производительности и давлению, или начинают работать с низкими технико-экономическими показателями. В такой ситуации на шахтах и рудниках, как правило, необходимо использовать осевые вентиляторы со сменными лопатками рабочего колеса, позволяющие экономично адаптировать режим вентилятора к изменяющимся параметрам сети в процессе отработки месторождения [4].

Дополнительная экономия энергии возможна за счет регулирования возбуждения синхронного привода вентиляторов в зависимости от нагрузки на валу (при уменьшении нагрузки на валу двигателя можно увеличивать отдаваемую им реактивную энергию) по закону поддержания постоянных потерь в двигателе, что позволит обеспечить дополнительный экономический эффект за счет снижения потерь в питающем электрическом фидере и в разветвленной части сети [5].

Функция рационального регулирования возбуждения синхронного двигателя представлена на рис. 3, где кривая $\alpha = f(\beta)$ - наиболее выгодная загрузка двигателя реактивной мощностью $\alpha = Q / Q_H$ (Q - текущая реактивная мощность, Q_H - номинальная реактивная мощность). В зависимости от нагрузки на валу $\beta = P / P_H$ (P - текущая активная мощность на валу, P_H -

номинальная активная мощность) в относительных единицах; $K_B = f(\beta) = I_B / I_{BH}$ (I_B - текущий ток возбуждения, I_{BH} - номинальный ток возбуждения) - необходимое для осуществления этой загрузки изменение тока возбуждения двигателя в относительных единицах.

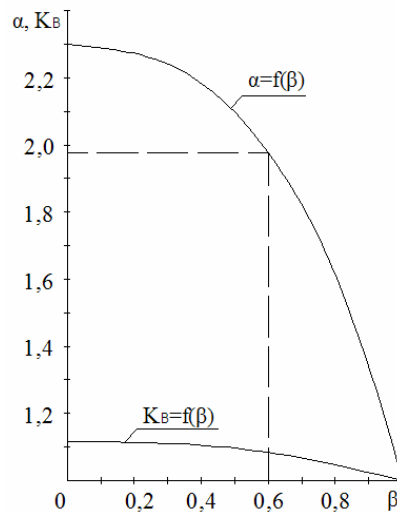


Рис. 3. Функция рационального регулирования возбуждения синхронного двигателя

Оценка экономии электроэнергии до / после модернизации представлена в таблице 3

Таблица 3. Оценка экономии электроэнергии до / после модернизации

Тип вентилятора до / после модернизации	Мощность эл. двигателя до / после модернизации, кВт	Экономия эл. энергии, млн. кВт*ч/год		
		за счет регулирования режима работы вентилятора поворотом лопаток пропорционально фактическому метаносодержанию	за счет регулирования режима возбуждения эл. двигателя	Суммарная
ВОКД-2,4/ВО-24Км	1000/1200	4,21	0,59	4,8
ВОКД-3,6/ВО-36Км	2000/2500	8,76	1,22	9,98
ВОД-40/ВО-40Км	1600/4000	14,01	1,95	15,96

Таким образом, при тарифах на электрическую энергию, например, в Кемерово 1,962 руб/кВт*ч, экономическая эффективность модернизации вентиляторов ВОД-40 может составить $15,96 * 1,962 = 31,31$ млн. руб/год, т.е модернизация установки окупится за период от 1,5 до 2 лет.

Снижение энергопотребления на вентиляцию шахт и рудников можно обеспечить за счет:

1. Снижения потерь в технологических схемах путем применения при новом строительстве вентиляционных каналов с высокими КПД
2. Эффективной адаптации аэродинамических характеристик вентиляторов к изменяющимся режимам проветривания
3. Регулирования производительности главных вентиляторов посредством поворота на ходу лопаток рабочего колеса
4. Модернизации устаревших вентиляторов серий ВОКД и ВОД
5. Обоснованного выбора и эффективного использования синхронных приводов главных вентиляторных установок.

Список литературы:

1. Захарова А. Г., Разгильдеев Г. И. Структура энергопотребления и ресурсы энергосбережения на шахтах Кузбасса // Уголь. – 2000. – № 7. – С. 48 – 50.
2. Бих В.В. Снижение энергозатрат угледобывающего предприятия с использованием автоматизированных систем оперативно-диспетчерского управления. Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. Статей/ Сиб.гос.индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2010.-493 с.
3. Петров Н.Н., Баранов В.Ю, Козлов Ю.В.. Модернизация главных вентиляторов шахт для снижения энергопотребления и повышения безопасности по фактору вентиляции. Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. Статей/ Сиб.гос.индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2010.-493 с.

4. Петров Н.Н. Попов Н. А. Пути повышения экономичности и надежности проветривания рудников. ФТПРПИ. – 1996. – № 6. – С. 88–99.
5. Пономарев П.Т., Семенов О.Д., Петров Н. Н. К обоснованию закона регулирования возбуждения синхронного привода шахтных вентиляторов. – В кн.: Автомат. Управл. В горном деле. Новосибирск, ИГД СО АН СССР, 1971.

Влияние факторов природной и техногенной среды на энергоёмкость ВРП

С.А. Пономарёв, Е.В. Богданова

Томский Политехнический Университет, г. Томск, Россия

pono_sa@tpu.ru, godinkz@mail.ru

Россия является сырьевым поставщиком для европейских и азиатских государств экспортируя в больших объемах нефть, природный газ, ядерное топливо для АЭС.

В тоже время доля энергетической составляющей в себестоимости единицы валового внутреннего продукта в России превышает энергоёмкость ВВП западных стран в 2-3 раза. Энергоёмкость ВВП России продолжает непрерывно расти, и в некоторых отраслях промышленности энергоёмкость ВВП уже достигла значений 30%.

Наибольшие потери при добыче топлива в нашей стране в настоящее время имеют место нефтедобывающей отрасли.

Вторая серьезная потеря топлива имеется при транспорте природного газа по трубопроводам на сверхдальние расстояния (более 700 км).

Несмотря на позитивные тенденции последних лет, уровень потребления топливно-энергетических ресурсов на единицу ВВП в России остается существенно выше показателей других стран, включая даже «северные» экономики с довольно холодным климатом, такие как страны Скандинавии и Канада.

Кроме суровых климатических условий и территориального фактора, существенное влияние оказывает структура экономики, нарастающая технологическая отсталость энергоёмких производств и жилищно-коммунального хозяйства, низкая эффективность использования ресурсов и мер по энергосбережению.

Увеличение спроса на энергоресурсы, как в производственной, так и в коммунально-бытовой сферах России обусловлено низкой эффективностью их использования. Механизмы административного воздействия не пригодны для населения, энергоснабжающих и иных организаций. Механизм управления программой энергосбережения должен базироваться, как на методах административного воздействия, так и на методах экономического стимулирования.

Топливо-энергетический баланс складывается из двух составляющих: энергии, потребной для производства средств производства и, необходимой для производства товаров потребления. Объемы каждой из этой составляющих неизвестны и могут быть определены приближенно. В работах по экономии энергии используются различные единицы измерения энергии, что затрудняет сопоставление данных. Это вызвано различием используемых единиц в разных странах. [1]

Для того чтобы провести анализ энергетических потребностей человека, следует рассмотреть основной набор продуктов питания и услуг жилищно-коммунального характера. Статистические данные такого рода представлены в потребительской корзине [6], которая разработана для основных социально-демографических групп населения Правительством Российской Федерации в соответствии с Федеральным законом «О прожиточном минимуме в Российской Федерации». [1,2]

Например, зерно, выращиваемое в сельском хозяйстве, прежде чем превратиться в конечный продукт — хлеб, проходит четыре стадии обработки: 1) сбор, обмолот и сортировка зерна в сельском хозяйстве; 2) очистка, сушка и хранение на элеваторах; 3) размол зерна на мельницах; 4) выпечка хлеба на хлебозаводах. Так же на каждом этапе производства нельзя не учесть такой удельный расход, как транспорт. Для наглядности этапы производства отражены в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Этапы производства хлеба

1 этап	2 этап	3 этап	4 этап
Посев Сбор Обмолот Сортировка	Очистка Сушка Хранение	Размол зерна на мельницы	Выпечка хлеба на хлебозаводах

Таблица 2 – Этапы производства мяса

1 этап	2 этап	3 этап
Заготовка кормов Приготовление кормов	Раздача кормов	Вентиляция Отопление Освещение Водоснабжение

Таблица 3 – Этапы производства Овощи и бахчевые

1 этап	2 этап
Вспашка земель Полив Посев	Сбор урожая Хранение

Для каждого компонента потребительской корзины определяются этапы производства. После того, как все стадии определены, приступаем к определению удельных затрат по каждому из этапов.

После определения этапов производства продукта, начинается определение удельных затрат на каждом этапе производства. Большинство значений известно из справочников по электроснабжению и электрооборудованию. Следует отметить, что во всех расчетах частично учтены и прочие энергозатраты, которые имеют место в промышленности при создании средств производства и формируются в основном в металлургии, химии, нефтехимии и машиностроении. Это те энергозатраты, которые явно невозможно оценить и которые по экспертным оценкам составляют (10 – 15%) $\mathcal{E}_{полн}$. [1]

Рассмотрим на примере продовольственной части потребительской корзины. Хлебные продукты (хлеб и макаронные изделия в пересчете на муку, мука, крупы, бобовые). Объем потребления 133,7 кг в год (трудоспособное население).

Таблица 4 – Энергоемкость процессов при производстве компонента потребительской корзины

Наименование технологического процесса	Энергоемкость, кг у.т.	W_{1k} , о.е.
Прямые затраты		
Подготовка почвы (15)	1,59	0,0332
Сев(5)	0,53	0,011
Уборка урожая(15)	1,58	0,033
транспорт	7,28	0,152
Оборудование для производства конечного продукта(элеватор, мельница, хлебопекарня)	23,77	0,496
	Эпр=34,75	
Косвенные затраты		
Вентиляция	3,47	0,072
Освещение и отопление	3,48	0,073
	Экосв=6,95	
Прочие энергозатраты (0,15* $\mathcal{E}_{полн}$)	6,255	0,13
	Эполн=47,955	1

В таблице - 4 приведены энергоемкость значимых процессов при производстве компонента потребительской корзины. Они были получены расчетным путем, путем запроса на предприятие и из справочной литературы. Расход дизтоплива на сельхозтехнику взяты из их технических характеристик, с учетом нагрузки, и сложности работ в связи с климатическими условиями и месторасположением Томской области.

При определении значимости энергоемкости каждого этапа технологического процесса в общей величине энергозатрат, идущих на производство компонента потребительской корзины (таб. 1) ($\mathcal{E}_{полн}$), вычисляем её фактическую долю W_{1k} по формуле[1]:

$$W_{1k} = \frac{x_{1k}}{\sum_{i=1}^n x_{1k} + \sum_{j=1}^n x_{jk}}; \quad W_{2k} = \frac{x_{2k}}{\sum_{i=1}^n x_{1k} + \sum_{j=1}^n x_{jk}}; \quad W_{nk} = \frac{x_{nk}}{\sum_{i=1}^n x_{1k} + \sum_{j=1}^n x_{jk}},$$

где x_{1k} , x_{2k} , x_{nk} - энергоемкость 1-го, 2-го, n -го этапа технологического процесса в производстве k -го компонента объемом потребления Z_k ;

$$\sum_{j=1}^n x_{ik} + \sum_{j=1}^n x_{jk} = \mathcal{E}_{\text{полн}} - \text{полные энергозатраты на производство } k\text{-го компонента ПК. [1]}$$

Для остальных компонентов потребительской корзины расчет проводится аналогично.



Рис. 1. Распределение затрат при производстве хлеба

Таким образом, расчет затрат энергии на всех этапах производства продукта (таблица 4) позволяет оценить влияние тех или иных технологических или структурных преобразований в экономике области. На определенных этапах производства продукта, используются различная техника, устройства, исчерпавшие свои ресурсы. Исходя из этого, можно сделать вывод, что затраты на производство продуктов можно сократить, путем полной или частичной заменой оборудования. Местоположение региона также влияет на энергоемкость продукта, так как от климатических условий зависят некоторые этапы производства. По данному принципу работы, можно рассчитать энергоемкость транспортных работ. Так как в настоящее время в России на нужды транспорта расходуется около 10 % всех потребляемых энергетических ресурсов. В пересчете на условное топливо это составляет сотни миллионов тонн. Осуществление энергосбережения в этой отрасли представляет на сегодня актуальную задачу.

Список литературы:

1. Климова Г.Н. Энергосбережение на промышленных предприятиях: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 153с.
2. Статистический ежегодник, (2000-2008 г.г.)/ Томск, октябрь 2009 г., Тираж 60 экз., К-ОКП 95200
3. Файбисович А.А. Справочник по проектированию электрических сетей. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006г
4. Департамент Энергетики Администрации Томской области // <http://nedra.tomsk.gov.ru>
5. Идельчик В.И. Электрические сети и системы. - М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592с.
6. Закон Томской области "О потребительской корзине и порядке установления величины прожиточного минимума в Томской области".
7. Литвак В.В., Силич В.А., Яворский М.И. Региональный вектор энергосбережения. – Томск: STT, 1999. – 320 с.

УДК 661.88

О возможности очистки от примесных фаз ультрадисперсного продукта плазмодинамического синтеза в системе С-N

П.А. Радостев, А.Я. Пак, А.А. Сивков

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

mpi@elti.tpu.ru

В работе представлены результаты термографических исследований нанодисперсного продукта динамического синтеза в гиперскоростной импульсной струе углеродной электроразрядной плазмы, истекающей в азотную атмосферу при нормальных условиях. Показано данных термогравиметрии, дифференциальной сканирующей калориметрии и хромато-масс-спектрометрии. Установлена возможность выжигания чисто углеродных фаз, образующихся при газо-фазном синтезе ковалентного кристаллического нитрида углерода с целью повышения его концентрации.

В работах [1,2] достаточно убедительно показана возможность синтеза ультрадисперсного ковалентного нитрида углерода со стехиометрией C_3N_4 в гиперскоростной импульсной струе углеродной электроразрядной плазмы. Разработанный способ относительно прост и эффективен в сравнении с методом механосинтеза [3], использованного зарубежными учеными и дающего, по нашему мнению, наиболее близкие результаты. Способ динамического плазмохимического синтеза реализуется в кратковременном (до 10^{-3} с) цикле работы коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ) [4] с графитовым ускорительным каналом (УК) и сильноточным (порядка 10^5 А) дуговым разрядом типа Z-пинч. Генерируемая КМПУ импульсная струя углеродной плазмы истекает в герметичный объем камеры-реактора (КР) с азотной атмосферой при нормальных давлении и температуре со скоростью порядка $10^3 \dots 10^4$ м/с в зависимости от энергетических параметров импульсного источника электропитания – емкостного накопителя энергии.

Основным недостатком способа на сегодняшний день является образование в большом количестве чисто углеродных плотных фаз, таких как углеродные нанотрубки MWNT, наноалмаз УДА и др., что характерно для газофазного синтеза в системах с углеродом. Кроме того, недостатком устройства КМПУ, реализующего способ, является использование вольфрамового центрального электрода Z-пинч-ускорителя, лежащего в основе КМПУ. Таким образом, полученный ультрадисперсный порошкообразный продукт оказывается сильно загрязненным плотными углеродными фазами и небольшим количеством кристаллического карбида вольфрама W_2C (WC_x) [1,2]. Помимо снижения эффективности процесса синтеза ковалентного нитрида углерода наличие примесей затрудняет получение однозначных доказательств синтеза ковалентного нитрида углерода. Поэтому, с целью получения повышения концентрации ожидаемых фаз нитрида углерода были проведены исследования продукта синтеза термографическим методом.

Согласно данным, приведенным в работе [5] предел термической устойчивости аморфного нитрида углерода в воздушной атмосфере со стехиометрией C_3N_4 при высоком значении удельной поверхности составляет ~ 700 °К, соответственно температура окисления кристаллических фаз C_3N_4 предположительно должна быть выше. Литературные данные по динамике окисления углеродных нанотрубок и УДА указывают пригодные температурные диапазоны в процессе окисления ультрадисперсных углеродных материалов для очистки продукта синтеза. Зона интенсивного окисления углеродных нанотрубок MWNT составляет $450-600$ °С [6], наноалмаз УДА $520-750$ °С. [7]

На рисунке 1 приведен типичный светлопольный ТЕМ-снимок скопления субмикронных и наноразмерных частиц, из которых преимущественно состоит продукт динамического синтеза в системе С-N [1]. Можно идентифицировать два типа нанообъектов: удлиненные объекты (1) (рис.1) с поперечным размером менее 50 нм – как многослойные углеродные нанотрубки MWNT; относительно крупные (100-300 нм) округлые уплощенные агрегаты (2) (рис.1), кристаллиты нитрида углерода двух возможных полиморфных модификаций – тетрагонального tC_3N_4 и тригонально-ромбоэдрического αC_3N_4 . Также имеют место более плотные не просвечивающиеся электронным пучком округлые объекты (3) (рис.1) со средними размерами до 40 нм, представляющие, по-видимому, фазы УДА и карбида вольфрама.

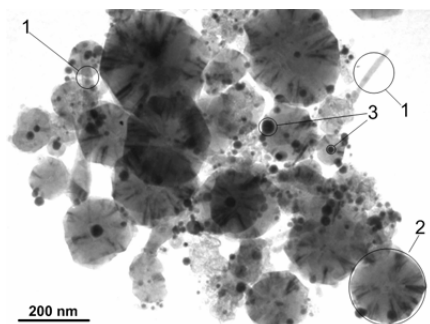


Рис. 1. Светлопольный ТЕМ-снимок скопления субмикронных и наноразмерных частиц в составе продукта динамического синтеза

На рисунке 2а приведены результаты дифференциального термического анализа, полученные с использованием анализатора NETZSCH STA 449 Jupiter с возможностью качественного анализа выделяемых и поглощаемых газов. Первичный анализ трех проб одного и того же образца проведен в воздушной атмосфере при нагреве пробы до 1450 °С и скорости нагрева 10 °С/мин. Исходная навеска продукта синтеза помещалась в корундовый тигель, предварительно отожженный в таких же условиях.

По кривой потери массы видно значительное снижение массы образца – $76,7\%$ на температурном интервале от 500 °С до 900 °С. Снижение массы образца приблизительно равно суммарному содержанию в продукте углеродных фаз. Экстремумы производной изменения массы (ДПГ - кривая) и теплового потока (ДСК - кривая) совпадают при температуре 710 °С, что говорит о

принадлежности явления снижения массы и выделения энергии к одному и тому же экзотермическому эффекту. Удельная теплота рассматриваемой экзотермической реакции составляет 10.4 кДж/г. При этом процесс происходит в температурном интервале, соответствующем, согласно литературным данным, окислению углеродных фаз.

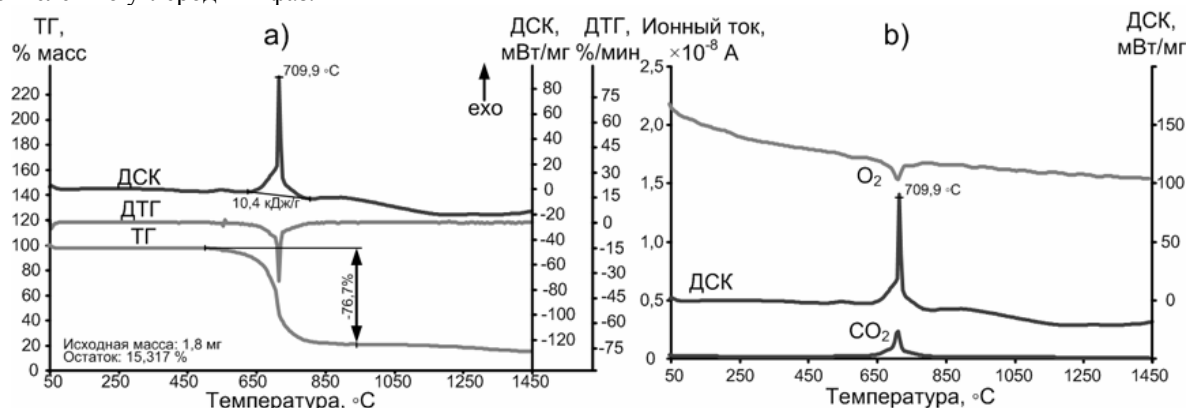


Рис. 2. Результаты термографических исследований: а) ДТА продукта динамического синтеза; б) анализ изменения концентрации газов в ходе ДТА.

На рисунке 2b представлены кривые ионных токов, характеризующие выделение и поглощения газов в реакционном объеме в ходе проведения ДТА, совмещенные с ДСК – кривой, позволяющие качественно оценить составляющие газовой среды в реакционном объеме. Видно интенсивное поглощение кислорода на температурном интервале от 650 °C до 750 °C. На этом же интервале происходит увеличение концентрации носителей заряда с массой 44 о.е., что соответствует углекислому газу. Максимумы уменьшения концентрации кислорода и увеличения концентрации углекислого газа совпадают с максимумом теплового потока при температуре 710 °C. Таким образом, рассматриваемый экзотермический эффект можно однозначно идентифицировать как окисление ультрадисперсных углеродных материалов в составе продукта синтеза. Следует отметить, что ионные токи, соответствующие концентрациям носителей заряда с массами отличными от 32 о.е. и 44 о.е., имеют порядок 10^{-10} А, и их изменение в ходе анализа практически неразличимо, что позволяет говорить в данном случае по совокупности представленных данных о том, что окисление углеродных ультрадисперсных фаз в составе продукта синтеза является единственной химической реакцией на всем исследуемой температурном диапазоне от 50 °C до 1450 °C.

Таким образом была определена наименьшая температура, до которой необходимо нагреть продукт синтеза в воздушной атмосфере для его очистки от углеродных фаз, которая составляет примерно 800 °C. После этого был произведен отжиг основной массы имеющегося продукта при указанной температуре в предварительно отожженной при тех же условиях корундовой посуде. Результаты проведенной ИК-Фурье спектроскопии (Nicolet 5700) отожженного при температуре 800 °C продукта показали наличие в материале полос поглощения в интервал волновых чисел от 1000 см^{-1} до 1500 см^{-1} соответствующих колебаниям одинарной С – N связи, в интервале от 1500 см^{-1} до 1750 см^{-1} , соответствующих двойной связи С = N и в интервале от 2150 см^{-1} до 2300 см^{-1} , соответствующих тройной связи С \equiv N согласно данным [8, 9]. Полученные данные согласуются с расчетными ИК-спектрами α - и β -фаз нитрида углерода, приведенными в работе [10].

Таким образом по приведенным в настоящей работе данным можно сделать вывод о том, что при отжиге продукта динамического синтеза до температуры 800 °C в воздушной атмосфере со скоростью изменения температуры 10 °C/мин была произведена очистка от углеродных фаз. Результаты ДТА показали уменьшение массы и выделения тепловой энергии на участке температурного диапазона, соответствующего окислению углеродных фаз, что свидетельствует об удалении примесей в виде углекислого газа. Полученный после отжига материал темно-желтого цвета в виде тонкой пленки на дне корундового тигля исследован методом ИК-Фурье спектрометрии, результаты которой говорят о наличии полос поглощения которые соответствуют одинарным С – N связям, двойным С = N связям, и тройным С \equiv N связям, что указывает на возможность существования нитрида углерода со стехиометрией C_3N_4 .

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект номер 09-08-01110) и в рамках Аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)» (проект номер 2.1.2/886).

Список литературы:

1. A.A. Sivkov, E.P. Naiden, and A. Ya. Pak, Dynamic Synthesis of Ultradispersed Crystalline Phases on the C-N System, Journal of Superhard Materials, vol. 5, P. 300-305, 2009.

2. 2. A. A. Sivkov, A.S. Saigash, A.J.Pak, Dynamic synthesis of nanodispersed C-N crystalline phases, 9th International Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows (9th CMM): Proceedings. Tomsk: Publishing house of the IAO SB RAS, 2008, Tomsk, Russia, P.668-671, 21 – 26.09.08.
3. 3. Long-Wei Yin, Yoshi Bando, Mu-Sen Li, Yu-Xian Liu, Yong-Xin Qi, Unigle single-crystalline beta carbon nitride nanorods, Adv. mater, vol.15, №21, P.1840-1844, 2003.
4. 4. Пат. на полезную модель 61856 РФ. 7 F 41 B 6/00. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель / Д. Ю. Герасимов, А. С. Сайгаш, А. А. Сивков. — Оpubл. 10.03.07, Бюл. № 7.
5. 5. Lin Liu, Ding Ma, Heng Zheng, Xiujie Li, Mojie Cheng, XinheBao, Synthesis and characterization of microporous carbon nitride, Microporous and mesoporous materials, vol.110, P. 216 – 222, 2008.
6. 6. Joeong Hahn, Soo Bong Heo, Jung Sang Suh. Catalyst free synthesis of high-purity carbon nanotubes by thermal plasma jet//Letters to Editor/Carbon – 2005 – Vol. – P. 2638-2641
7. 7. V.Yu.Dolmatov. On elemental composition and crystal-chemical parameters of detonation nanodiamonds//Journal of superhard materials – 2009. – Vol.31. – P. 158-164.
8. 8. Long-Wei Yin, Yoshi Bando, Mu-Sen Li, Yu-Xian Liu, Yong-Xin Qi. Unigle single-crystalline beta carbon nitride nanorods//Adv. mater. – 2003.- Vol.15. - №21. – P.1840-1844.
9. 9. Li Yang, Paul W. May, Lei Yin, James A. Smith, Keith N. Rosser. Ultra fine carbon nitride nanocrystals synthesized by laser ablation in liquid solution//Journal of nanoparticle research – 2007. – Vol.9. – P.1181-1185.
10. 10. Gu Yousong, Zngang Yougping, Gngang Xiangrong, Tian Zhongzhuo, Chen Nanxian, Shi Dongxia, Zngang Xiufang, Yuan Lei. Synthesis and characterization of C₃N₄ hard films//Science in China – 2000. – Vol. 43. - №2. – P.185-197.

УДК 661.88

Влияние энергии на фазовый состав продукта плазмодинамического синтеза системы С-N

И.А. Рахматуллин, Ю.Л. Колганова, И.И. Шаненков, А.А. Сивков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

mpi@elti.tpu.ru

Приведены результаты исследований продукта динамического синтеза газо-плазменной системы С-N методом рентгеновской дифрактометрии. Продукт синтезирован гиперскоростной импульсной струей углеродной электроразрядной плазмы, истекающей в пространство с азотной атмосферой, при различных значениях подведенной к системе энергии. Источником плазмы является сильноточный импульсный коаксиальный магнитоплазменный ускоритель с графитовым ускорительным каналом. Полученные данные показывают возможность влияния на фазовый состав продукта синтеза путем изменения энергетических параметров эксперимента.

Согласно расчетам методами квантовой механики [1] гипотетический кристаллический нитрид углерода C₃N₄, содержащий sp³ – связанный углерод, может превзойти по механическим характеристикам кубический нитрид бора и составить конкуренцию алмазу. Однако, анализ многочисленных публикаций по проблеме синтеза ковалентного нитрида углерода [1-3] показывает, что к настоящему времени никем не получены однозначные доказательства синтеза какой-либо из теоретически предсказанных кристаллических структур со стехиометрией C₃N₄.

В работе [4] представлена расчетная фазовая диаграмма условий образования ковалентного C₃N₄, согласно которой проблематичным представляется достижение в статике требуемых P,t-параметров при обеспечении необходимого состава исходных компонентов для синтеза. Поэтому в литературе нет ни одного сообщения о предположительном получении нитрида углерода в статических условиях при высоких P,t-параметрах. Кроме того, авторы [4] исключают возможность динамического синтеза в условиях детонации самых мощных взрывчатых веществ (ВВ), содержащих азот и углерод, при изэнтропическом расширении продуктов детонации (ПД). Однако, теоретически ими показана возможность синтеза ковалентного нитрида углерода при адиабатическом взрыве ВВ и изохорическом остывании ПД. Основными препятствиями при этом является сложность удержания постоянства объема и достаточно высокой температуры ПД в области термодинамической стабильности ковалентного нитрида углерода.

По нашему мнению, получить такие условия можно в прямом или индуцированном скачке уплотнения головной ударной волны гиперскоростной струи углеродной электроразрядной плазмы, истекающей в азотную атмосферу со скоростью 10³÷10⁴ м/с при характерном времени существования квазистационарного режима течения порядка 10⁻⁴ с.

В эксперименте такие условия реализуются с помощью импульсного (до 500 мкс) сильноточного (порядка 10⁵ А) коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ) [5] с графитовым

ускорительным каналом (УК) и вольфрамовым центральным электродом. Исходный углерод в виде нанодисперсного порошка (сажа) закладывается в зону формирования плазменной структуры сильноточного дугового разряда типа Z-пинч, ускоряемого в коаксиальной системе. Плазменный выстрел производился в герметичную камеру-реактор, заполненную технически чистым азотом при нормальном давлении. Вскрытие камеры и сбор синтезированного порошкообразного продукта производился после естественного охлаждения и полного осаждения взвешенных частиц в азотной атмосфере. Полученный ультрадисперсный порошок без какой-либо подготовки исследовался методом рентгеновской дифрактометрии (XRD) (дифрактометр Shimadzu XRD6000, CuK_α -излучение).

На рис. 1а,б приведены дифрактограммы продуктов, синтезированных при разных значениях энергии импульсного источника электропитания КМПУ: $W_1 \approx 100$ кДж и $W_2 \approx 130$ кДж. При электропитании от емкостного накопителя энергии и одинаковых параметрах разрядного контура энергия изменялась за счет изменения зарядного напряжения $U_1 = 2,9$ кВ и $U_2 = 3,3$ кВ, что соответствовало увеличению амплитуды разрядного тока, температуры углеродной плазмы, скорости плазменной струи и давлению в скачке уплотнения.

Эти изменения отразились на дифрактограммах, общий характер которых свидетельствует о присутствии в составе продуктов нескольких ультрадисперсных кристаллических фаз и небольшого количества рентгеноаморфной фазы. Структурно-фазовый анализ проводился с помощью программы «PowderCell 2.4» и базы структурных данных «PDF4+». Рассматривались кристаллические фазы, образование которых в данной C-N системе представляется наиболее вероятным: углеродные нанотрубки, графит, алмаз, карбиды вольфрама, а также структурные модели гипотетических фаз кристаллического ковалентного нитрида углерода C_3N_4 .

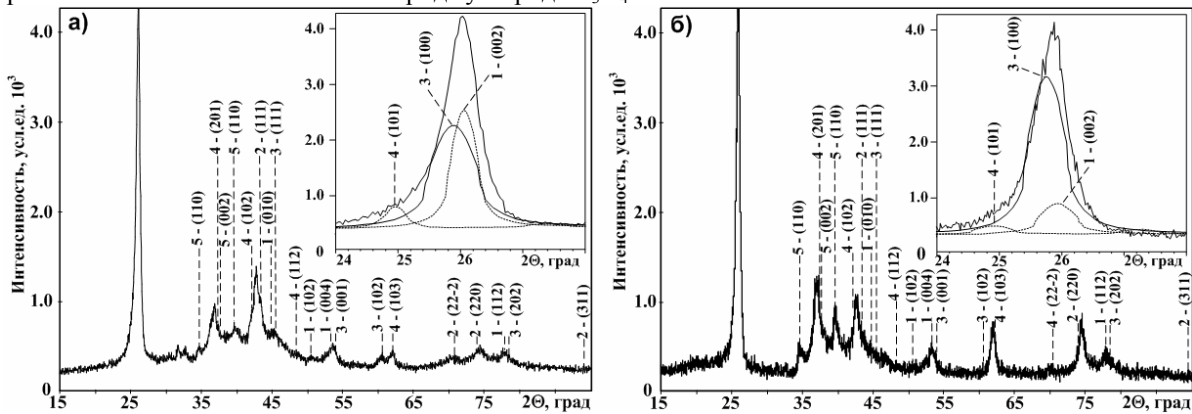


Рис.1. Рентгеновские дифрактограммы продуктов синтеза, полученных при разных энергиях источника питания ускорителя а) $W_1 \approx 100$ кДж, б) $W_2 \approx 130$ кДж. Номера 1÷5 соответствуют позициям таблицы.

Наименьшие значения фактора расходимости получены в обоих случаях при суперпозиции спектров следующих фаз: многослойных углеродных нанотрубок nt-C – (1) (пространственная группа $P6_3mc$ {186}); синтетического алмаза d-C – (2) (пространственная группа $F4_1/d-32/m$ {227}); нитрида углерода t- C_3N_4 – (3) (тетрагональная сингония, пространственная группа $P-42m$ {111}); нитрида углерода α - C_3N_4 – (4) (тригонально-ромбоэдрическая сингония, пространственная группа $P31c$ {159}) с преимущественной ориентацией в направлении {111} [6]; карбида вольфрама W_2C – (5) (тригонально-ромбоэдрическая сингония, пространственная группа $P-312/m$ {162}).

Основные результаты полнопрофильного анализа приведены на дифрактограммах (рис. 1а,б) и сведены в таблицу. На вставках рис. 1а,б показаны профили сильнейших рефлексов дифрактограмм, образованных наложением рефлексов трех основных кристаллических фаз: 101 – α - C_3N_4 ; 100 – t- C_3N_4 и 002 – nt-C. Сравнение дифракционных спектров показывает усиление рефлексов, отвечающих фазам нитрида углерода и ослабление рефлексов, соответствующих нанотрубкам, с увеличением энергии процесса синтеза. То есть при $W_1 \approx 100$ кДж суммарное содержание углеродных фаз примерно в 2 раза выше, чем суммарное содержание фаз C_3N_4 (60,0 % и 33,0 % соответственно) (таблица), а при $W_2 \approx 130$ кДж содержание этих составляющих примерно одинаково. При этом увеличивается содержание W_2C из-за возрастания массы эродированного с центрального электрода ускорителя вольфрама.

На дифрактограммах (рис. 1а,б) методом полнопрофильного анализа хорошо идентифицированы практически все дифракционные максимумы, кроме двух слабых отражений на углах $2\theta \approx 31,5$ град. и 32,5 град.

Судя по приведенным в таблице средним значениям размеров ОКР все кристаллические фазы в составе продуктов синтеза наноструктурированы. По имеющимся экспериментальным данным трудно оценить влияние энергетики процесса на структурные параметры кристаллических фаз. Можно лишь

отметить возможные тенденции на уменьшение ОКР углеродных фаз и повышение ОКР фаз C_3N_4 с увеличением энергии источника питания КМПУ.

Отличия параметров решетки идентифицированных фаз от стандартных значений обусловлены неравновесностью и высокой динамичностью процессов синтеза и кристаллизации, сравнимых лишь с процессами детонационного синтеза. Следствием этого является высокая дефектность образовавшихся кристаллических наноструктур с характерным для них высоким уровнем внутренних упругих микронапряжений ($\Delta d/d$).

Данные, полученные методами рентгеновской дифрактометрии дают веские основания считать возможным синтез кристаллических фаз ковалентного нитрида углерода C_3N_4 в рассматриваемой системе.

Представленные данные, полученные с использованием метода рентгеновской дифрактометрии ультрадисперсных порошкообразных материалов, позволяют сделать вывод о возможности динамического синтеза кристаллических ультрадисперсных фаз ковалентного нитрида углерода. Следует отметить достаточно большое их содержание в составе порошкообразного продукта, синтезированного в высокодинамичной газоплазменной системе. При этом доминирующими кристаллическими фазами являются чисто углеродные фазы (многослойные углеродные нанотрубки и синтетический наноалмаз). Однако, основываясь на приведенных результатах, можно заключить, что подбором параметров импульсного питания КМПУ можно минимизировать содержание фазы многослойный углеродных нанотрубок, в частности увеличением подведенной к системе энергии.

На данном этапе исследований не удалось однозначно идентифицировать наблюдаемую морфологию частиц с соответствующей ей кристаллической структурой фаз ковалентного нитрида углерода.

Таблица 1. Результаты полнопрофильного анализа рентгеновского дифракционного спектра ультрадисперсных продуктов динамического синтеза в системе C-N при разных энергиях источника питания КМПУ.

№ п/п	Кристаллическая фаза	Энергия, кДж	Содерж.,% (масс)	Параметр решетки, Å		ОКР, нм	$\Delta d/d \cdot 10^3$
				эксп.	PDF		
1	Многослойные углеродные нанотрубки nt-C	100	27,9	a = 2,4710 c = 6,8108	2,4770 6,8500	25,6	6,0
		130	15,9	a = 2,4394 c = 6,8670	-/-	14,4	1,5
2	Синтетический алмаз d-C	100	38,4	a=3,6364	3,5770	8,1	4,5
		130	34,1	a=3,6192	-/-	7,5	5,2
3	Нитрид углерода t- C_3N_4	100	19,9	a = 3,4319 c = 3,3985	3,4232 3,4232	12,6	3,0
		130	22,8	a = 3,3900 c = 3,4189	-/-	20,0	2,2
4	Нитрид углерода α - C_3N_4	100	12,8	a = 6,5650 c = 4,6109	6,4665 4,7097	11,0	4,9
		130	25,4	a = 6,4781 c = 4,7236	-/-	13,1	2,7
5	Карбид вольфрама W_2C	100	1,0	a = 5,1356 c = 4,8046	5,1900 4,7240	11,0	4,9
		130	1,8	a = 5,1247 c = 4,8103	-/-	9,2	7,7

W – энергия емкостного накопителя

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект номер 09-08-01110) и в рамках Аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)» (проект номер 2.1.2/886).

Список литературы:

1. Жук А.З., Милявский В.В. Бородин Т.И., Фортон В.Е. Сверхтвердый нитрид углерода: перспективы синтеза // Химическая физика, 2002. - Т. 21. - №8. - С. 41-53.
2. Батов Д.В., Поляков Е.В. О возможности получения сверхтвердого нитрида углерода (Обзор) // Сверхтвердые материалы. – 2004. - №3. - С.18-35.

3. Корсунский Б.Л., Пепекин В.И. На пути к нитриду углерода // Успехи химии. – 1997. – 66. - № 11. С.1003-1014.
4. Одинцов В.В., Пепекин В.И. Оценка условий термодинамической стабильности и перспективы синтеза ковалентного нитрида углерода // Доклады академии наук, Химия. - 1995. - Т. 343. - №2. С. 210-213.
5. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель: пат. на полезную модель № 61856 Рос. Федерация. 7F41B 6/00. / Герасимов Д.Ю., Сайгаш А.С., Сивков А.А.. Опубликовано.10.03.2007. Бюл. №7.
6. Teter D.M., Hemley R.J. Low-compressibility carbon nitrides // Science, 1996, 271, №5245, P.53-54.

Метод динамического программирования для распределения расхода пара между параллельно включенными частями давления турбин

А.С. Смоляров, О.Ю. Ромашова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

dieseloknv@gmail.com

Разработан алгоритм распределения суммарного расхода пара между параллельно включенными частями давления турби с использованием метода одномерного динамического программирования.

Распределение нагрузок между турбинами на ТЭЦ с поперечными связями относится к многомерной оптимизационной задаче, которая в настоящее время окончательно не решена [1]. В общем случае, распределению, помимо электрической мощности, подлежат нагрузки производственных и отопительных отборов турбин. Число оптимизируемых параметров равно $(Z+Y+1)$, где Z – количество групп турбин с одинаковыми параметрами пара в производственном отборе, Y – число присоединенных к ТЭЦ тепломагистралей, объединенных параметрами температурного графика и пропускной способностью гидравлической системы [2].

Целевая функция представляет собой минимум расхода тепла на турбинный цех

$$F = \sum_{i=1}^n Q_{myi} \rightarrow \min \quad (1)$$

где Q_{myi} – расход теплоты на отдельную турбоустановку. В общем, Q_{myi} зависит от электрической мощности N_i и тепловых нагрузок производственных и отопительных отборов Q_{ni} и Q_{mi} соответственно.

Для конкретного типа турбин расчет Q_{myi} выполняется на основе их энергетических характеристик. Развернутое выражение для функции (1) и смысл входящих в нее обозначений приведены в [2]. В зависимости от структуры отпуска тепла на ТЭЦ, числа и типов теплофикационных турбин размерность задачи может достигать 5–8. Универсальным методом математического программирования, позволяющим найти глобальный минимум нелинейной функции при наличии любых ограничений на оптимизируемые параметры, является метод динамического программирования. Однако и он не позволяет решить задачу в прямой постановке при ее размерности больше 2-3 из-за нехватки вычислительных ресурсов современных ЭВМ.

В работе предлагается уйти от многомерной целевой функции путем последовательного решения одномерных задач для группы параллельно включенных частей разных турбин и приключенных турбин соответствующих параметров. Предлагаемая методика основана на использовании при расчетах характеристик отдельных частей турбины [3]. При этом турбины с отборами пара рассматриваются в виде комбинации турбин с противодавлением и конденсационной турбины. Например, турбина с двумя регулируемыми отборами пара типа ПТ- может быть представлена в виде последовательного соединения двух турбин с противодавлением (ЧВД и ЧСД) и одной конденсационной турбины. Принципиальная расчетная схема ТЭЦ с произвольным набором оборудования представлена на рис. 1. Динамический процесс в этом случае строится для распределения одного вида «ресурсов» - суммарного расхода пара на группу. За критерий частной оптимизации принимается минимум среднего для группы удельного расхода пара с его последующей корректировкой в рамках достижения минимума (1). Полный алгоритм оптимизации режимов работы ТЭЦ, отражающий предлагаемый подход, должен учитывать все особенности совместной работы турбин, а также ограничения по многим параметрам. В настоящее время он находится в стадии разработки. В предлагаемой работе приводится постановка и алгоритм решения частной задачи – оптимального распределения суммарного расхода пара на группу параллельно включенных частей турбин.

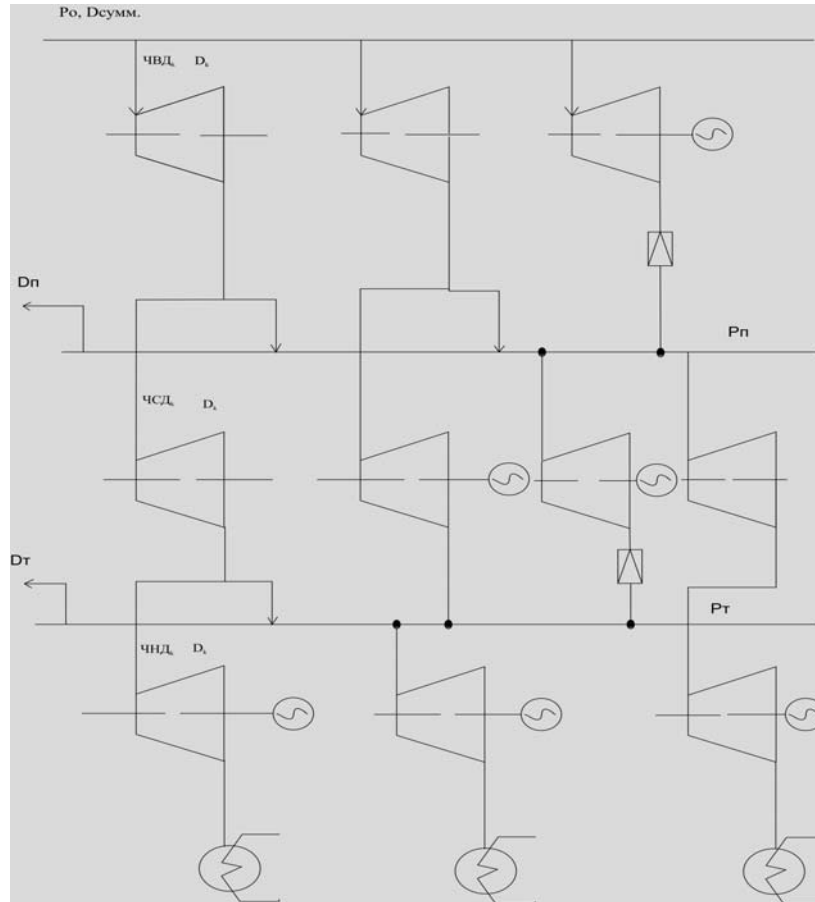


Рис. 1. Принципиальная расчетная схема ТЭЦ с произвольным набором оборудования
Целевая функция

$$\alpha = \frac{D_{k\Sigma}}{N_{\Sigma}} = \frac{D_{k\Sigma}}{N_k(D_k) + f_{N_{k-1}}(D_{k\Sigma} - D_k)} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $D_{k\Sigma}$, N_{Σ} - суммарный расход пара на части давления и их суммарная мощность; D_k , N_k - эти же параметры для отдельных частей.

Распределение расхода пара между частями происходит на основе метода динамического программирования с использованием рекуррентных функций Беллмана. Эти функции являются знаменателем выражения (2).

На 1 итерации функция Беллмана представляется как зависимость

$$f_{N_1}(D_1) = N_1(D_1), \quad \alpha = \frac{D_1}{N_1}.$$

На 2 итерации уравнение Беллмана принимает вид

$$f_{N_2} = N_2(D_2) + f_{N_1}(D_{\Sigma 2}^{\max} - D_2),$$

а минимизируемая функция на этом этапе рассчитывается

$$\alpha = \frac{D_{\Sigma 2}^{\max}}{N_2} = \frac{D_{\Sigma 2}^{\max}}{N_2(D_2) + f_{N_1}(D_{\Sigma 2}^{\max} - D_1)} \rightarrow \min.$$

На k -ой итерации находим оптимальное распределение между k -ой частью и группой из предыдущих частей с первой по $(k-1)$.

$$f_{N_k} = N_k(D_k) + f_{N_{k-1}}(D_{k\Sigma} - D_k), \quad \alpha = \frac{D_{k\Sigma}}{N_{\Sigma}} = \frac{D_{k\Sigma}}{N_k(D_k) + f_{N_{k-1}}(D_{k\Sigma} - D_k)} \rightarrow \min$$

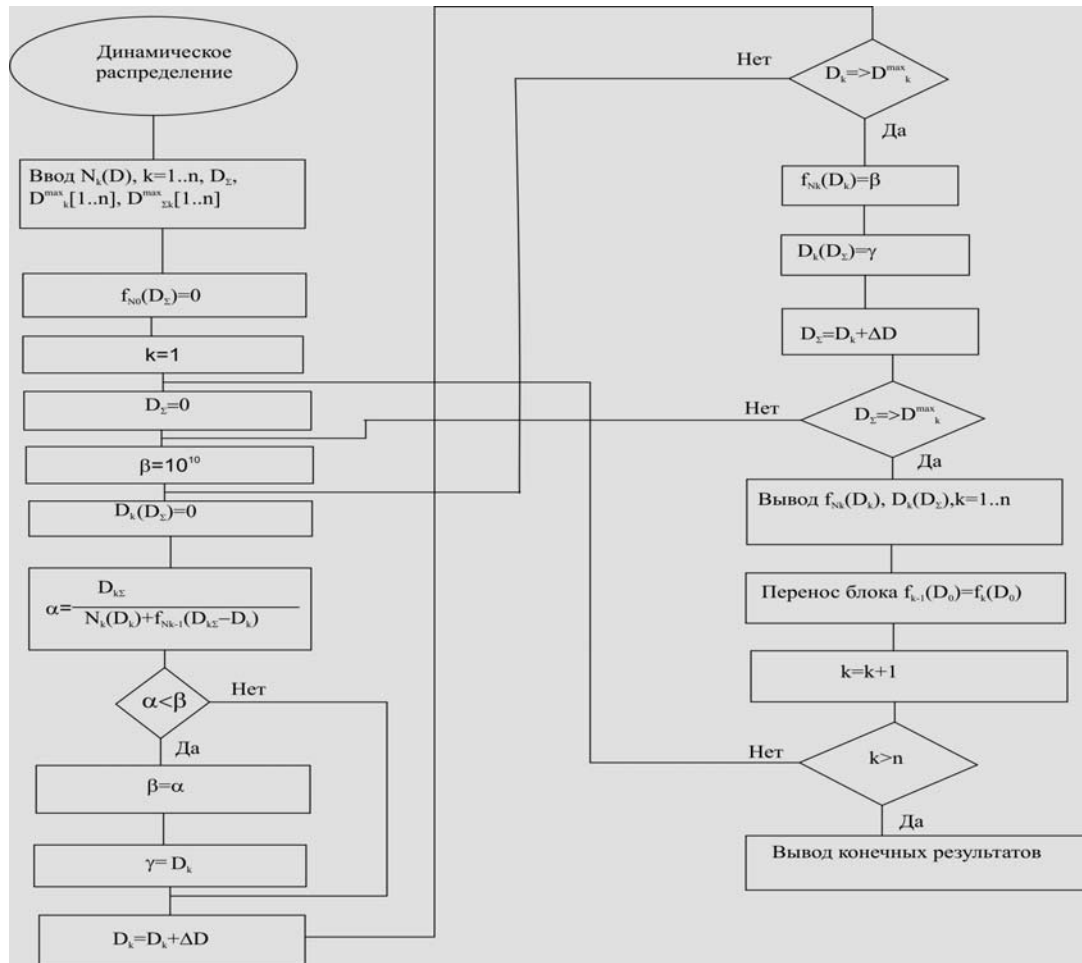


Рис. 2. Последовательность проведения расчетов

В алгоритме требуется учет максимальных расходов пара на отдельные части турбин D_k^{\max} и на группу $D_{\Sigma 2}^{\max}$. Ограничения представляются неравенствами:

$$0 \leq D_1 \leq D_1^{\max}, 0 \leq D_2 \leq D_{\Sigma 2}^{\max}, \dots, 0 \leq D_k \leq D_k^{\max}.$$

Последовательность расчетов представлена на рис. 2. Общее количество участвующих в параллельной работе частей давления равно n . В дальнейшем этот алгоритм войдет, как составляющая часть, в общую схему многомерной задачи распределения электрических и тепловых нагрузок на ТЭЦ с поперечными связями.

Список литературы:

1. Качан А. Д. Оптимизация режимов и повышение эффективности работы паротурбинных установок ТЭС. – Минск: Высшая школа, 1985. – 176 с., ил
2. Беляев Л.А., Ромашова О.Ю. Приложение динамического программирования к оптимизации режимов ТЭЦ на основе декомпозиции исходной структуры станции // Энергетика: Экология, надежность, безопасность. Материалы докладов X Всероссийской научно-технической конференции.- Томск: Изд-во ТПУ, 2004.- с. 222-225.
3. В.М. Горнштейн. Методика расчета наивыгоднейшего распределения нагрузки между агрегатами ТЭЦ./Электрические станции, 1962, № 8, с. 2-7.

УДК 628.931

Расчет распределения освещенностей от плоских светодиодных модулей произвольной формы

Е.В. Соболев, Е.Н. Подденежный

*УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», г. Гомель
mseugen@tut.by*

Сформулирована в общем виде задача расчета распределения освещенностей от светодиодных модулей произвольной формы. Приведены основные формулы расчета распределения освещенностей от светодиодных

модулей, рассмотрены способы задания основных типов кривых силы света светодиодов в аналитическом виде. Смоделированы распределения освещенностей для светодиодных модулей в виде линейки и кольца светодиодов.

В последние годы ведутся интенсивные разработки прогрессивных типов осветительного оборудования с использованием твердотельных источников излучения – мощных светодиодов белого цвета свечения. Это открывает перспективы новых путей энергосбережения, т.к. на нужды освещения тратится от 10 до 20% вырабатываемой электроэнергии. Существует огромное многообразие возможных конструктивных решений светодиодных световых приборов (ССП), что существенно расширяет задачи поиска новых оптимальных конструкций ССП. Важной частью ССП является светодиодные модули (СДМ) (сферические, полусферические, квадратные, круглые, гибкая лента). Вследствие этого, актуальной задачей является создание новых методов, позволяющих спроектировать СДМ с улучшенными светотехническими характеристиками. В Республике Беларусь работы в данном направлении находятся на начальной стадии. В работе рассматриваются вопросы расчета распределения освещенностей от плоских светодиодных модулей произвольной формы.

Задачу в общем виде можно сформулировать следующим образом: необходимо рассчитать распределение освещенностей от плоского СДМ произвольной формы на расстоянии H от освещаемой площадки с размерами $A \times B$.

Исходными данными для расчета являются: размеры освещаемой площадки ($A \times B$), расстояние от СДМ до освещаемой площадки (H), расположение СД в СДМ, задаваемое координатами СД в системе координат СДМ, количество СД в СДМ и КСС СД.

Расчет освещенности в точке от светодиода (СД) осуществляется по формуле [1]:

$$E = \frac{I(\alpha) \cdot \cos(\alpha)}{l^2}$$

где $I(\alpha)$ – сила света по направлению к точке, кд; α – угол между нормалью к поверхности, которой принадлежит точка, и лучом; l – расстояние от источника до точки, м.

Освещенность в точке от СДМ определяется как суперпозиция от освещенностей всех СД в СДМ.

Важной задачей при расчете является аналитическое задание КСС СД.

Обычно излучаемый СД свет имеет КСС ламбертовского типа. Для увеличения эффективности СД лучше всего обеспечить выход всех излучаемых кристаллом СД фотонов без каких либо препятствий, в результате чего КСС СД будет совпадать с КСС кристалла. В то время как реальные выходная мощность и КСС СД определяются рядом факторов, в некоторых мощных СД для улучшения эффективности выхода фотонов была применена технология перевернутого кристалла, в результате чего принимает форму крыла летучей мыши.

В общем виде КСС ламбертовского типа может быть представлена как:

$$I(\alpha) = I_0 \cdot \cos^n(\alpha)$$

где I_0 – сила света в направлении оптической оси, кд; n – ламбертовский показатель степени.

КСС в форме крыла летучей мыши можно представить в виде:

$$I(\alpha) = I_{B0} \cdot (\cos^n(\alpha - \alpha_0) + \cos^n(\alpha + \alpha_0))$$

где $I_{B0} = \frac{I_0}{2 \cdot \cos^n(\alpha_0)}$ – нормировочный множитель; I_0 – сила света в направлении оптической

оси, кд; α_0 – угол, под которым сила света имеет максимальное значение; n – определяющий форму крыла летучей мыши показатель степени, устанавливающий соотношение между максимальной силой света и силой света в направлении оптической оси.

Также существует ряд СД, имеющих специальные типы КСС [2]. В таком случае отдельно необходимо рассматривать вопрос аппроксимации КСС СД.

Результаты расчета освещенностей от СДМ в виде линейки СД (имитация линейной люминесцентной лампы) и кольца СД (имитация компактной люминесцентной лампы кольцевого типа) представлены на рисунке 1 (а) и 1 (б) соответственно.

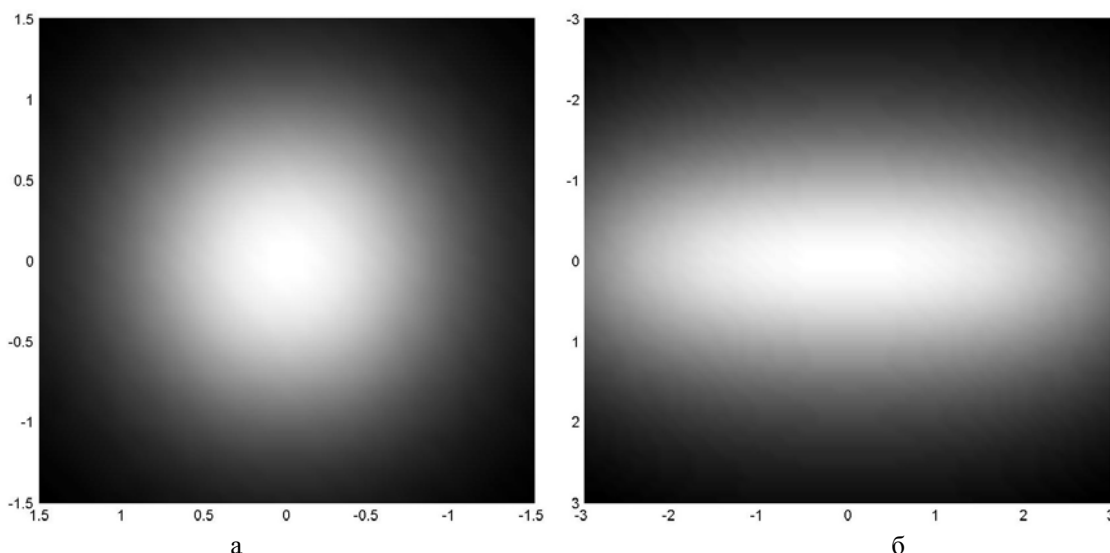


Рис. 1. Распределение освещенностей от СДМ в виде линейки СД (а) и СДМ в виде кольца СД (б)

В результате проделанной работы сформулирована в общем виде задача расчета распределения освещенностей от СДМ произвольной формы. Также приведены основные формулы расчета распределения освещенностей от СДМ, рассмотрены способы задания основных типов КСС СД в аналитическом виде и смоделированы распределения освещенностей для СДМ в виде линейки СД и кольца СД.

Список литературы:

1. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. Перераб. и доп. М.: Знак, 2006. – 972 с: ил.
2. OSRAM Opto Semiconductors. <http://www.osram-os.com>.

УДК 502.3 : 504.064.2

Применение нейросетевых технологий в прогнозировании заболеваемости населения промышленного города

Е.В. Сугак, Е.Н. Леонова, Е.В. Кузнецов

*Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф.Решетнева,
г. Красноярск, Россия*

Рассмотрены проблемы оценки и прогнозирования потенциального риска здоровью населения. Показана возможность применения нейросетевых технологий для анализа статистических данных и отслеживания взаимного влияния вредных факторов друг на друга.

Проблемы определения качества общественного здоровья неотделимы от проблемы жизненного уровня населения. Хорошо известно, что состояние здоровья обусловлено не только и не столько собственно системой здравоохранения, но в значительной степени зависит от условий жизни, существующих в стране. В современный стандарт уровня жизни входят показатели, характеризующие занятость и социальную защиту населения, индивидуальный статус и свободу личности, этико-правовые, социально-медицинские нормы, уровень образования и культуры, обеспечение граждан основными материальными и духовными благами, в том числе санитарно-природоохранными. Огромное значение имеет самосохранительное поведение населения – отношение людей к своему здоровью и здоровью своих близких [1].

Исходя из представлений о человеке как о социально-биологическом существе, можно утверждать, что на уровне человека социальное оттесняет биологическое и поэтому состояние здоровья необходимо рассматривать с учётом социального благополучия и биологического компонентов. Именно так определяет здоровье Всемирная организация здоровья: «Здоровье - состояние полного физического, духовного (психического) и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов» [2].

Изучение общественного здоровья проводится на основе разнообразных критериев, однако одних критериев для изучения недостаточно. Необходимо их использовать в совокупности с факторами, влияющими на здоровье. Эти факторы можно условно объединить в четыре группы.

Все четыре группы факторов воздействуют как на здоровье человека, так и на здоровье всего населения, причем они взаимосвязаны и между собой. Но сила влияния этих факторов на здоровье неодинакова[3]:

- биологические факторы – 15-20% (наследственная и приобретенная в ходе индивидуального развития предрасположенность к заболеваниям);
- экологические факторы – 20-25% (загрязнение воздуха, воды, почвы, продуктов питания, резкая смена погодных условий, повышенный уровень радиационного, магнитного и других излучений);
- социальные факторы - 50-55% (курение, употребление алкоголя, наркотиков, неправильное питание, недостаток сна, стрессовые ситуации, гипо- и гипердинамия, вредные условия труда, плохие материально-бытовые условия, непрочность семьи, высокий уровень урбанизации);
- здравоохранение – 10-15% (неэффективность профилактических мероприятий, низкое качество медицинской помощи, несвоевременное её оказание).

Из приведенных данных видно, что наибольшее влияние на состояние здоровья оказывает образ жизни. От него зависит почти половина всех случаев заболеваний. Второе место по влиянию на здоровье занимает состояние среды жизнедеятельности человека (не менее одной трети заболеваний определяется неблагоприятными воздействиями окружающей среды). Наследственность обуславливает около 20% болезней. Мнения о доли влияния вышеперечисленных факторов незначительно отличаются у различных авторов. По данным Стожарова А.Н. питание, курение и алкоголь занимают приблизительно 2/3 от всех факторов, влияющих на здоровье [4].

Очень часто, на основании данного соотношения, делались ошибочные выводы о малой значимости экологических влияний на состояние здоровья. В России, где экологический кризис прогрессирует, наблюдается отставание в области лечебной и профилактической медицины, в ухудшении здоровья немаловажную роль играет загрязнение окружающей среды [9,10,11]. Считается, что основной вклад в ухудшение здоровья вносит несоблюдение индивидуумом здорового образа жизни, полагая, что основная вина за неблагоприятные изменения состояния здоровья более чем на 50% ложится на самого человека. Но между тем, понятие «образ жизни» включает в себя не только и не столько вредные привычки индивидуума, но и то каким воздухом в силу объективных причин люди вынуждены постоянно дышать и в быту, и на отдыхе, и на производстве; насколько загрязнены токсическими веществами продукты питания; насколько доступны для каждого человека места и методы оздоровления и рекреации, а также экологически чистые зоны для отдыха и профилактики здоровья и реабилитационных мероприятий [5].

По этому, оценка и прогнозирование потенциального риска здоровью человека, является одной из важнейших социально-экологических проблем. Актуальность проблемы увеличивается и в связи с необходимостью изучения причинно-следственных связей заболеваемости на территориях с разным уровнем антропогенной нагрузки. Высокая распространенность экологически зависимых заболеваний среди населения промышленных городов, тенденция к нарастанию уровня патологии в популяции, определяют особую важность изучения здоровья населения в различных регионах. Оценка социально-экологических рисков может быть использована для проведения целенаправленной экологической политики и политики в области охраны здоровья населения, выделения приоритетных территорий и групп населения повышенного риска, нуждающихся в первоочередных природоохранных и лечебно-профилактических мероприятиях [6].

Оценка и прогноз риска здоровью может осуществляться с применением современных нейросетевых технологий, позволяющих разрабатывать высокоэффективные компьютерные системы прогнозирования и анализа заболеваемости при изменении каких либо параметров (факторов), оказывающих влияние на здоровье населения.

Применение нейросетей дает ряд преимуществ по сравнению с традиционным подходом к решению подобных задач [12], позволяя:

- 1) одновременно учитывать большое количество влияющих параметров, воздействующих на множество зависимых величин;
- 2) по имеющимся базам данных автоматически синтезировать высокосложные аналитические модели, наиболее полно отражающие характерные для исследуемой системы причинно-следственные связи между влияющими и зависимыми параметрами;
- 3) автоматически оценить степень влияния каждого из множества воздействующих параметров на зависимые величины;
- 4) корректировать полученную аналитическую модель с появлением новых данных путем «доучивания» нейросети.

Применение нейронных сетей дает ряд преимуществ перед традиционными подходами к решению подобных задач и позволяет по имеющимся базам данных автоматически получать аналитические модели, наиболее полно отражающие характерные для исследуемой системы причинно-

следственные связи между зависимыми параметрами. Разработанная нами система предназначена для многофакторного анализа данных и отслеживания взаимного влияния факторов друг на друга.

Для реализации этих задач определены индикаторы состояния здоровья и окружающей среды, дающие возможность оценить ситуацию в полном объеме.

Необходимо исключить резкое увеличение количества индикаторов, характеризующих состояние окружающей среды и здоровья населения. Таким образом, индикатор следует рассматривать как информационный указатель и как символ со смысловым содержанием, удовлетворяющий базовым свойствам индикаторов.

К основным критериям здоровья относятся [7]: санитарно-демографическая статистика (рождаемость, смертность, продолжительность жизни); статистика заболеваемости; статистика физического развития.

Для адекватной оценки степени экологического риска города или региона необходимо изучить и оценить меру вклада вредных факторов окружающей среды в изменении состояния здоровья населения, рассматривая при этом здоровье человека как основной биоиндикатор экологического риска и важную составную часть экологического мониторинга. Изучение особенностей, оценки и прогноз состояния здоровья различных групп населения, в связи с характером загрязнения окружающей среды, является важным разделом социальной экологии [8].

К индикаторам состояния окружающей среды в большинстве работ относится загрязняющие химические вещества, выделяемые автомобильным транспортом и стационарными источниками.

Следует учитывать и другие факторы, оказывающие влияние на здоровье человека. К ним относятся физические факторы: шум, вибрация, электромагнитные поля (ЭМП), освещенность, микроклимат. Таким образом, при оценке экологического риска и прогнозировании последствий техногенного воздействия на окружающую среду и здоровье населения требуется учитывать следующие индикаторы: рождаемость, смертность, продолжительность жизни, химические вещества, выделяемые стационарными источниками и автомобильным транспортом, а также физические факторы, оказывающие отрицательное воздействие на здоровье населения.

В настоящее время практически в каждом крупном городе функционируют вновь построенные или давно работающие предприятия, выбрасывающие вредные вещества в атмосферу. При появлении нового предприятия в атмосферу начинают выделяться новые химические вещества, ранее не встречающиеся в данном промышленном городе или ранее известные вещества, но в большем объеме. Учет связи качественных и количественных характеристик изучаемых объектов при построении нейросети, позволяет перейти к многоступенчатому районированию территории, что предполагает возможность выделения зон с различной, заранее заданной, степенью экологической опасности. Кроме того, используемый подход существенно расширяет возможности использования его для прогноза возможных изменений в состоянии здоровья населения, а также поиска связей между качеством окружающей среды и показателями здоровья.

Данная модель значительно упрощит и ускорит оценку и прогноз экологического риска, в результате техногенного воздействия на окружающую среду и здоровье населения.

Тестовые расчеты показали, что нейросетевая модель вполне удовлетворительно описывает исходные данные – погрешность по различным показателям здоровья населения составляет от 1,9 до 4,7%. Нейросетевая модель позволяет не только оценить влияние отдельных факторов на состояние здоровья населения, но и прогнозировать социальную эффективность природоохранных мероприятий. Так, расчеты показывают, что снижение объемов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ на 10% (при прочих равных условиях) может привести к увеличению средней продолжительности жизни населения на 1,5 – 2 года и снижению индивидуального риска на 10^{-4} в год.

Список литературы:

1. Прохоров Б.Б., Горшкова И.В., Шмакова Д.И., Тарасова Е.В.. «Общественное здоровье и экономика» М.: МАКС Пресс, 2007. – 288с.
2. <http://www.it-med.ru/library/f/fiziologicheskie.htm>
3. Величковский Б.Т. Здоровье человека и окружающая среда : Учеб. пособие / Б.Т. Величковский, В.И. Кирпичев, И.Т. Суравегина. – М. :Новая школа, 197. – 240с.
4. Стожаров А.Н. Медицинская экология: учеб пособие / А.Н. Сожаров. – Минск : Выш. шк., 2007. – 368 с.
5. Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и экологическая обусловленность патологии человека: Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН. – Новосибирск, 2003. – 138 с.
6. Цветные металлы – 2010: Сборник докладов второго международного конгресса.– Красноярск: ООО □Версо□, 2010 г. – 850 с., с.698-700.
7. Здоровье населения и методы его изучения: Избранные произведения/Под ред. М.С. Бедногою- М.: Статистика, 1979, 232 с.

8. Гичев Ю.П. Здоровье человека как индикатор экологического риска промышленных регионов.- Вестн. Рос. АМН, 1995, №8, с.52-54.
9. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Красноярского края в 2008 году» - Красноярск, 2009. 226 с.
10. Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Алтайском крае в 2008 году» - Барнаул, 2009. 311 с.
11. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2008 году» - Иркутск, 2009. 410 с.
12. Хайкин, С. Нейронные сети / С. Хайкин. М. : Вильямс, 2006. 1104 с.
13. Сугак, Е.В. Вычислительные и информационные технологии анализа и оценки социально-экологических рисков / Е.В.Сугак, Е.Н.Окладникова, Е.В.Кузнецов // Экология и промышленность России, 2008, т. 8, с.24-29.

УДК 621.3.048.8, 537.52, 621.316

Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь кремнийорганической жидкости ПМС-20 в широком диапазоне температур

М.В. Свириденко, С.М. Коробейников

*Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия
mihalu44@rambler.ru*

В данной работе представлены результаты измерения электрофизических характеристик КОЖ ПМС-20. Показано, что диэлектрическая проницаемость в зависимости от частоты и температуры имеет ряд особенностей, связанных с установлением поляризации в жидкости, которые подтверждаются зависимостью тангенса угла диэлектрических потерь от частоты и температуры.

1. Введение.

В настоящее время все более широкое применение в высоковольтной электроэнергетике получают вакуумные и элегазовые выключатели [1]. Однако при отключении вакуумными выключателями индуктивных нагрузок (двигатели, генераторы, реакторы) в сети генерируются высокие перенапряжения, обусловленные большим значением тока среза выключателя. Перенапряжения приводят к пробое межвитковой изоляции и, в ряде случаев, каскадным авариям на подстанциях. Работа по снижению тока среза интенсивно проводится в стране и за рубежом, были достигнуты значительные успехи, однако нельзя сказать, что проблема существования значительных перенапряжений в вакуумных выключателях решена.

Элегазовые выключатели имеют лучшие показатели, касающиеся тока среза, однако, они дорогие, при работе выключателей образуются соединения высокой токсичности (аналоги боевых отравляющих веществ). Для уменьшения выброса токсичных веществ на подстанциях разрабатываются и монтируются сложные установки для выкачивания газа из электрических аппаратов и очистки газов от образованных токсичных веществ. Кроме того, элегазовые электрические аппараты для российских условий требуется подогревать.

Масляные выключатели пожароопасны, также требуется их подогрев. По-видимому, вследствие этих причин масляные выключатели все реже используются в энергосистемах.

Кремнийорганические жидкости (КОЖ) химически инертны, взрыво- и пожаробезопасны, не оказывают токсического действия на кожу и слизистые оболочки глаз, обладают хорошими электрофизическими характеристиками [2, 3], что привело к их применению в качестве теплоносителей, жидкостей для трансформаторов и конденсаторов. На наш взгляд их применение сдерживается из-за недостаточно ясного понимания процессов, происходящих в КОЖ под действием высоких напряжений, в особенности при различных температурах и частотах.

2. Экспериментальная установка.

Измерение емкости и тангенса угла потерь производилось с помощью измерителя иммитанса LCR-819 фирмы Gwinstek. Ошибка при определении ϵ и $\text{tg}\delta$ складывалась из определения размеров ячейки, в том числе неизбежной деформации ячейки при различных температурах, неточностью установки второго электрода и неточностью установки температуры на каждом шаге. Кроме оговорённых погрешностей не исключено воздействие «иных» факторов во время измерений. Контролируемое значение температуры в требуемом диапазоне температур ячейки обеспечивалось помещением ячейки в камеру холода и тепла КХТ-0,063.

Разработанная ячейка представлена на рисунке 1.

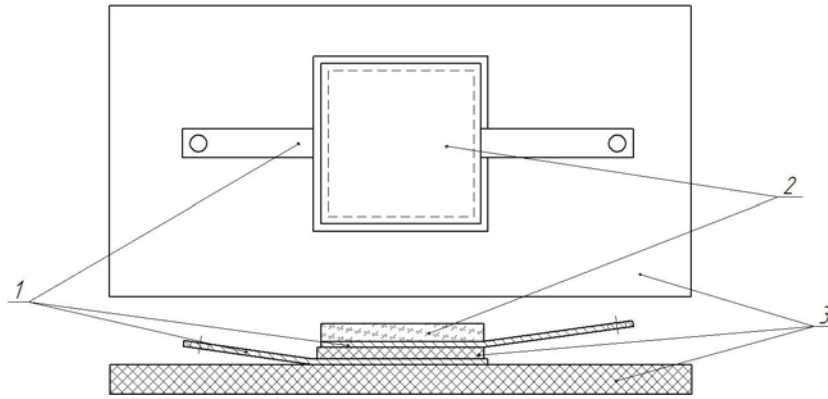


Рис. 1. Ячейка для измерений ϵ и $tg\delta$. 1 – медная пластинка (фольга), 2 – стекло, 3 – оргстекло.

Основание ячейки сделано из стекла, к которому была приклеена медная пластинка с выводом для подключения электродов. На эту пластинку были приклеены полоски из оргстекла, высотой 1 мм, что и определяло зазор ячейки $d=1$ мм. Верхним контактом является медная пластинка с приклеенным к ней стеклом, для получения ровной поверхности медной пластины. Площадь ячейки (S) составляет 25 см^2 .

3. Методика измерений диэлектрических характеристик.

Нагрев и охлаждение осуществлялись с помощью камеры холода и тепла КХТ–0.063, в которую помещалась ячейка, вывод проводов осуществлялся через специальное боковое отверстие камеры к измерителю иммитанса LCR-819. С целью учёта паразитных параметров ячейки измерения проводились дважды. Первые измерения во всем диапазоне температур и частот проводили с пустой ячейкой, затем ячейку заполняли и повторяли измерения. Через каждые 10^0 C фиксировались значения C и $tg\delta$.

Определение требуемых параметров выполнялось в следующей последовательности:

- Расчеты для пустой ячейки;
- Определение паразитного значения ёмкости ($C_{\text{параз}}$);
- Расчет паразитного значения сопротивления ($R_{\text{параз}}$);
- Расчеты для ячейки с жидкостью ПМС-20;
- Расчет скорректированного значения ёмкости ($C_{\text{скор}}$) с учетом паразитной ёмкости;
- Расчет значения скорректированной диэлектрической проницаемости ($\epsilon_{\text{скор}}$);
- Расчет значения сопротивления ячейки ($R_{\text{яч}}$);
- Определение значения сопротивления жидкости ПМС-20 ($R_{\text{ж}}$);
- Определение значения скорректированного тангенса угла потерь ($tg\delta_{\text{скор}}$).

Расчёты каждого параметра осуществлялись во всём диапазоне частот и температур.

$$\epsilon_{\text{скор}} = \frac{d \cdot C_{\text{скор}}}{S \cdot \epsilon_0} \quad (1)$$

Значения скорректированной диэлектрической проницаемости ($\epsilon_{\text{скор}}$) определяются по формуле (1) и зависят от изменений значений скорректированной ёмкости, в то время как остальные переменные в выражении являются постоянными.

$$tg\delta_{\text{скор}} = \frac{1}{\omega \cdot R_{\text{ж}} \cdot C_{\text{скор}}} \quad (2)$$

Определение значения скорректированного тангенса угла потерь осуществлялось по выражению (2).

4. Полученные результаты.

В результате расчётов, на основе измеренных параметров, получаем значения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь жидкости ПМС-20 при разных температурах и на разных частотах.

Зависимость диэлектрической проницаемости ПМС-20 от температуры, представлена на рисунке 2.

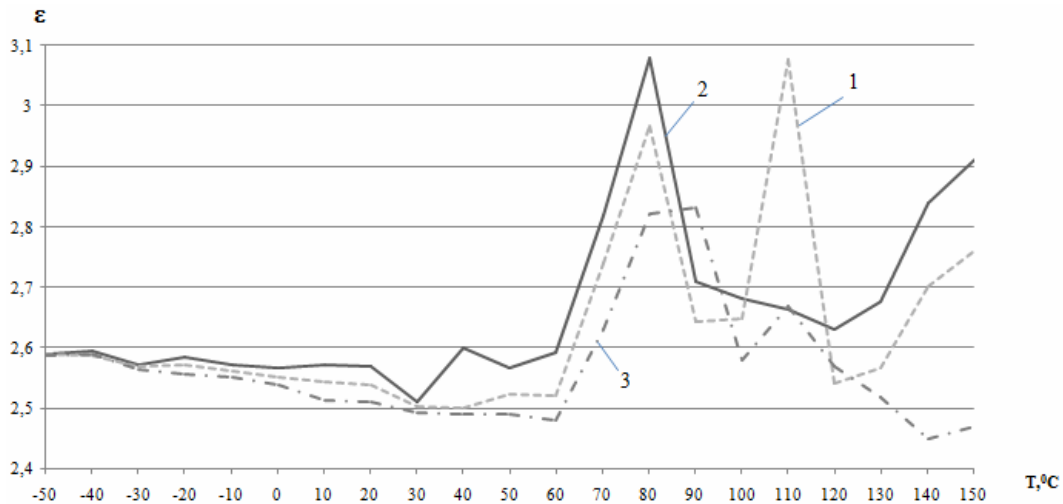


Рис. 2. Зависимость диэлектрической проницаемости ПМС-20 от температуры. 1 – $f = 4$ кГц; 2 – $f = 0,4$ кГц; 3 – $f = 100$ кГц

Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь ПМС-20 от температуры представлена на рисунке 3.

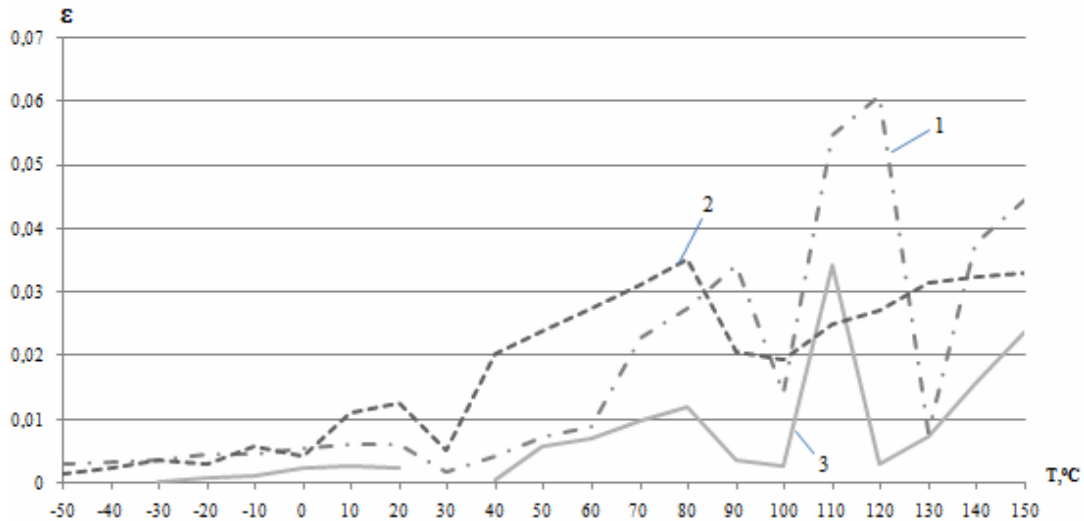


Рис. 3. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь ПМС-20 от температуры. 1 – $f = 100$ кГц; 2 – $f = 0,4$ кГц; 3 – $f = 4$ кГц

5. Обсуждение полученных результатов.

Поведение диэлектрической проницаемости в зависимости от частоты и температуры имеет немонотонный характер. Наблюдается ряд скачков диэлектрической проницаемости и соответственно скачки в поведении тангенса угла диэлектрических потерь жидкости. ПМС, как любой полимерный материал, имеет сложную структуру, содержит полярные и неполярные фрагменты. В процессе установления поляризации полярные фрагменты могут успевать устанавливаться в соответствии с изменением действующего электрического поля, а могут и не успевать устанавливаться. Это зависит от частоты и от температуры. Поэтому в зарегистрированных зависимостях выявились максимумы и минимумы, как диэлектрической проницаемости, так и тангенса угла потерь. Значения диэлектрической проницаемости, полученные при $f=200$ Гц, $T=25^0$ С, хорошо согласуются с известными экспериментальными данными [4,5]. Это дает основания считать, что и в других диапазонах, где ранее не было экспериментальных данных, значения диэлектрической проницаемости являются достоверными.

Что касается тангенса угла потерь, то здесь ситуация немного сложнее. Дело в том, что в наших экспериментах дополнительной очистки жидкости не производилось. Поэтому значения тангенса угла потерь при нормальных условиях превышают значения, приведенные в справочнике для специально очищенной жидкости [4]. Это означает, что полученные значения следует отнести к жидкостям в состоянии коммерческой поставки. Однако можно утверждать, что характер зависимости, наличие максимумов и минимумов, полученные нами, должны отражать реальную зависимость.

Непротиворечивым представляется и выявленная тенденция немонотонного роста потерь с ростом частоты и температуры.

Отметим, что наибольшее значение диэлектрической проницаемости достигнутое на низких частотах и при температурах 70⁰ С и 90⁰ С, составляло примерно 3,1, что на 20% больше стандартных справочных значений. На наш взгляд, это связано с резонансными процессами установления поляризации при подключении определенных дипольных групп.

6. Заключение.

Проведены исследования в широком диапазоне температур (-50⁰С до +150⁰С) и частот, (0,015-100 кГц). Значения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь меняются немонотонно. Полученные данные о поведении диэлектрической проницаемости являются важными для применения ПМС-20 в электрических установках.

Список литературы:

1. Агафонов Г.Е., Бабкин И.В., Берлин Б.Е. Электрические аппараты высокого напряжения с элегазовой изоляцией – СПб. Энергоатомиздат 2002.
2. Соболевский М.В., Музовская О.А., Попелева Г.С. Свойства и области применения кремнийорганических продуктов под общей ред. проф. М. В. Соболевского – М.: Химия, 1975.
3. Боровиков Ю.Я. Диэлектрометрия в органической химии – Киев: Наук. думка, 1987. – 216 с.
4. Корицкий Ю. В. Справочник по электротехническим материалам: в 3 т. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1986 – 368 с.
5. Ахадов Я.Ю. Диэлектрические свойства чистых жидкостей – М.: Издательство стандартов, 1972 – 412 с.

УДК 620.9:662.6.004.1

Исследование некоторых видов низкосортного топлива применительно к технологии брикетирования

Р.Б. Табакаев, А.Е. Кефер, С.А. Воронин, Н.В. Бардашова, М.О. Джиеова

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

TabakaevRB@tpu.ru

Россия имеет огромные запасы низкосортного топлива (торф, сапрпель, древесина, бурый уголь). Запасы одного только торфа насчитывают 80 млн га разведанных месторождений, при этом прогнозные запасы торфа составляют более 186 млрд т [1]. К тому же низкосортные топлива имеют неоспоримые преимущества по сравнению с углем, газом и нефтью. Во-первых, низкосортное топливо находится на поверхности, а значит, его легко добывать. Во-вторых, в своем большинстве при рациональной добыче, низкосортное топливо – возобновляемое сырье.

Однако разработка и использование низкосортных топлив в нашей стране почти не ведется из-за объективных факторов. Во-первых, низкосортные топлива имеют низкие теплотехнические характеристики. Во-вторых, существует проблема, связанная с транспортировкой низкосортного топлива. Из-за большой влажности низкосортные топлива слеживаются, слипаются и смерзаются в зимнее время, тем самым осложняя процесс загрузки и выгрузки железнодорожного вагона, а значит, перевозка железнодорожным транспортом представляется проблематичной без предварительной подсушки топлива.

Перспективным решением позволяющим использовать низкосортное топливо для энергетики и коммунально-бытовых нужд является брикетирование низкосортного топлива и последующее сжигание.

На основе предложенной технологии брикетирования [2] были проведены опыты по исследованию применимости к брикетированию таловского бурого угля, сапрпели и сосновых опилок. Технология получения обогащенных топливных брикетов включает в себя следующие стадии:

1. Термическая обработка. Исходное низкосортное сырье термически обрабатывается при температуре до 400⁰С для получения продуктов пиролиза (полукокс, смола, топливный газ, подсмольная вода).

2. Формовка. Процесс формовки состоит в смешении полукокса и смолы (или водосмоляной смеси) и формировании брикета размерами согласно ГОСТ 9963-84.

3. Сушка. Полученные брикеты сушатся при определенных временном промежутке и температуре.

В таблице 1 приведены теплотехнические характеристики исходного сырья. Бурый уголь Таловского месторождения, светло-коричневого цвета, прочный, характеризуется высоким выходом летучих (~60%), высокой зольностью (~31%), умеренной влажностью порядка 10%. При этом, его теплота сгорания составляет 13,3 МДж/кг. Озерный сапрпель представляет собой высоковлажную (~67%) вязкую массу черного цвета, внешне похожую на землю. Его зольность на рабочую массу, с

учетом высокой влажности составляет довольно высокое значение (~13%) – в совокупности это приводит к низкой теплоте сгорания (~4,6 МДж/кг). При этом выход летучих находится на уровне 95%. Сухие сосновые опилки желто-белого цвета также характеризуются высоким выходом летучих (~89%). Их влажность и зольность находятся на уровне 9% и 1% соответственно, что приводит к умеренной теплоте сгорания (~12,3 МДж/кг). В целом, учитывая раннюю стадию метаморфизма исследованных топлив, зафиксирован характерный для них высокий выход летучих, что говорит о потенциально низком содержании углерода в горючей массе, что естественно приводит и к умеренной теплоте сгорания, значительно пониженной у сапропеля, вследствие высокой влажности.

Таблица 1. Характеристики исходного топлива

Вид топлива	Выход летучих V^{daf} , %	Влажность W_t^r , %	Зольность на рабочую массу A^r , %	Низшая теплота сгорания Q_{is}^r , кДж/кг
Таловский уголь	59,92	9,80	30,68	13250
Озерный сапропель	95,12	66,96	12,78	4570
Сосновые опилки	88,58	9,12	0,96	12277

Материальные балансы процесса низкотемпературной деструкции исходных топлив приведены в таблице 2. Из результатов таблицы 2 видно, что наибольший выход полукокса дает таловский уголь (~69%), при этом количество смолы очень низкое (~2%). В то же время озерный сапропель показал хороший выход водосмоляной смеси (~60%) при умеренном выходе полукокса (~30%). Данный факт позволяет предложить новое решение в технологии брикетирования, а именно: с учетом того, что брикеты, полученные на основе бурого угля не обладали достаточной прочностью, так как смолы было не достаточно, а брикеты, на основе сапропеля, напротив, были очень прочными за счет избытка водосмоляной смеси, то возможно получение брикетов на основе исходного сырья, сформированного из бурого угля и сапропеля. Бурый уголь даст необходимое количество полукокса, а сапропель – водосмоляной смеси.

Что касается сосновых опилок, то вязкостных свойств сконденсированной фракции было не достаточно для формирования брикетов.

Таблица 2. Материальные балансы

Вид топлива	Полукоксы, %	Подсмоляная вода, %	Смола, %	Газ, %
Таловский уголь	68,8	9,6	1,6	20,0
Озерный сапропель	29,5	60,0		10,5
Сосновые опилки	15,5	71,7	-	12,8

Анализируя полученные данные, сделаны следующие выводы:

1. Ввиду того, что в данной технологии брикетирования смола является связующим веществом, а выход её при пиролизе таловского угля по сравнению с выходом полукокса оказался очень мал, то получение топливных брикетов из таловского угля по предложенной технологии представляется не перспективным, так как будет получаться малое количество брикетов относительно количества загруженного в пиролизер исходного сырья. При этом, при рассмотрении результатов пиролиза озерного сапропеля, видно, что количество полученного полукокса слишком мало, то есть получение брикетного топлива на его основе не целесообразно. Однако, совокупные результаты показали, что перспективным направлением представляется исследование смеси Таловского угля и озерного сапропеля применительно к данной технологии брикетирования.

2. Эксперименты, проводимые с сосновыми опилками показали, что в качестве исходного сырья они не подходят для данной технологии, так как у сконденсированной фракции отсутствуют требуемые вязкостные свойства, необходимые для формирования брикета. Данный факт, возможно, обусловлен тем, что опилки находились в сухом состоянии, следовательно, целесообразно провести исследования с древесиной в рабочем состоянии.

Список литературы:

1. Инишева Л.И. Торфяные ресурсы Томской области и их использование. – Новосибирск: Б.и., 1995. – 88 с.
2. Табакаев Р.Б., Казаков А.В., Заворин А.С., Николаева В.И., Павлов Е.И. Предпосылки к получению обогащенных топливных брикетов из торфа // Теплофизические основы энергетических технологий: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практ. конф. с международным участием. – Томск, 2010. – Т. 1. – С. 245–248.

Влияние тарифа на электроэнергию на стоимость единицы световой энергии

К.П. Толкачева, В.Д. Никитин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

ksyshenka@sibmail.com

В работе представлены методики экономического анализа на основе расчета стоимости единицы световой энергии (ЕСЭ). Стоимость ЕСЭ, представляя объективный и простой показатель экономичности источников света (ИС), позволяет оценивать наиболее существенные параметры осветительных установок (ОУ). Показано влияние стоимости электроэнергии на экономические показатели.

Светотехническая промышленность предлагает широкий ассортимент ИС и световых приборов (СП) для создания благоприятной и комфортной среды. Для выбора того или иного ИС и СП проектировщик должен провести расчет экономичности; в табл. 1 представлены формулы для оценки экономичности ИС.

Таблица 1. Формулы для расчета экономичности ИС (q_e - тариф на электроэнергию (ЭЭ), $C_{л}$ - стоимость лампы)

Скобелев В.М. [1] : стоимость люмен-часа	Барина И.А. [2] : стоимость единицы световой энергии	Никитин В.Д. [3]: стоимость единицы световой энергии
$C_{есэ} = \frac{1}{\eta_{cp}} \left(\frac{K}{P_{уем} \lambda T} + q_e (1 + \delta) + \frac{C_z}{P_{л}} + \frac{C_{з.л.}}{P_{уем} L} \right), \quad (1)$	$C_{есэ} = \frac{1}{\eta_{cp}} \left(\frac{KE_c}{P_{уем} T} + q_e (1 + \delta) + \frac{C_z + a + B}{P_{л}} \right), \quad (2)$	$\begin{cases} G_1 \\ G_2 \end{cases} = \frac{q_e}{\eta_{л} \cos \varphi} + \left[C_z + \begin{cases} 0 \\ C_3 \end{cases} \right] \cdot (\Phi \cdot \tau)^{-1}, \quad (3)$
<p>где η_{cp} – средняя световая отдача; K – капитальные затраты; E_c – экономический коэффициент; $P_{уем}$ – общая установленная мощность; T – время использования; δ – коэффициент ПРА; $P_{л}$ – мощность лампы; $C_{з.л.}$ – стоимость замены лампы; B – стоимость одной чистки светового прибора</p>		<p>где $\eta_{л}$ – световая отдача лампы; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности; C_z – стоимость замены; Φ – поток лампы, клм; τ – срок службы, час</p>

Однако механический учет формулами (1,2) всех факторов – в том числе второ- и третьестепенных – сделал эти формулы неработоспособными. Для практических расчетов можно использовать формулы G_i (табл.2).

Таблица 2. Формулы G_i и их назначение

G_i	Формула	Основное назначение формулы
G_1	$q \cdot \eta_v^{-1}, \quad (4)$ где q – тариф на ЭЭ, η_v – световая отдача	(4) – для быстрых \ предварительных расчетов, чтобы исключить заведомо "неудачные" варианты
G_2	$q \cdot \eta_v^{-1} + C_{л}(\Phi \tau)^{-1}, \quad (5)$ где $C_{л}$ – стоимость лампы; Φ – световой поток; τ – срок службы	(5) – для использования в большинстве задач по технико - экономической оценке ИС и ОУ; рекомендуется и для теоретических анализов
G_3	$q \cdot \eta_v^{-1} + C_{л}(\Phi \tau)^{-1} + C_{п}(K+1)[2\Phi \eta_{п} t T] \quad (6)$ где K – коэффициент запаса, $\eta_{п}$ – КПД СП	(6) – целесообразна для ОУ с очень дорогими СП; более точная, но и более трудоемкая

Формулы (4-6) неоднократно использовались для сравнения стоимости единицы световой энергии (табл.3).

Таблица 3. Примеры расчетов по формулам (4-6)

Источник	Выполнялись расчеты стоимости ЕСЭ для ламп
[4]	ЛОН, ГЛН, ЛЛЛ, КЛЛ, СИД, ДРЛ, МГЛ, ДНаТ, ДНаО
[5] \ [6]	В прожекторных и уличных ОУ ЛОН, ДРЛ, ДНаТ, ГЛН, КЛЛ
[7] \ [8]	ДРЛ, МГЛ, ДНаТ, ЛОН, ГЛН, ДКсТ \ ЛБ65, КЛЛ36, ЛОН200
[9] \ [10]	ДРЛ, ДНаТ, МГЛ \ ЛОН, СИД, газосветных, ЛЛЛ

Отметим: в [11] представлена модификация (расширение) формулы (5) для оценки стоимости единицы фотосинтетически активной радиации.

Таблица 4. Исходные данные для расчетов ($q_e=2,07$) и значения G_2 в рамке

Источник света	ЛОН	ГЛН	ЛЛ	ЛЛ*	КЛЛ	ДРЛ	ДНаТ	МГЛ
Мощность P , Вт	100	100	36	36	23	150	150	70
Световой поток Φ , лм	1370	2200	2340	3240	1380	7500	9000	5600
Световая отдача η , лм/Вт	13,7	22	65	90	60	50	60	80
Стоимость лампы $C_{л}$, руб**	17	23	35	82	115	160	560	550
Срок службы τ , тыс. ч	1	2	8	15	8	13	15	20
Стоимость ЕСЭ G_2 , руб/Млм·ч	151 [★]	94	31	20	35	41	34	26

Примечания: *ЛЛ с улучшенной цветопередачей ($R_a \approx 100$), и светотехническими характеристиками

**Указаны средние цены по г.Томску

На рисунке 1 (расчетные данные в табл. 4) приводится зависимость $G_1=G_2(q_3)$ для наиболее распространенных типов ИС.

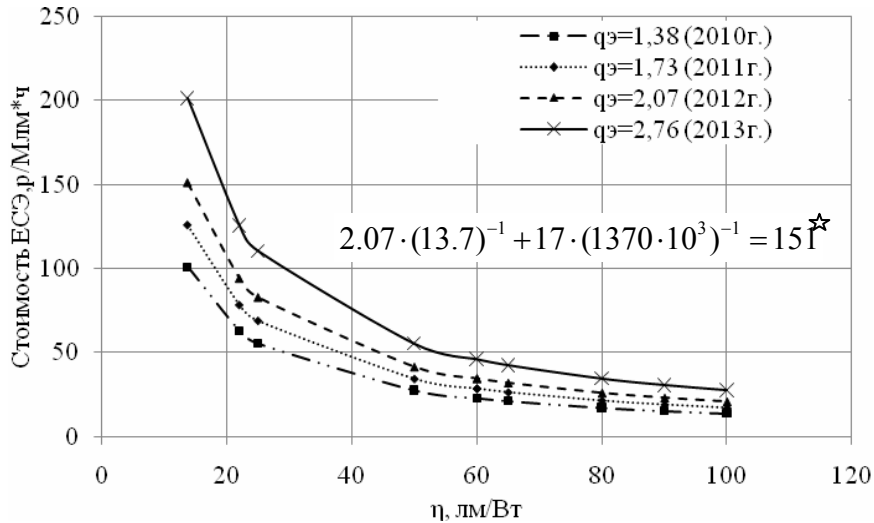


Рис. 1. Зависимость стоимости ЕСЭ от световой отдачи при тарифе на ЭЭ $q_3=var$ для Томска (2010г. и прогноз на ближайшие годы). На свободном поле дан расчет для ЛН и $q=2.07$

Таким образом стоимость ЕСЭ, представляя объективный и простой показатель экономичности источников света, позволяет оценивать наиболее существенные параметры осветительных установок.

Список литературы:

1. Скобелев В.М. Источники света и пускорегулирующая аппаратура : учебник для техникумов / В. М. Скобелев, Е. И. Афанасьева. – М. : Энергия, 1973. – 368 с.
2. Барина И.А., Харитонов А.В. Оценка эффективности эксплуатации компактных люминесцентных ламп ...// 11 спец. выставка с междунар.участием. Тезисы докладов на научн.-техн.конф. – М.: "ВИГМА". – 2005. – С.36-39.
3. Никитин В.Д., Шаламова Ю.С., Матющенко А.А. Динамика стоимости единицы световой энергии как критерий научно-технического прогресса //Сб.научных статей "Энергетика и энергосбережение". Красноярск:изд.КрасГАУ.– 2005. – С. 45-49.
4. Дорофеева Д.Ю., Трубач А.В., Никитин В.Д. Сравнение стоимости единицы световой энергии традиционных и полупроводниковых источников света// Мат.8 Всеросс.научно-практ. конф. "Энергоэффективность систем жизнеобеспечения города". – Красноярск. – 2007. – С.193-196.
5. Никитин В.Д., Матющенко А.А. Анализ проектирования осветительных установок// 11 спец. выставка с междунар.участием. Тезисы докладов на научн.-техн.конф. – М.: "ВИГМА". – 2005. – С.46-48.
6. Зырянова Е.О., Трубач А.В., Никитин В.Д. Выбор экономически оптимального источника света...// Мат.9 Всеросс.научно-практ. конф. "Энергоэффективность систем отопления жизнеобеспечения города". – Красноярск.– 2008. – С.95-99.
7. Ворожейкина М.В., Никитин В.Д. Сопоставление экономических показателей различных источников света//10 спец. выставка с междунар.участием. Тезисы докладов на научн.-техн.конф. – М.: "ВИГМА". – 2006. – С.67-70.
8. Никитин В.Д., Буянова Л.П., Кунгс Я.А. Оптимизация срока службы источников света в животноводческих помещениях// Мат.9 Всеросс.научно-практ. конф. "Энергоэффективность систем жизнеобеспечения города". – Красноярск.– 2008. – С.114-117.
9. Крымов А., Никитин В.Д. Использование базового значения тарифа на электроэнергию при расчете стоимости единицы световой энергии// Мат.10 Всеросс.научно-практ. конф. "Энергоэффективность систем жизнеобеспечения города". – Красноярск.– 2009. – С.114-117.
10. Кунгс Я.А., Михеева Н.Б., Паникаев Р.А., Цугленок Н.В. Техничко-экономические предпосылки использования светодиодов ...// Мат.10 Всеросс.научно-практ. конф. "Энергоэффективность систем жизнеобеспечения города". – Красноярск.– 2009. – С.151-157.
11. Белевич С.А, Никитин В.Д., Кунгс Я.А. Оценка экономичности излучения для горзеленхозов// Мат.8 Всеросс.научно-практ. конф. "Энергоэффективность систем жизнеобеспечения города". – Красноярск.– 2007. – С.189-193.

Исследование сильноточных неподвижных контактных соединений

Д.Е. Вахрушев, М.Е. Назарова, Л.В. Корольков, А.А. Сивков

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

slr-maklaren@mail.ru

В Энергетическом институте Томского политехнического института на кафедре электроснабжения промышленных предприятий лаборатория 126 ведутся исследования [1,2,3] по напылению медных покрытий на различные поверхности с использованием магнитоплазменного ускорителя [2]. В ходе проведения исследований мы увидели новую перспективную область применения известного эффекта. В цветной и черной металлургии достаточно часто встречаются высоко нагруженные контактные соединения алюминиевой ошиновки со стальными конструкциями печей, электролизеров. Эти контактные соединения характеризуются большими потерями мощности.

Для решения этой проблемы были проведены исследования по нанесению медного покрытия на стальные поверхности.

Покрытие было нанесено с помощью магнитоплазменного ускорителя [2], с полученными образцами Fe_{Cu} (рис.1.а) проведены исследования на установке, по методике описанной в [4].

Были подготовлены образцы (см. рис. 1 а.) контактная сборка стягивалась болтом М16 с помощью динамометрического ключа (см. рис. 1 б.)

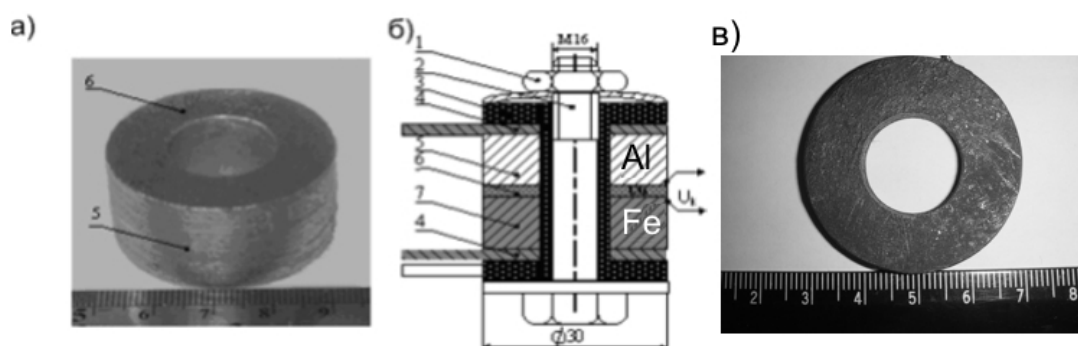


Рис. 1. Стяжное устройство для исследования переходных контактных сопротивлений:

а) исследуемый образец из алюминия с медным покрытием;

б) 1 – гайка М16, 2 – стяжная шпилька М16, 3 – стекло-пластиковый изолятор, 4 – токоподводящие шины,

в) исследуемый образец из стали с медным покрытием

Исследования производились при разных усилиях сжатия контактного соединения, которое изменялось путем изменения момента затяжки болта при сборке контактного соединения в пределах $40 \div 100 \text{ Н}\cdot\text{м}$

На рисунке 2 приведены типичные осциллограммы тока, протекающего через контактное соединение.

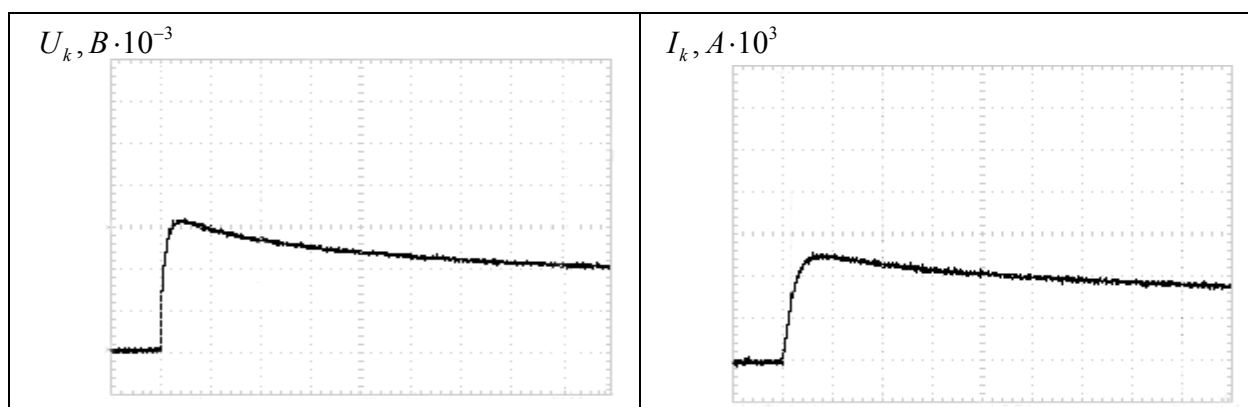


Рис. 2. Типичные осциллограммы тока $I=U_{ш}/R_{ш}$ протекающего по измерительному шунту и напряжения U_k на исследуемом контактном соединении

Изменением усилия сжатия, был получен ряд графиков удельного сопротивления (рис.3).

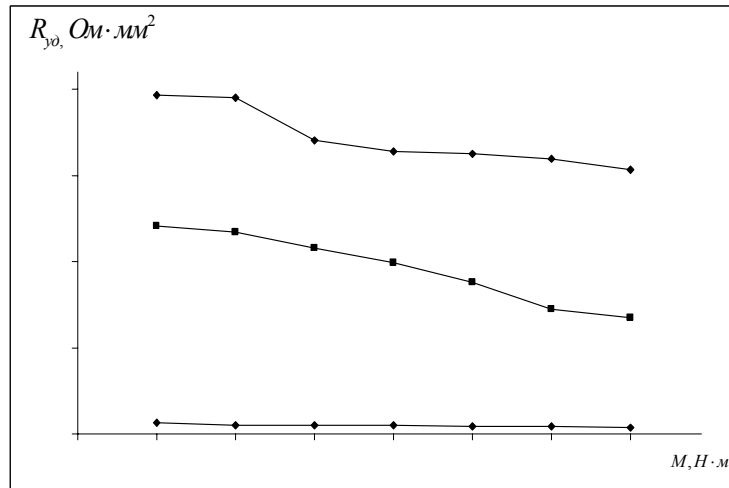


Рис.3. зависимость $R_{уд}$ от M : кривая 1-медь-медь; кривая 2-алюминий с медным покрытием - сталь с медным покрытием; кривая 3-алюминий-сталь

Полученные результаты мы сравнили с результатами опубликованными в [4]. Удельное сопротивление перехода в контактное соединение медь-медь, получено равным $0,48 \text{ мОм}\cdot\text{мм}^2$, что совпадает с ранее полученными значениями.

Продолжив исследования с образцами алюминий –сталь и алюминий с медным покрытием – сталь с медным покрытием мы увидели ,что имеется возможность эффективно снижать переходное сопротивление(см.рис.3)

Это обусловлено тем, что при напылении меди на алюминиевую и стальную поверхности известным способом, проводимость между напыленным слоем меди и материалом подложки очень хорошая. Образцы имеют повышенное сопротивление относительно тестовой контактной пары медь-медь ,это объясняется тем ,что они не подвергались обработке, имеют относительно большую шероховатость поверхности.

Известен способ снижения переходных сопротивлений контактных пар с использованием специализированных токопроводящих смазок. [5]Эти смазки выполнены на основе порошков меди. Продолжая исследования в направлении снижения переходного сопротивления контактной пары алюминий – сталь, мы применяли смазку "Суперконт" фирмы ООО "ЛюбриКонт".

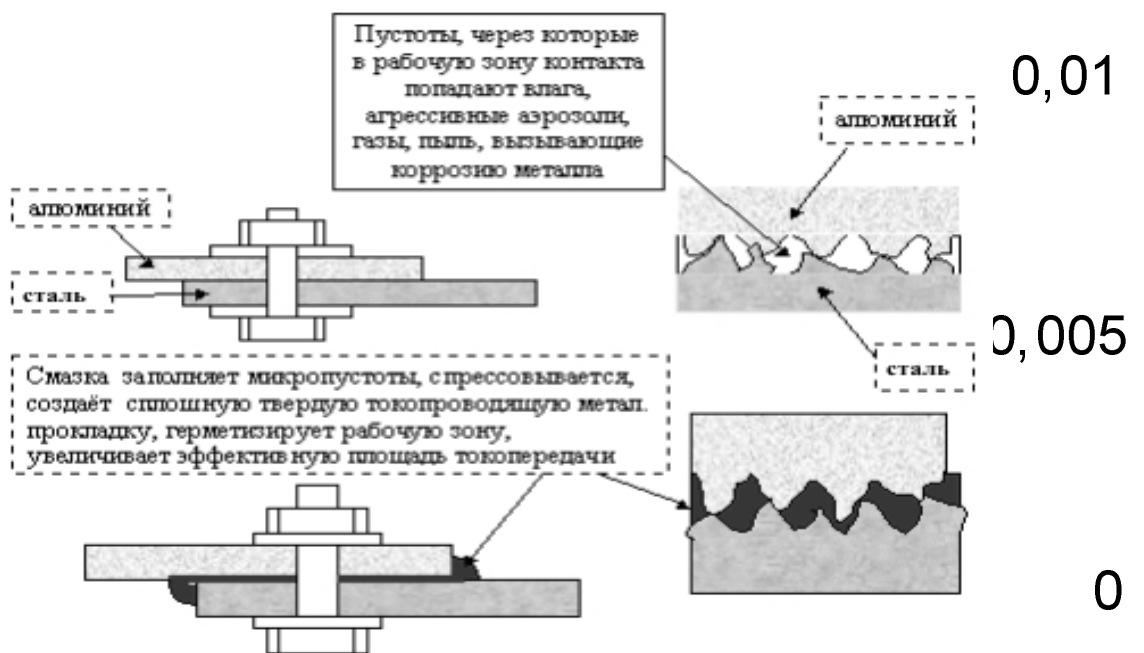


Рис.5. соединение контактных шин

Использованием смазки достигаются две основные цели:

1. На величину от 1,5 до 8 раз и более сокращается переходное контактное сопротивление, которое по своей сути и является источником серьезных потерь электрической энергии, перегрева контактов, выхода их из строя и возгораний.

2. Контакты надежно защищаются от коррозии, разрушения и окисления, в том числе во влажных и агрессивных средах. Смазки разрушают не проводящие ток пленки (окисные, адгезионные) и препятствуют их появлению.

Принцип действия показан на следующем (рис. 4).

Результаты исследований контактного перехода с применением специальной электрической смазки "суперконт" при моменте затяжки болта 60 Нм приведены в таблице 1. В которой для сравнения приведены результаты исследований [2].

Таблица 1 Результаты исследований с применением смазки

	Al-Fe	Al-Fe с смазкой	Al(cu)-Fe(cu)	Al(cu)-Fe(cu) с смазкой	Cu-Cu
R_{vd} Ом·мм ²	0,019	0,017	0,011	0,009	0.0048

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о существенном уменьшении переходного контактного сопротивления за счет совокупности нанесения медного покрытия на поверхность и использования смазок.

Список литературы:

1. Трущелев А. С. Пак А. Я. Влияние условий нанесения медного покрытия на алюминиевую поверхность на переходное сопротивление контактной пары медь-алюминий. Энергетика: экология, надежность, безопасность. Материалы докладов IX всероссийской научно-технической конференции. Томск, ТПУ, 21-25 апреля 2009г.
2. Герасимов Д. Ю., Цыбина А. С., Сивков А. А. Использование коаксиального магнитоплазменного ускорителя для нанесения медного покрытия на алюминиевую поверхность. // приборы. 2005г. №6. стр. 33-40.
3. Сайгаш А.С., Сивков А.А., Пак А.Я. О возможности уменьшения переходных сопротивлений сильноточных контактных соединений //Проблемы энергетики.- 2008.-№9-10/1.С.20-28
4. Орозалиев Э. У. Исследование сильноточных неподвижных контактных соединений. "Современные техники и технологии" материалы докладов XVI Международной научно – практической конференции студентов и молодых ученых. Томск, ТПУ, 12–16 апреля 2010 г.
5. Виктор Новиков, Михаил Соколовский "Дело... в смазке!" Технологии и оборудование Энергосбережение № 1 (4), ФЕВРАЛЬ, 2009 г.

УДК 544.7

Морфология и состав продуктов взаимодействия нанопорошков цинка с физиорастворами

Е.Н. Юнда, А.Ю. Годымчук

*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
vista@tpu.ru*

В работе с помощью метода сканирующей электронной микроскопии, рентгенофазового анализа и визуального наблюдения продемонстрировано, что при контакте электровзрывного нанопорошка цинка с простейшими физиологическими растворами могут образовываться продукты нового состава, морфологии и структуры. При небольшой степени превращения морфология продуктов, формирующихся на поверхности наночастиц цинка, может сохраняться. При большой степени превращения продукты могут кристаллизоваться и иметь отличную от исходных порошков структуру и морфологию, при этом прочно связываясь с поверхностью нанопорошков.

Введение.

Порошки цинка (Zn) широко используются для защиты стали от коррозии, в производстве цинковых белил, в металлургической промышленности при производстве цинковых листов, изготовлении литейных свинцовых и медно-цинковых сплавов, в качестве материала для отрицательного электрода в химических источниках тока [1]. В наши дни появились аккумуляторы из серебра и цинка, при этом ряд технологий требует получения наноразмерных порошков цинка, обладающих спектром новых свойств. Такая ситуация является основой для расширения производства нанопорошков, что в свою очередь, определяет неизбежность контакта нанопорошка Zn с организмом человека. Поэтому важной задачей является определение параметров токсичности нанопорошка [2,3].

С одной стороны, сам цинк не является токсичным: он является необходимым элементом для выполнения многих биохимических функций живых организмов. Однако накопление Zn и его

соединений в больших количествах в клетках и тканях может вызывать воспаление и выраженный токсический эффект [4,5].

Предварительные эксперименты показали, что при попадании нанопорошка цинка в физиологические растворы материал может менять состав, что может в дальнейшем влиять на его свойства. Более того, параметрами определения токсичности нанопорошка являются морфология и дисперсность продуктов взаимодействия нанопорошка с раствором. На сегодняшний день отсутствует точная информация об изменении морфологии нанопорошка при его попадании в биологическую среду. Поэтому **целью данной работы** являлось исследование морфологии нанопорошка цинка при его попадании в физиологические растворы.

Экспериментальная часть.

Для эксперимента был выбран нанопорошок Zn, полученный методом электрического взрыва цинкового проводника в атмосфере аргона (Институт физики прочности и материаловедения, г.Томск).

На основе нанопорошка цинка готовились суспензии с использованием простейших физиологических растворов: фосфатного буферного раствора (NaCl - 8,77; Na₂HPO₄ - 1,28; KH₂PO₄ - 1,36 г/л, рН=7,26), раствора глюкозы (C₆H₁₂O₆ - 4,5 мас.%, рН=7,36), а также дистиллированной воды (рН=6,5). Концентрация приготовленных суспензий составляла 0,10 мас.%. Суспензию выдерживали с доступом воздуха в стеклянной емкости в течение 3-х дней, перемешивая каждые сутки. Затем твердую и жидкую фазу в суспензии разделяли декантацией и фильтрованием; твердый порошкообразный осадок высушивали в чашке Петри в течение 3-х суток при периодичном перемешивании.

Состав исходных порошков и продуктов взаимодействия с физиологическим раствором определяли с помощью рентгенофазового анализа на дифрактометре XRD-7000 (Shimadzu, Япония). Морфологию порошков исследовали с помощью метода сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на сканирующем электронном микроскопе JSM-7500FA (JEOL, Япония).

Результаты и их обсуждение.

На рис.1 приведены рентгенограммы исходного нанопорошка цинка и продуктов взаимодействия с физиологическими растворами. При этом содержание металлического Zn в исходном нанопорошке составляет 74 мас.%, оксида цинка ZnO – 26 мас.%. Важно отметить, что после при выдерживании суспензий на основе фосфатного буфера и дистиллированной воды нанопорошок покрывается светло-голубым осадком, а высушенные порошки содержат дисперсные включения белого. Изменение окраски осадков, в первую очередь, свидетельствуют об образовании продуктов нового состава при контакте нанопорошка цинка с выбранными растворами. Полученные экспериментальные данные согласуются с ранее полученными результатами на электровзрывных нанопорошках меди, окисляющихся на 7÷14 % мас. в растворе, насыщенном кислородом. При этом частицы гидроксида меди, образующиеся вблизи или на поверхности раздела «частица-раствор», могут прочно связываться с поверхностью меди, блокируя реакционную поверхность [6].

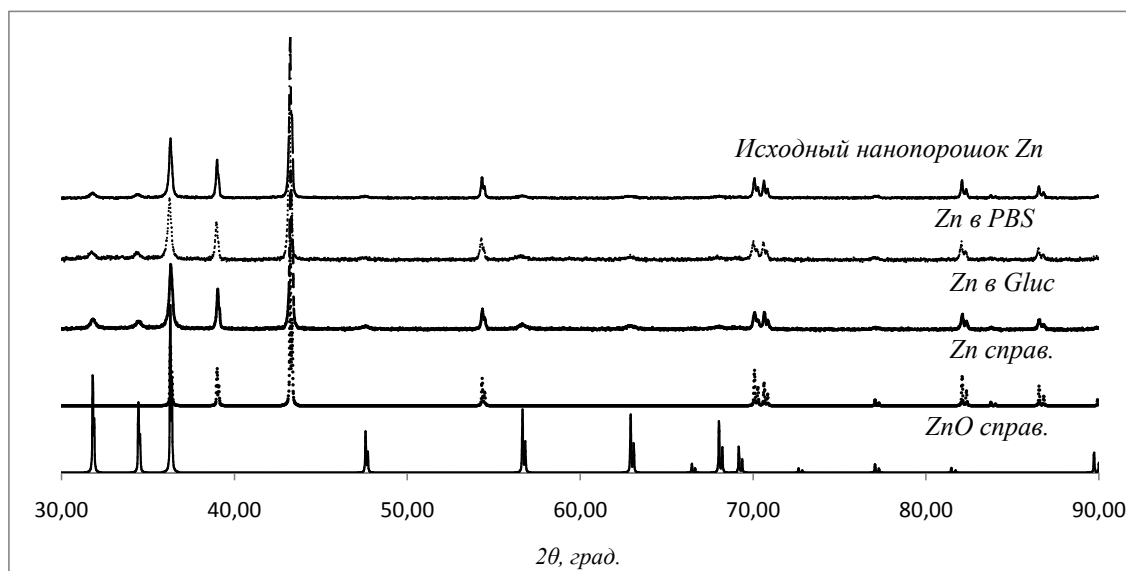


Рис.1. Рентгенограммы исследуемого нанопорошка цинка и продуктов взаимодействия нанопорошка цинка с растворами (данные РФА)

Результаты электрономикроскопического исследования показывают, что исходный нанопорошок цинка имеет частицы размером 50-200 нм, при этом форма частиц близка к сферической

(рис.2). После выдерживания в выбранных растворах морфология частиц может меняться. Так, в порошке с измененной окраской (суспензия на основе дистиллированной воды) во время сушки на определенных участках вырастают кристаллы вытянутой формы с неправильными гексагональными гранями, длина которых варьируется от 10 до 150 нм (рис.3а). В том же самом осадке на других частицах образуются нерегулярные пористые структуры с толщиной стенок 10-40 нм и расстоянием между стенками – 200-400 нм (рис.3б). Важно отметить, что образующиеся структуры не аморфизированы и прочно связаны с поверхностью наночастиц цинка.

Продукты, полученные в фосфатном буфере (рис.3в) и растворе глюкозы, сохранили свою морфологию, но во втором случае размер частиц заметно уменьшился до 50-100 нм по сравнению с исходными частицами, и форма частиц стала более правильной (рис.3г). В случае использования суспензии на основе фосфатного буфера, по всей видимости, степень превращения была меньше, чем в суспензиях на основе дистиллированной воды, и светлые осадки имели аморфную структуру и не определялись методом сканирующей электронной микроскопии.

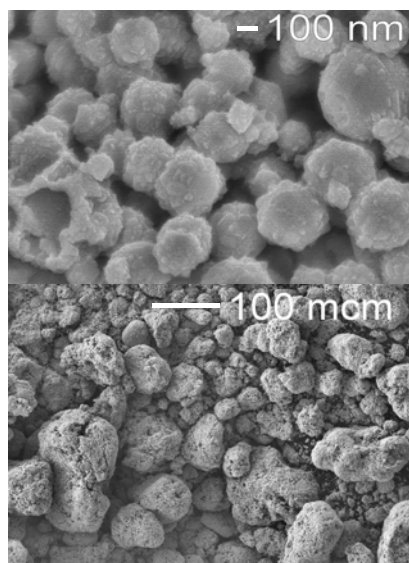


Рис.2. Морфология исходного нанопорошка цинка (снизу: агломераты, сверху – отдельные частицы, составляющие агломераты)

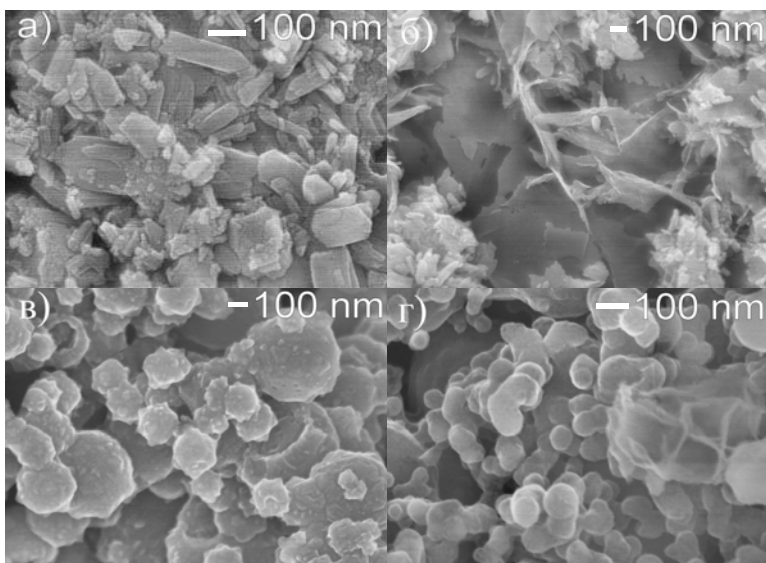


Рис.3. Морфология продуктов взаимодействия нанопорошка цинка с растворами: а-б) дистиллированной вода, в) фосфатный буферный раствор, г) раствор глюкозы.

Таким образом, в работе экспериментальным путем показано, что при контакте электровзрывного нанопорошка цинка с простейшими физиологическими растворами могут образовываться продукты нового состава. Морфология продуктов, формирующихся на поверхности наночастиц, может сохраняться при малой степени превращения. В то же время при большой степени превращения продукты могут кристаллизоваться и иметь отличную от исходных порошков структуру и морфологию, прочно связываясь с поверхностью нанопорошков.

Список литературы:

1. Ed. M. Barak. Electrochemical Power Sources / Inst. Elec. Eng., 1980. – P 498.
2. Chen Z. Acute toxicological effects of copper nanoparticles in vivo // Toxicology Letters. – 2006. – Vol. 163. – Iss. 2. – P. 109-120.
3. Wang B. Acute toxicity of nano- and micro-scale zinc powder in healthy adult mice // Toxicology Letters. – 2006. – Vol. 161. – Iss. 2. – P. 115-123.
4. Adams L.K., Lyon D.Y., McIntosh A., Alvarez P.J.J. Comparative toxicity of nano scale TiO₂, SiO₂ and ZnO water suspensions // Water Science and Technology. – 2006. – No.54. – P.327-334.
5. Franklin N.M., Rogers N.J., Apte S.C., Batley G.E., Gadd G.E., Casey P.S. Comparative toxicity of nanoparticulate ZnO, bulk ZnO, and ZnCl₂ to a freshwater microalga (*Pseudokirchneriella subcapitata*): the importance of particle solubility // Environmental Science and Technology. – 2007. – V.41. – P.8484-8490.
6. Godymchuk A.Yu., Savel'ev G.G., Gorbatenko D.V. Dissolution of Copper Nanopowders in Inorganic Biological Media // Russian Journal of General Chemistry – 2010. – V.80. – No.5. – P.881-888.

**Энергетическая составляющая в формировании валового регионального продукта
Томской области**

М.В. Волков

*Региональный учебно-научно-технологический центр ресурсосбережения ЭНИН ТПУ, г Томск, Россия
rcr@tpu.ru*

Проведено сравнение влияния различных экономических показателей на энергопотребление. Показана малая значимость электроэнергетики на объем валового внутреннего продукта Томской области. Так же как и влияние изменений объема ВРП на потребление электроэнергии не является основополагающим.

Федеральными органами власти в качестве самого важного показателя энергоэффективности принята энергоёмкость валового внутреннего продукта.

Идея увязать вместе вопросы энергосбережения и валового внутреннего продукта (ВВП) не нова и часто используется. Но каким образом связаны эти два понятия из, казалось бы, разных областей науки и жизни? Если рассматривать в этом вопросе электроэнергетику, то сначала мы можем подумать об отсутствии связи между получением электроэнергии при помощи физических процессов преобразования различных видов энергии и ее последующей утилизации и получением прибыли в разных отраслях экономики. Валовый региональный продукт (эквивалент ВВП для отдельно взятого региона) - это не что иное как разница между общим объемом выпущенной продукции в регионе (доход) и промежуточным потреблением (затрат на производство продукции), или, проще говоря, прибыль.

Так же как мы не можем себе представить практически ни одной сферы деятельности человека без использования электроэнергии, так и экономика не может существовать и устойчиво развиваться без использования электроэнергии. Конечно, промышленность, рыночные взаимоотношения и, следовательно, экономика существовали и до открытия электроэнергии и возможностей его использования. Но с приобретением знаний о возможности получения, преобразования и использования электроэнергии развитие человечества в целом и экономики в частности вышло на абсолютно другой уровень.

И здесь резонно возникает вопрос: какая из вышеупомянутых сфер жизнедеятельности оказывает большее влияние на другую - экономика на энергетику или энергетика на экономику?

Рассмотрим взаимосвязь потребления электроэнергии и экономических показателей региона на примере Томской области. Информация для анализа получена из общедоступных «Статистических ежегодников» издаваемых «Томским областным комитетом государственной статистики». Производство ВРП, промежуточное потребление для его производства, а так же потребление электроэнергии и затраты на нее отраслями экономики приведены в таблице 1.

Таблица 1. Экономические показатели Томской области в период 1997-2004 г.г. в сопоставимых ценах 2004 г.

Млн. руб.	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
ВРП	100444,9	96141,2	89674,61	99087,1	108038,7	116677,2	130093	136565,1
Промежуточное потребление	72373,8	64140,1	61318,17	78369	88995,5	93476,6	108652,6	98324,5
Выпуск в ценах 2004 года	172818,7	160281,3	150992,8	177456,1	197034,3	210153,9	238745,5	234889,6
Потребление электроэнергии, Млн. кВт*ч	6373,4	6218,7	6217,4	6516,1	6710,8	6632,4	6984,5	7245,7
Затраты на приобретение электроэнергии	7852,0	7661,4	7659,8	8027,8	8267,7	8171,1	8604,9	8926,7

Данные из «Статистических ежегодников Томской области» приведены к ценам 2004г. в соответствии с индексом-дефлятором. Средняя стоимость электроэнергии для предприятий в 2004 году составляла 1,232 руб за 1кВт*ч. В таблице отслеживаются два промежутка, спад экономической активности в 1997-1999г.г. и рост вплоть до 2004г.г. Рассмотрение ограничено 2004 г. в связи с изменением предоставления информации Комитетом государственной статистики с 2005г.

Данные этих таблиц наглядно приведены на рисунке 1.

Как видно из графика доля затрат на электроэнергию в промежуточном потреблении на производство ВРП Томской области составляют 8-12%. Так как электроэнергетика тоже является

отраслью экономики и имеет свою добавочную стоимость она вносит свой вклад и в формирование ВРП. Если принять величину добавленной стоимости в электроэнергетике на уровне 10-15% то вклад в ВРП составит величину не более 1,5%. Таким образом можно сделать вывод, что электроэнергетика как отрасль экономики на формирование ВРП Томской области влияние практически не оказывает.

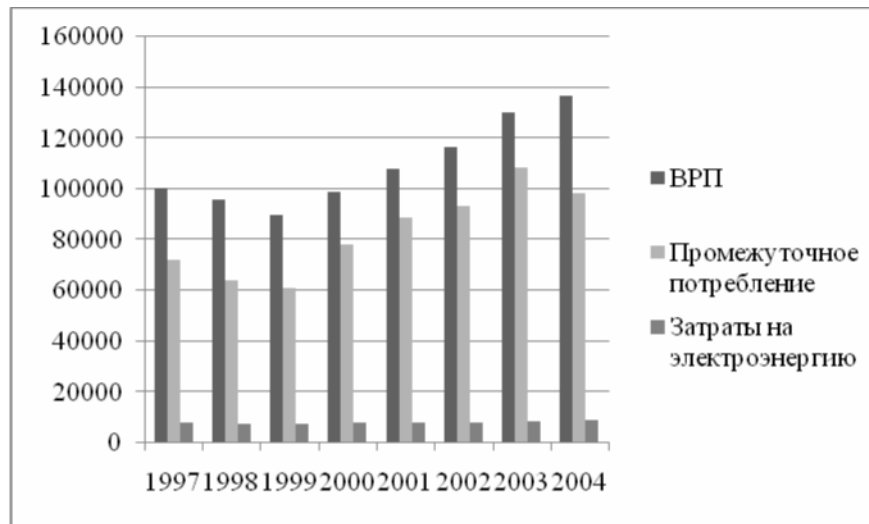


Рис.1. Соотношение экономических показателей Томской области.

Для анализа влияния изменения экономических показателей на потребление электроэнергии рассмотрим изменение ВРП, промежуточного потребления и потребления электроэнергии относительно предыдущего года. Расчетные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2. Относительные показатели изменений экономических показателей Томской области в сравнении с предыдущим годом

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Изменение ВРП	-0,04	-0,07	0,10	0,09	0,08	0,11	0,05
Изменение промежуточного потребления	-0,11	-0,04	0,28	0,14	0,05	0,16	-0,10
Изменение потребления электроэнергии	-0,02	0,00	0,05	0,03	-0,01	0,05	0,04

Как и в таблице 1 отслеживаются промежутки спада и роста экономики Томской области.

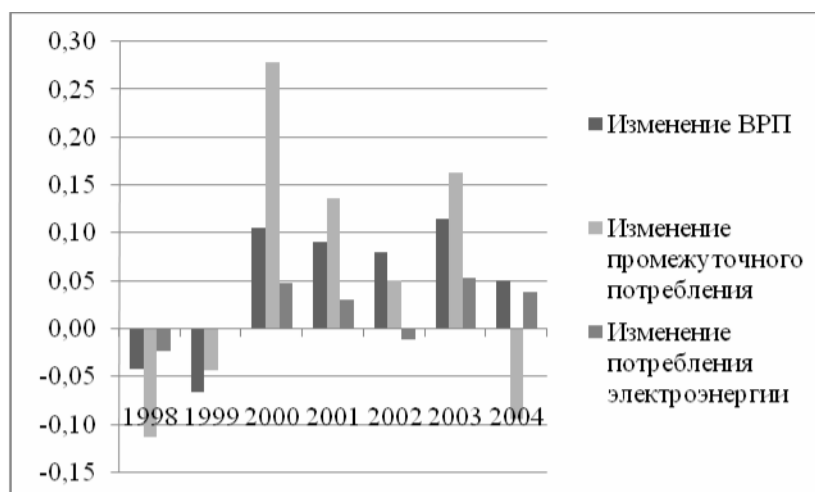


Рис.2. Соотношение изменения экономических показателей Томской области.

Как видно из диаграммы на рисунке 2 если изменения величин в 1998, 2000, 2001 и 2003г.г. имеют сходный характер, то 1999, 2002 и 2004 г.г. выбиваются из этой картины. В то же время, если рассматривать наиболее часто наблюдаемые сходные графики изменений, видно, что наибольший

прирост показывает промежуточное потребление, в то время как ВРП показывает меньший прирост. В других случаях большее изменение показывает именно ВРП.

Исходя из экономического объяснения понятия ВРП, приведенного в начале статьи, а так же данных полученных при помощи статистических исследований, можно предположить, что не вполне корректно говорить о воздействии изменений валового регионального продукта на величину потребления электрической энергии. Величина затрат на потребление электрической энергии заложена в величину промежуточного потребления, а величина прибыли зависит от очень большого количества факторов от предприятия к предприятию, отличается между регионами и зачастую не обосновывается величинами затрат. В то же время вклад электроэнергетики, как объекта экономики в ВРП, на примере Томской области, настолько незначителен, что может не приниматься во внимание.

В то же время, не нужно забывать о невозможности развития экономики региона, без развития энергетического хозяйства, что в большей мере можно отнести к Томской области как энергодефицитной.

Список литературы:

1. Статистический ежегодник: стат.сб./Томскоблкомстат – Томск, 2002: - 260с.
2. Статистический ежегодник: стат.сб./Томскоблкомстат – Томск, 2004: - 260с.
3. Статистический ежегодник: стат.сб./Томскоблкомстат – Томск, 2007: - 312с.
4. Материалы официального сайта Федеральной службы государственной статистики <http://gks.ru/>

УДК 621.311

Создание компьютерной модели ветрогенератора

И.Н. Волошин, А.Х. Тлеуов

*Казахский агротехнический университет, г. Астана, Республика Казахстан
tleuov@bk.ru*

Разработана компьютерная модель ветроэлектрической установки, которая позволяет моделировать режимы работы и получать ее характеристики. В основу модели были положены экспериментальные данные. Сделан вывод о том, что предлагаемая модель обеспечивает требуемую точность расчетов.

Моделирование работы ветрогенераторных установок, представляет собой сложный и трудоемкий процесс, который должен охватывать множество взаимосвязанных факторов, как механического, так и физического характера. При этом необходимо учитывать и внешние условия (как основополагающие), для получения полной картины функционирования ВЭУ. В рамках разрабатываемой нами программной модели функционирования комбинированной системы автономного электро-, - теплоснабжения был предложен способ, максимально упрощающий моделирование электрических параметров получаемых вследствие работы ветрогенератора. Данный способ основан на методе линеаризации с помощью поправочных кривых. Каждый производитель ВЭУ проводит тестирование своего оборудования с тем, чтобы получить графики зависимостей работы ВЭУ (его характеристик) от ветровой нагрузки. Эти данные производитель предоставляет в технической документации, которые служат нам материалом позволяющим моделировать ВЭУ. Таким образом, задавая ветровую нагрузку соответствующей географическому расположению ВЭУ мы получаем выходные характеристики (ток, напряжение, мощность) и используем эти данные совместно с другими элементами КСАЭС для получения оптимальной характеристики выбранного алгоритма функционирования автоматической системы управления.

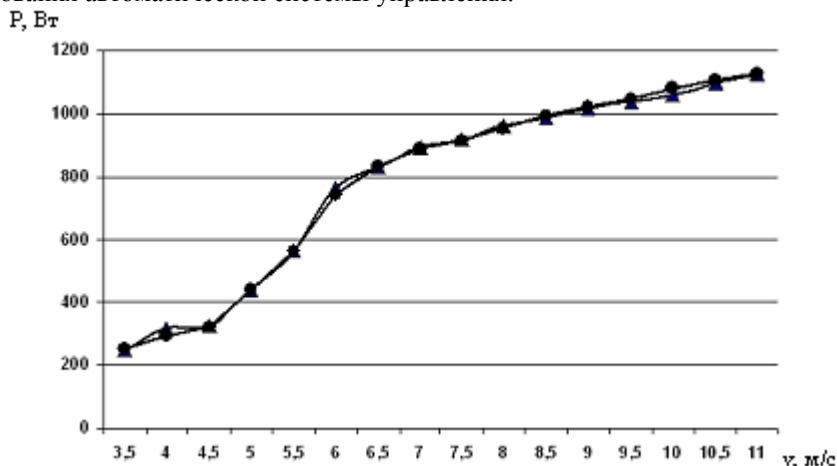


Рис. 1. Зависимость мощности ВЭУ от скорости ветра, полученная в процессе физического эксперимента

На основании методики согласования характеристик ВЭУ с метеорологическими условиями региона и определение расчетной скорости ВЭУ были определены величины мощности ветрогенератора при различных скоростях ветра, представленные на Рис.1. График зависимости был взят за основу при построении модели функционирования ВЭУ. Так как данная зависимость была получена в процессе экспериментального наблюдения за ВЭУ, то, следовательно, и компьютерная модель, созданная на её основе, будет соответствовать физической модели.

Построим таблицу зависимостей мощности от скорости ветра. Надо отметить, что чем больше будет соотношений значений, тем точнее будет модель работы ВЭУ. Наша модель строиться на основе 16-ти соотношений, представленных в Таблице 1.

Таблица 1– Зависимость мощности ВЭУ от скорости ветра

v , м/с	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11
P , Вт	260	300	330	473	520	756	835	889	929	962	1005	1027	1054	1082	1116	1140

Полученные результаты заносим в блок линейаризации. Линейаризация производится с помощью поправочных кривых, распределение точек, привязки которых гарантирует предел погрешности в 0,1%. Блок линейаризации представлен на Рис. 2.

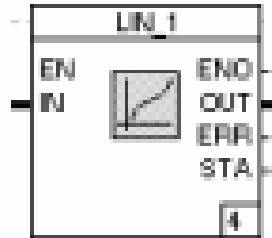


Рис. 2. Блок линейаризации

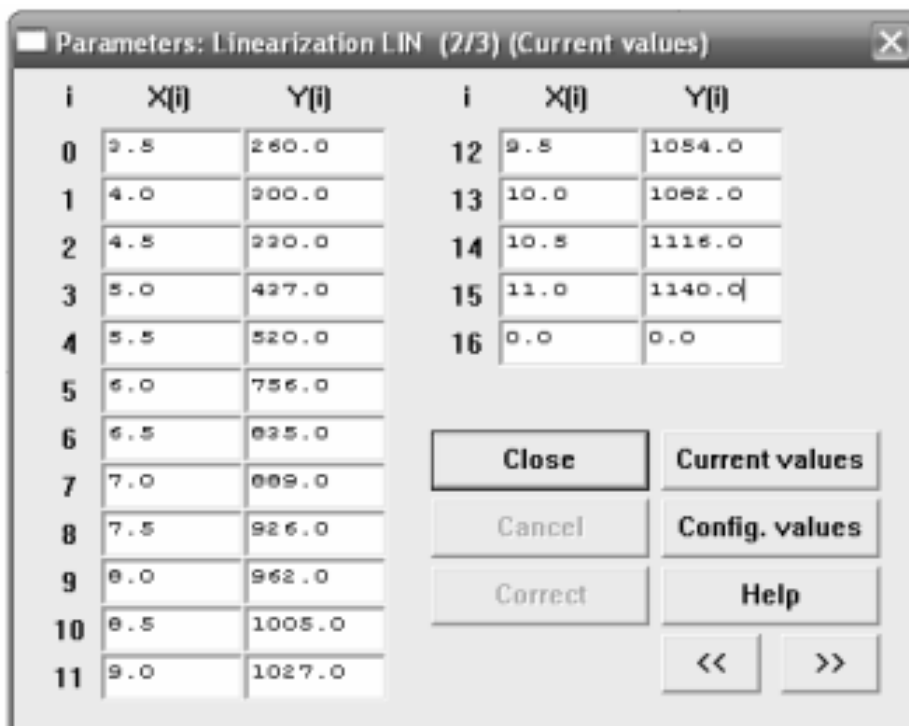
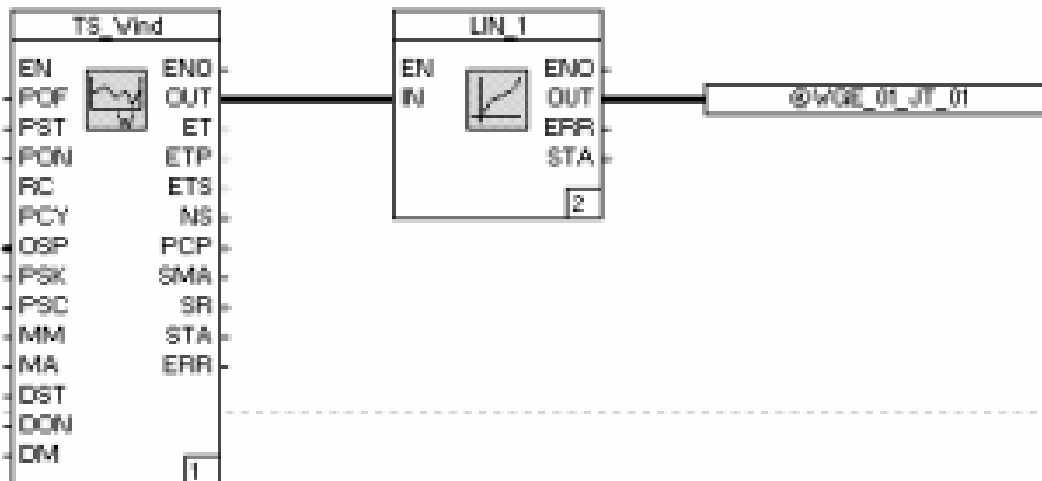


Рис. 3. Окно задания параметров блока линейаризации

где: i - Количество точек привязки 0...32; $X(i)$ - Значение X для точки привязки (i), ввод по возрастающей в формате REAL. Конечная точка линейаризации достигается, когда значение $X(i)$ меньше или равно предыдущему; $Y(i)$ - Значение Y для точки привязки (i), ввод в формате REAL.



TS_Wind – блок моделирования ветровой нагрузки, согласно справочным данным;

LIN_1 – блок линейризации данных согласно Таблице 1;

@WGE_01_JT_01 – выходной параметр (в данном случае – мощность ВЭУ).

Рис. 4. Схема соединения блоков имитации выходной мощности ветрогенератора

P, Вт

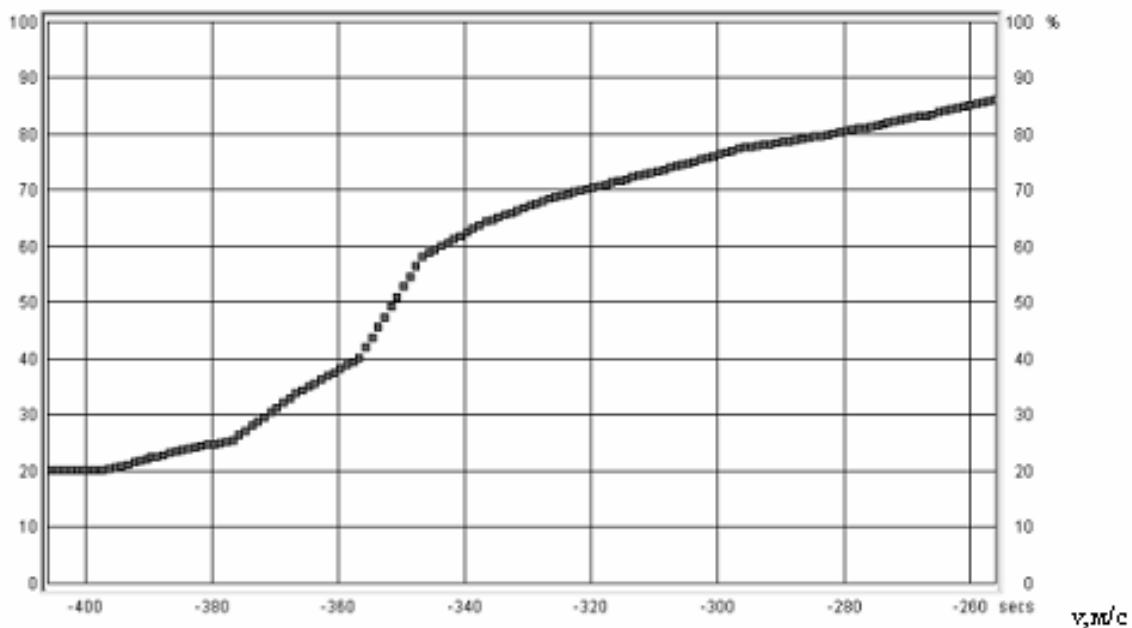


Рис. 5. График полученный в результате моделирования работы ВЭУ

В результате моделирования в программной среде Control Bulder F была получена характеристика представленная на Рис.5, которая полностью соответствует экспериментальной модели. Таким образом, данная программная модель позволяет получать электрические параметры во всем диапазоне ветровой нагрузке с погрешностью не более 0,1% и передавать данный параметр на выход @WGE_01_JT_01 с которого данное значение считывается из любого места программы.

Список литературы:

1. Свободно расширяемая система управления Freelance 2000. Описание системы, ABB Automation.
2. EngineerIT, Control Builder F, Инструкции по инжинирингу, Процессовая станция AC 800F.
3. Харитонов В. П. Автономные ветроэлектрические установки. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 280 с.

Перспективы работ по аттестации рабочих мест по условиям труда в ГУ ЦБ по Томской области

А.Г.Заварзин*, Л.А.Тобольжина*, Н.А.Чулков**, А.Н.Деренок***

*ГУ ЦБ РФ по Томской области, г. Томск, Россия

**Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

***Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия

Безопасные условия труда - одно из основных прав человека и неотъемлемая часть понятия «достойный труд». Всемирный день охраны труда в 2010 году проходил под лозунгом - Управление рисками и профилактика в сфере труда в новых условиях.

Принятые в России нормативные акты [1,2] нацеливают на постоянное совершенствование в вопросах безопасности и гигиены труда.

В России принят Федеральный закон от 04.10.2010г. №265 «О ратификации Конвенции об основах, содействующих безопасности и гигиене труда (Конвенции №187)», в соответствии с которым в России должны быть:

- национальная политика в области безопасности и гигиены труда и производственной среды;
- национальная система безопасности и гигиены труда;
- национальная программа по безопасности и гигиене труда.

Идеи, заложенные в Конвенции №187 у нас в стране уже реализуются в системах управления охраной труда, разрабатываемых в рамках менеджмента качества в организациях по [3].

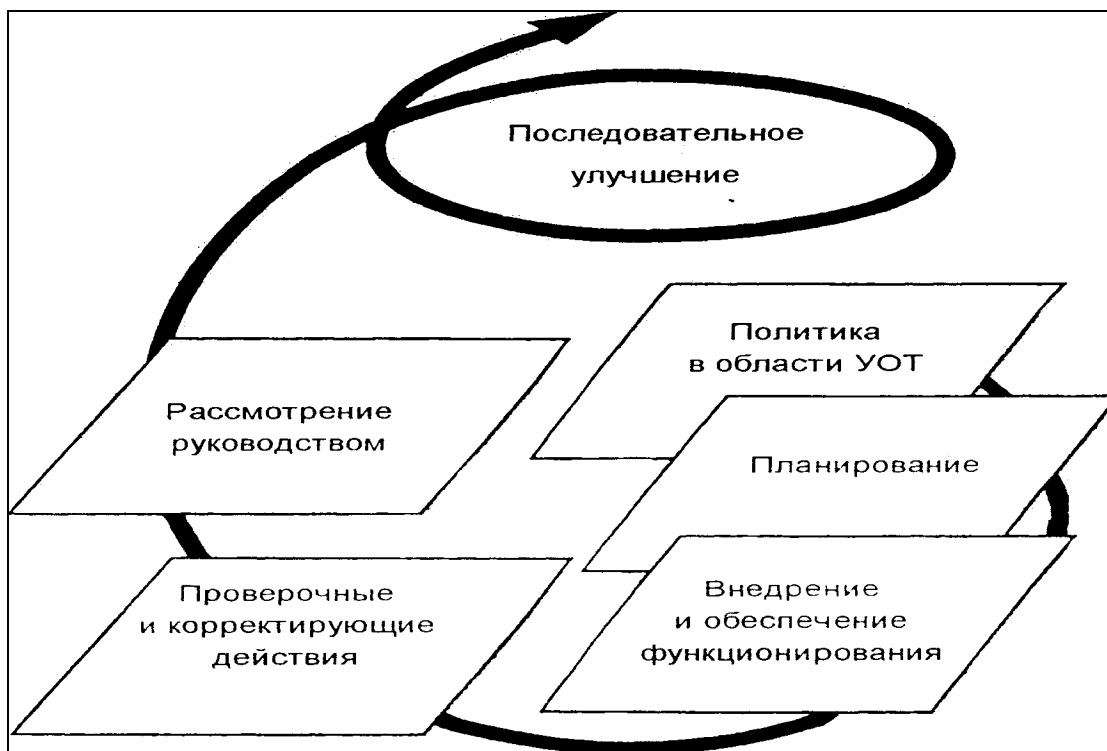


Рис.1. Модель системы управления охраной труда (СУОТ)

В настоящее время в России механизм назначения компенсаций работникам по условиям труда от отраслевых перечней и списков переходит к назначению по материалам аттестации рабочих мест по условиям труда. Проведенная в ГУ ЦБ по Томской области аттестация рабочих мест по условиям труда [4] потребовала в свете корректировки политики государства [5,6] провести повторную оценку состояния условий труда по ряду профессий, которым была определена компенсация в виде молока или других равноценных пищевых продуктов. Для этого были запланированы дополнительные исследования условий труда с оформлением соответствующих протоколов. Аттестационная комиссия, с согласия профсоюзной организации приняла решение об отмене компенсации в виде молока или других равноценных пищевых продуктов.

Принятое Постановление Правительства РФ №870 от 20. 11. 2008г., не подкреплено подзаконными актами (Приказы Минздравсоцразвития РФ №173 и №175 отозваны с регистрации в Минюсте РФ). Больше того, Приказом Минздравсоцразвития России от 1 апреля 2010 г. №205н утвержден Перечень услуг в области охраны труда, для оказания которых необходима аккредитация и

Правила аккредитации организаций, оказывающих услуги в области охраны труда. 10.09.2010 г. продлен срок уведомительной аккредитации до 01.12.2010 г. и срок действия ранее выданных аттестатов аккредитации испытательных лабораторий ССОТ до 01.03.2011 г. Также в октябре 2010 года в России утверждена концепция реформирования единой системы аккредитации. До 1 января 2012 г. национальному органу по аккредитации предполагается передать полномочия по аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), выполняющих работы по обязательному подтверждению соответствия.

Действия Правительства РФ по внесению корректив в национальную политику в области безопасности и гигиены труда и производственной среды, существенно осложняют проведение аттестации рабочих мест по условиям труда и подтверждение компенсаций работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

Список литературы:

1. «О ратификации Конвенции об основах, содействующих безопасности и гигиене труда (Конвенции №187)» Федеральный закон от 04.10.2010г. №265.
2. Постановление Правительства РФ от 20. 11. 2008г. №870.
3. Системы управления охраной труда. Общие требования. ILO-JSH 2001 Guidelines on occupational safety and health management systems (IDT). ГОСТ ИСО 12.0.230-2007.-Москва: Стандартинформ, 2007г.- 16.
4. А.Г.Заварзин, А.С. Шаленко, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников, Н.А. Чулков. Разработка схем размещения источников аварийного электропитания для РКЦ с. Парабель. Материалы одиннадцатой Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: экология, надежность, безопасность». -Томск: Изд-во ТПУ, -2005. -542 с.
5. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 февраля 2009 г. N 45н "Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов, Порядка осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов, и Перечня вредных производственных факторов, при воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или других равноценных пищевых продуктов"
6. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 19 апреля 2010 г. N 245н "О внесении изменений в нормы и условия бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов, которые могут выдаваться работникам, вместо молока, утвержденные приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 февраля 2009 г. N 45н».

К вопросу о технологической эффективности применения ЗШС гидроудаления в строительных изделиях

*А.В. Атякшева, А.К. Калиева, А.Ж. Аубакирова
КазАТУ им. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан*

На сегодняшний день использование промышленных отходов теплоэнергетического производства одна из наиболее проблем развития промисудустрии Казахстана. Это определено как экономическими, так экологическими вопросами развития любого суверенного государства.

Одно из наиболее востребованных направлений использования отходов промышленного производства – отходов из золоотвалов для изготовления строительных материалов. Подоплекой данного направления является функционирование теплоэнергетических установок сжигающих в точках до 25% от всего потребляемого твердого топлива с минеральной составляющей до 40%.

При обработке минеральной составляющей каменного угля повышенными температурами (в условиях сгорания) образуется шлак и зола. В дальнейшем частички шлака модифицируются и частично переходят в золу.

Материалы и методы исследования

По строительной классификации отходы от сжигания углей представляют собой твердые аэрозольные частицы, подразделяющиеся на золовые смеси и золошлаковые смеси.

Золовые смеси- частицы, крупностью 0,1 мм и менее в основном перемещающиеся с дымовыми газами и осаждающиеся на контактируемых поверхностях. Золовые смеси выносятся в атмосферу через дымовую трубу.

Золошлаковые смеси – смеси, характеризующиеся содержанием частиц, с крупностью менее 0,1 до 0,25 мм и шлаковых частиц, крупность которых составляет 0,25-10 мм/1/.

Существует два основных метода удаления золошлаковых смесей на тепловых электрических станциях - *сухой и гидравлический*.

Золошлаковые смеси, удаляемые сухим методом нашли наибольшее применение в стройиндустрии. Использование их широко применимо в качестве компонентов золовяжущих для изготовления безобживого и обживого гравия, компонента для автоклавного кирпича, а также ингредиента различных вяжущих. Однако удаление золошлаковых смесей сухим методом значительно удорожает стоимость теплоэлектростанций и поэтому использование сухих циклонов на ТЭС крайне редко.

В Казахстане, где содержание золошлаковых смесей в отвалах достигает 5 млн. тонн, использование золошлаковых смесей гидравлического удаления не нашло такого широкого применения и не превышает 1 %. Это определено тем, что ЗШС гидроудаления относится к инертным материалам не обладаю ни химической, ни технологической эффективностью.

Технологическая эффективность – возможность осуществления процесса изготовления более доступно и проще, без использования сложных рецептур, операций и переделов. Технологическая эффективность является одним из важнейших составляющих любого процесса производства. Однако ЗШС гидроудаления, по своей природе, возможно использовать в качестве заполнителя при изготовлении строительных материалов, на основе гидравлического вяжущего.

Золошлаковая смесь от сжигания различных каменных углей имеет различный химический и минералогический состав, можно также отметить, она содержит кварц различных модификаций, глинозем и муллит. Это определено, в первую очередь, исходным составом твердого топлива, включающего различные органические и неорганические элементы.

Использование в строительном деле золошлаковых смесей гидроудаления является актуальной проблемой, однако на сегодняшний день не разработаны рецептуры композиционных материалов, включающих структурообразующей основы, способной получить искусственный камень и изделие на его основе.

В этой связи материалом статьи является разработка структурирующих составов включающих вяжущие и техногенные отходы теплоэнергетического производства, которые бы нашли место в стройиндустрии Казахстана.

Для проведения экспериментов в качестве вяжущего нами использовался Карагандинский шлакопортландцементсодержащий 58% трехкальцевого силиката, 16% двухкальцевого силиката, 7% трехкальцевого алюмината и 15% четырехкальцевого алюмоферрита. Сам же Карагандинский шлакопортландцемент содержитдо 50% Темиртауского доменного шлака.

В качестве инертной составляющей использовалась золошлаковая смесь от сжигания экибастузских углей, удаляемая от топочных устройств ТЭЦ-2 г.Астаны. Данная смесь на 90% состоит из кремнезема, окиси алюминия и железа. Таким образом, теоретически, золошлаковая смесь от сжигания экибастузских углей и удаляемая гидравлическим путем обладает достаточным для вяжущих свойств количеством окислов кремния, алюминия и железа. Но проведенные исследования показывают, что в результате определенного времени пребывания в водной среде и резкого изменения температуры в технологическом процессе гидротранспортирования золошлаковых смесей от топочных устройств в золоотвал, происходит снижение гидратационной активности до минимума [2]. Соответственно, можно допустить, что для исследований использовались вяжущие и инертные материалы. Золошлаковая смесь отбиралась непосредственно из золоотвала расположенного на расстоянии 5 км от ТЭЦ-2 г.Астаны. Смесь просеивалась, освобождалась от земли и крупных включений.

В результате проведения экспериментов по определению естественной влажностибыло выявлено, что карьерная влажность золошлаковых смесей составляет примерно 30-40%. Это означает, что для дальнейшего использования ЗШСгидроудаления должна подвергаться предварительной сушке, так как, согласно данным технической литературы, при использовании ЗШС в изготовлении различных материалов, ее начальная влажность не должна превышать 15%.

Проведение экспериментов осуществлялось по следующей методике:

- золошлаковую смесь высушивали до постоянной массы при температуре 105⁰С ;
- по весовому составу готовили три серии кубов-образцов. В качестве кубов-образцов были приняты 3 состава 1:1, 1:2 и 1:3. Где 1-это весовое содержание вяжущего (Карагандинского шлакопортландцемента) и 1,2 и 3 (вторая цифра состава) – весовое содержание золошлаковой смеси;
- каждый состав содержал две партии. Полученные в партиях образцы подвергались твердению в течение 28 суток. Причем одна партия твердела28 суток в нормальных условиях при температуре (20±2⁰С) и относительной влажности (100-2⁰С) в ящике с опилками, которые периодически смачивались водой;
- процесс изготовления кубов-образцов включал следующие операции: взвешивание вяжущего и инертного, перемешивание составляющих, замачивание составляющих водой.

Каждая партия смеси заливалась водой в соотношении по весу соответственно 0,1:0,2:0,3:0,4:0,5:0,6:0,7:0,8:0,9 и 1. Смесь тщательно перемешивалась и забивалась в формы.

По истечении 28 суток твердения образцов в соответствующей среде кубы освобождались от формы и испытывались на прессовом оборудовании.

Результаты и обсуждения

Результаты испытаний представлены на рисунках 1 и 2.

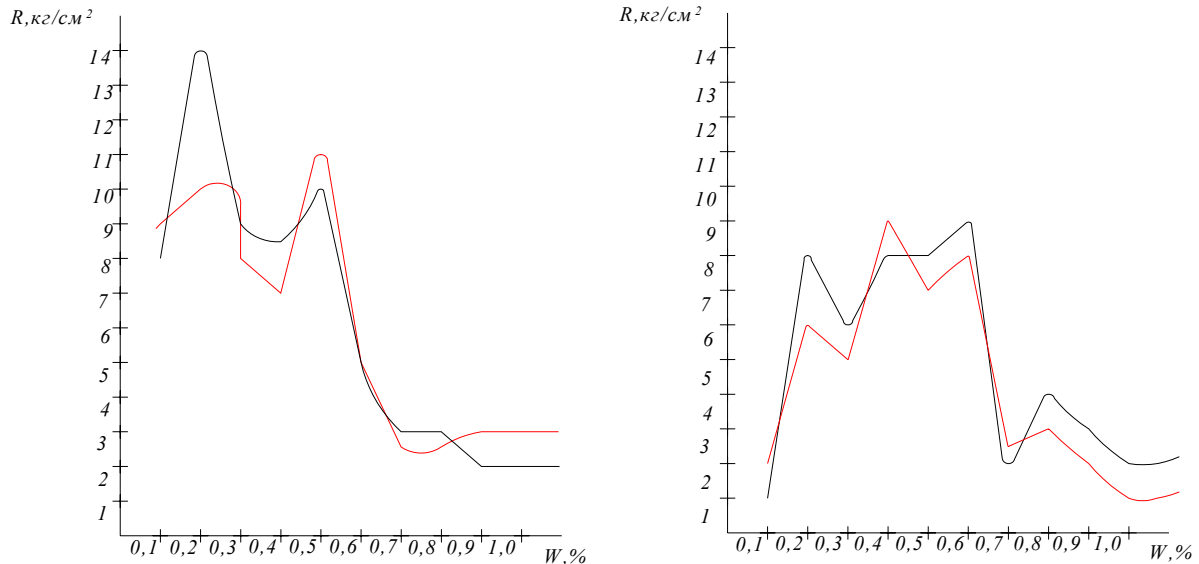


Рис. 1. График зависимости $R, \text{кг/см}^2$ от $W, \%$

На рисунке 1 представлены усредненные результаты испытаний из трех образцов состава 1:1, твердеющие 28 суток в нормальных (сплошные линии) и в естественных (штриховые линии) условиях.

На рисунке 2 представлены аналогичные испытания образцов состава 1:2.

Рисунки 1 и 2 представляют собой графики в осях $R-W$. Здесь R – временное сопротивление затвердевшего раствора соответствующего куба-образца; W – содержание воды затворения растворной смеси по отношению сухой золошлакоцементной.

Кубы-образцы состава 1:3 твердевшие 28 суток как в нормальных, так и в естественных условиях при временном испытании на сжатие, прочностных характеристик не показали. В своем большинстве при освобождении от формы не была соблюдена целостность данных образцов. Соответственно, наблюдались сколы углов, продольные и поперечные, мелкие и крупные трещины, разделение образцов на отдельные части.

Вместе с тем, на рисунках 1 и 2 просматривается картина напряженно-деформированного состояния затвердевших кубов-образцов исследуемого материала.

На рисунке 1 кубы-образцы естественного твердения состава 1:1 имеют характерные точки при содержании воды в растворной смеси 0,1; 0,2; 0,4; 0,55 и 0,75. В данных точках значение временного сопротивления сжатию соответственно составляло: 0; 14; 9; 11 и 3 МПа. Кубы-образцы нормального твердения имеют характерные точки при содержании воды 0,1; 0,2; 0,4; 0,55 и 0,75, соответственно значение временного сопротивления сжатию: 0; 10; 7; 10 и 3 МПа.

На рисунке 1 картина уменьшения временного сопротивления сжатию просматривается ярко выраженной седловиной, при содержании воды в пределах 0,4 от веса смеси и резкого увеличения R при $W=0,2$ и $W=0,55$.

На рисунке 2, где представлено становление временного сопротивления сжатию растворной смеси состава 1:2 в зависимости от воды затворения, картинка изменения R от W имеет несколько измененный вид.

Во-первых – превалирующего роста временного сопротивления сжатию кубов-образцов, твердевших в естественных условиях не просматривается.

Во-вторых – имеется три характерных участка роста прочностных характеристики два спада прочности.

Характерными точками при содержании воды в растворной смеси для образцов, твердевших в естественных условиях являются 0,1; 0,2; 0,3; 0,45; 0,5; 0,6; и 0,75. В данных точках временное сопротивление сжатию составляет 0; 6; 5,5; 9; 7; 8 и 3 МПа. Кубы-образцы нормального твердения имеют

характерные точки графика при содержании $W-0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$ и $0,7$ при значениях $R-0; 8; 6; 8; 9$ и 3 МПа.

Для объяснения представленных картин по становлению прочностных характеристик искусственных кубов-образцов на основе вяжущего и инертной составляющей (золошлаковой смеси от сжигания экибастузского каменного угля) предлагаются некоторые доизменения, практически не влияющие на общую картину, но в теоретическом плане отбрасывающие факторы более сложного характера:

- для обоснования исследования принята двухкомпонентная система.
- в процессе исследования рассматривалась только упругая стадия работы материала;
- удельная поверхность золошлаковой смеси принята равной удельной поверхности шлакопортландцемента;
- объем гидратированного зерна вяжущего примерно в два раза больше объема зерна исходного вяжущего.

Специфика изготовления материала по двухкомпонентной системе: цементный клей+золошлаковая смесь внешнего гидроудаления, определяется необходимостью обволакивания частиц золошлаковой смеси цементным клеем и для качественной золошлакоцементной смеси потребуется $P_{ц}$ - цементного теста [3/

$$P_{ц} = \delta_{ц.т.} \cdot S_s \cdot K_{рз} \cdot V_{цт}^0,$$

где $\delta_{цт}$ - толщина цементного теста; S_s - удельная поверхность золошлаковой смеси; $K_{рз}$ - коэффициент раздвижки зерен; $V_{цт}^0$ - плотность цементного клея;

В теоретическом плане можно представить, что между инертными частичками золошлаковой смеси в готовом материале располагаются гидратированные частички вяжущего, образующие целостный искусственный камень, и процесс разрушения кубов-образцов может протекать по трем направлениям:

- гидратированным зернам;
- инертным составляющим золошлаковой смеси;
- по кратчайшему пути, включающему как гидратированные зерна вяжущего, так и инертным составляющим золошлаковой смеси.

В этом плане коэффициент раздвижки зерен как со структурируемого так и с экономического положения, играет большую роль в трехкомпонентных системах (например бетонах). Здесь требуется рассмотрение коэффициента раздвижки зерен раствора, так и в целом искусственного камня. В первом случае большое количество воды затворения раздвигает составляющие золошлаковой смеси зерна в большую сторону, а коэффициент раздвижки зерен готового материала будет определяться условиями твердения материала.

В отношении состава вяжущего и золошлаковой смеси, все эксперименты, проводимые по выявлению прочностных характеристик образцов – кубиков составов 1:1 и 1:2 соответствуют удовлетворительным результатам. Однако, образцы – кубики состава 1:3 сразу же после распалубки разрушаются или имеют множественные дефекты. Теоретически можно предположить, что ЗШС гидроудаления, используемая в качестве заполнителя и имея достаточно большой гранулометрический диапазон в составе с вяжущим создает своеобразную цепочку связи, в которой частички золошлаковой смеси являются связующими между частичками вяжущего. Частицы ЗШС выступают как заполнитель, поверхность которого обволакивается цементным тестом. В случае преобладающего количества ЗШС в сырьевой смеси, значительное количество частиц ЗШС отделяет друг от друга частицы вяжущего и они будут изолировано располагаться друг по отношению к другу. То есть, как таковой цепочки связи не образуется. Соответственно, процессы гидратации произойдут. Однако изделия, как искусственного камня, не образуется.

Исходя из теории прочности двухкомпонентных систем картину зависимости временного сопротивления сжатию кубов – образцов от содержания в растворе воды затворения можно по характерным точкам объяснить следующим.

Первая характерная точка графика на рисунках 1 и 2.

Временное сопротивление равно нулю. Это показывает на то, что мы практически не получили раствор. Количество воды затворения явно недостаточно для процессов гидратации вяжущего.

Вторая характерная точка имеет наибольшее значение временного сопротивления сжатию. Как известно $0,4 B_{ц}$ является оптимальным с позиций как процессов гидратации, так и развития физических процессов деструкции, что и обеспечило явный положительный результат.

Здесь, хотелось бы отметить, что образцы естественного твердения состава 1:1 имеют несколько большую прочность, что говорит о необходимости дальнейших исследований с учетом внешнего тепло- и массообмена.

Третья характерная точка показывает на спад прочностных характеристик. При таких соотношениях $B_{ц}$ происходит явление раздвижки зерен в растворе, что характерно и для искусственного

камня. При этом, разрушение происходит по гидротированным зернам вяжущего и инертным зернам золошлаковой смеси.

Четвертая характерная точка. Здесь наблюдается некоторое повышение прочностных характеристик. Это возможно при перекристаллизации продуктов гидратации, когда большее количество воды затворения создаёт условия процессов образования более мелких кристаллов.

В дальнейшем вода затворения будет снижать прочностные характеристики искусственного камня.

Выводы.

Несущая способность образцов из золошлаковой смеси определяется прочностью и количеством цементного теста. Из-за большого расхода вяжущего использовать для приготовления изделий полнотелые золошлакоцементные растворы не рационально. Прочность искусственного камня на основе золошлакоцементных смесей однозначно не увязывается с коэффициентом раздвижки зерен.

Таким образом, результаты наших исследований по технологической эффективности применения золошлаковых смесей показали, что в настоящее время данная тема исследований является актуальной и нами проводятся дальнейшие исследования.

Список литературы:

1. Атякшева А.А. Экологические и технологические основы грануляции техногенных отходов теплоэнергетического производства
2. Бубелло В.В. разработка и исследование способа автоматической коррекции состава бетонной смеси в процессе ее приготовления. Автореферат канд. дисс. – Одесса: ОИСИ, 1971. – 27с.
3. Ганжара В.И., Атякшева А.В., Аканов Е.Б., Степахин А.С. Способ изготовления кирпичей и устройство для его осуществления. Предпатент РК № 41823 от 19.11.2002 Патентное ведомство Республики Казахстан
4. Способ изготовления кирпичей. Большая Советская Энциклопедия. М.: Государственное научное издательство, 1953, второе издание, т. 21, с. 130
5. Способ изготовления кирпичей. Технические условия. ГОСТ 379-95. М.: МИТКС, 996, 14 с.

УДК 631.37: 621.548

Перспективы развития ветроэнергетики на территории Республики Казахстан

М.А. Шукралиев

*Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан
shukraliev@yandex.ru*

Показана перспектива строительства ветроэлектрических станций на территории Республики Казахстан. Приведены результаты исследований предполагаемых мест строительства, метеорологические данные о скоростях ветра, количества и мощности ветроустановок. Сделан вывод о том, что республика имеет очень хорошие возможности для развития ветроэнергетики.

Республика Казахстан находится на этапе устойчивого социально-экономического развития. Ежегодный прирост Внутреннего Валового Продукта составляет порядка 8 процентов. Основной прирост ВВП обеспечивается за счет горнодобывающей и нефтегазовой отраслей. Приняты государственные программы по диверсификации экономики и развития несырьевых отраслей промышленности и сельского хозяйства. Президентом страны поставлена задача входа страны в 50 наиболее конкурентных стран мира. В то же время экономика страны характеризуется высоким потреблением энергии. Показатели удельного потребления энергии на единицу ВВП находятся на уровне 2 тнэ/1000USD, что в несколько раз превышает показатели стран ОСЭР. Высокая энергоёмкость экономики приводит к нерациональному использованию топливно-энергетических ресурсов, снижает конкурентоспособность экономики и приводит к существенному загрязнению окружающей среды. В Стратегии индустриально- инновационного развития Республики Казахстан поставлена задача снижения энергоёмкости экономики в два раза к 2015г. Как следствие высокого потребления энергоресурсов происходит значительное загрязнение окружающей среды. По удельным выбросам парниковых газов на единицу ВВП (6,11 кг CO₂/USD) Казахстан занимает третье место в мире. Казахстан является участником Рамочной конвенции ООН по изменению климата и намерен ратифицировать Киотский Протокол и взять обязательства по снижению выбросов парниковых газов. В этой связи, для обеспечения устойчивого социально-экономического развития Республики Казахстан необходимы усилия по повышению энергоэффективности экономики и сохранению окружающей среды. Одним из путей сокращения потребления топлива и вредного влияния на окружающую среду является использование возобновляемых источников энергии. [1]

Перспективы использования ветроэнергетики определяются наличием соответствующих ветроэнергетических ресурсов. Казахстан исключительно богат ветровыми ресурсами. Порядка 50%

территории Казахстана имеет среднегодовую скорость ветра 4-5 м/с, а ряд районов имеет скорость ветра 6м/с и более, что предопределяет очень хорошие перспективы для использования ветроэнергетики. По оценкам экспертов, Казахстан, одна из стран мира, с наиболее подходящими условиями для развития ветроэнергетики. Ветреные места расположены в Прикаспии, в центре и на севере Казахстана, на юге и юго-востоке Казахстана. Учитывая плотность мощности ВЭС на уровне 10 МВт/км² и наличие значительных свободных пространств можно предполагать возможность установки в Казахстане нескольких тысяч МВт мощности ВЭС. По некоторым данным теоретический ветропотенциал Казахстана составляет около 1820 млрд. кВт.ч в год. Для точной оценки ветропотенциала перспективных мест необходимы специальные метеоисследования с использованием метеомачт высотой 30-80м в течении как минимум одного года. Полученные метеоданные используются для расчета годовой выработки электроэнергии ветроустановками. Результаты расчетов используются для подготовки технико-экономического обоснования строительства ВЭС. В настоящее время развернута сеть из 8 метеомачт высотой 50 метров в нескольких регионах Казахстана для оценки ветрового потенциала. После проведения годовых измерений метеомачты будут установлены в другие перспективных местах, таким образом, будут получены необходимые данные для обоснования строительства ВЭС в перспективных местах. (Таблица 1).

В области реализация проектов строительства ВЭС значительная часть работ при строительстве ВЭС является весьма специфичной и должна выполняться компаниями по лицензиям от производителей оборудования.

Сотрудничество с такими компаниями позволит принести в Казахстан опыт по строительству ВЭС с соблюдением необходимых условий и гарантий для инвесторов и поставщиков оборудования. Совместно с Министерством энергетики и минеральных ресурсов РК разрабатывается Национальная Программа развития ветроэнергетики, в рамках которой будут определены индикативные цифры установки мощностей ветростанций на период 2010-2024гг. По предварительным данным установленная мощность ВЭС к 2024г может составлять порядка 2000МВт.

Таблица 1. Перечень исследованных площадок для строительства ВЭС

По данным метеоисследований ПРООН № п/п	Наименование площадки	Область	Скорость ветра на выс. 50 м	Предполагаемая мощность ВЭС
1	Джунгарские ворота	Алматинская область	9,7	50 МВт
2	Шелекский коридор	Алматинская область	7,7	100 МВт
3	Кордай	Жамбыльская	6,1	10-20 МВт
4	Жузымдык-Чаян	ЮКО	6,7	10-20 МВт
5	Астана	Акмолинская	6,8	20 МВт
6	Ерейментау	Акмолинская	7,3	50 МВт
7	Каркаралинск	Карагандинская	6,1	10-20 МВт
8	Аркалык	Костанайская	6,2	10-20 МВт
9	Атырау	Атырауская	6,8	100 МВт
10	Форт-Шевченко	Мангыстауская	7,5	50 МВт

Ниже приведены результаты соотношения между ветровыми данными от НЦАИ (Национальный Центр Атмосферного Исследования) и данными метеомачты городов для определения прогноза долгосрочной скорости ветра. Результаты соотношения представлены в таблице 2.

Таблица 2. Корреляция скорости ветра с учетом долгосрочных данных

Местная мачта Базовая площадка	Результат соотношения, %	Местная средняя скорость ветра, м/с	Средняя скорость ветра на базовой площадке, м/с	Перекрывающая скорость ветра на базовой площадке, м/с	Местная долгосрочная средняя скорость ветра, м/с
Астана	91,1%	6,45	4,02	4,02	6,48
Кордай	81,6 %	5,7	3,82	3,81	5,72
Форт Шевченко	72,45%	7,47	5,64	5,22	7,83
Жузумдык	58,26%	6,73	2,74	2,55	7,06
Аркалык	90%	6,51	3,70	3,43	6,93
Бесоба	90,2%	5,98	3,17	2,98	6,29
НЦАИ	78,2%	5,98	4,13	4,17	5,89
Ерейментау	88,36	7,94	4,19	4,30	7,79
Атырау	77,9%	6,8	4,31	3,93	7,15

Специалистами “PB Power” (Австрия) разработаны планы расположения турбин для ВЭС вышеуказанных пунктов. Результаты можно показать на примере одного населенного пункта Ерейментау (Акмолинская область) с установленной мощностью 41,25 МВт. План ВЭС состоит из 25 турбин расположенных в сетке 5X5 (Рис.1) Расстояние между турбинами равно 6 диаметрам ротора. [2]

Площадка под строительство ВЭС расположена в 2 км к юго-западу от города и была идентифицирована при обследовании местности при выборе площадки под строительство ВЭС. Территория представляет собой открытую местность с пологими холмами, покрытую низкорослой травой. Поблизости от площадки проходит асфальтированная дорога. Железнодорожная станция находится в 2 км от площадки. Рядом с площадкой проходят ЛЭП 35 кВ, ЛЭП 110кВ и ЛЭП 220 кВ.

Площадки вблизи города Ерейментау подходят для строительства ВЭС. Площадки имеют хороший ветровой потенциал, со средней многолетней скоростью 8-9 м/с на высоте 80 м, свободны для строительства ВЭС, маршруты доставки оборудования ясны и не представляют трудностей, присоединение к электрическим сетям для выдачи мощности ВЭС доступно. Местность не представляет трудностей для обустройства фундаментов ВЭУ при строительстве ВЭС.

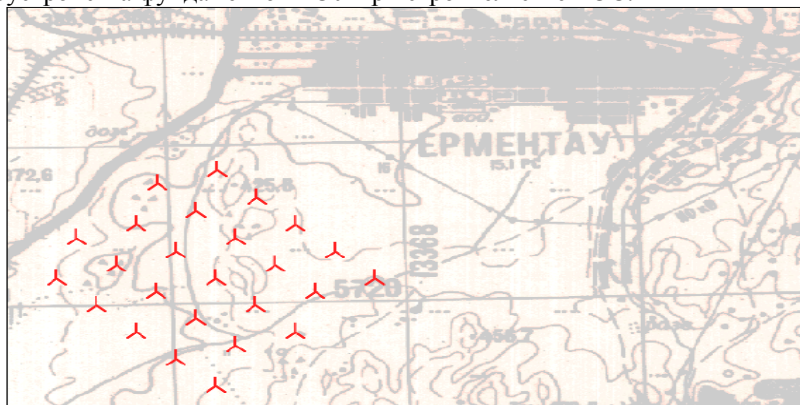


Рис.1. План ВЭС Ерейментау мощностью 41,25 МВт

Сооруженная вблизи г. Ерейментау ВЭС могла бы вырабатывать электроэнергию по весьма приемлемой цене. Приблизительная цена на электроэнергию от ВЭС может составлять порядка 9 тг/кВтч для обеспечения внутренней нормы доходности проекта на уровне 12%. Такая цена за электроэнергию от новой мощности ВЭС представляется привлекательной с учетом экологических преимуществ в долгосрочной перспективе.

При дальнейшей детальной проработке проекта цена на электроэнергию от ВЭС должна быть уточнена с учетом стоимости оборудования и схем финансирования проекта.

Распределение скорости ветра и параметры Weibull на высоте 51 м для этой площадки, показаны на рис.2:

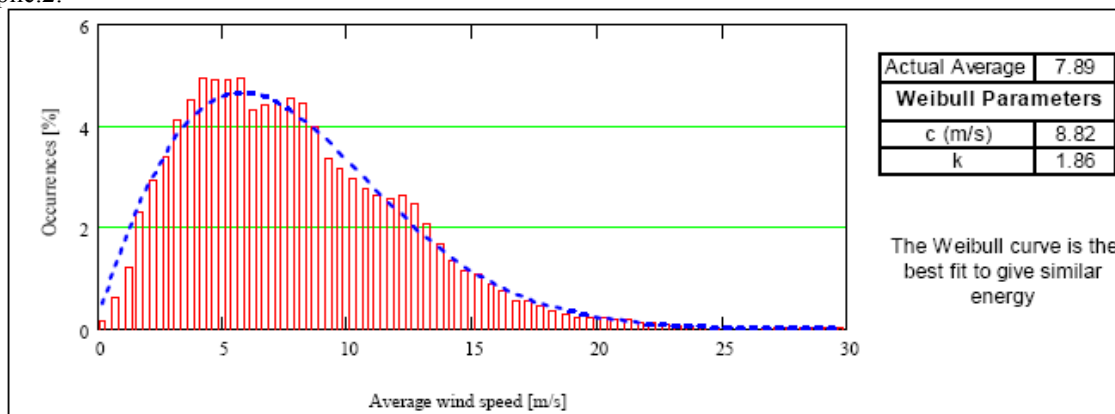


Рис. 2. Распределение скорости ветра и параметры Weibull на высоте 51м

Необходимо отметить, что в целях оказания поддержки использованию возобновляемых источников энергии в Правительстве РК на рассмотрении находится законопроект «О поддержке использования возобновляемых источников энергии». В случае принятия этого законопроекта, проекту ВЭС г. Ерейментау может быть оказана законодательная поддержка, что позволит обеспечить экономическую привлекательность проекта для инвесторов и осуществить этот проект без удорожания стоимости электроэнергии у потребителей.

Список литературы:

1. Проект ПРООН «Казахстан- инициатива развития рынка ветроэнергетики» г. Алматы, 2008 г. - с. 25
2. Отчет «PB Power» для ПРООН, Казахстан. 2008г.-с.45

УДК 621.47

Анализ составляющих солнечной радиации Северного региона Республики Казахстан

Г.Б. Садуакасова, П.Ю. Ключева

Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан

c.gvlnara68@mail.ru

Представлено исследование сезонного поступления суммарной солнечной радиации для 2009 года. Сделан вывод о том, что отсутствию прямой составляющей солнечной радиации, что приводит к значительному снижению производительности солнечных установок.

Суммарная солнечная радиация - вся прямая и рассеянная солнечная радиация, поступающая на земную поверхность. Суммарная солнечная радиация характеризуется интенсивностью. При безоблачном небе суммарная солнечная радиация имеет максимальное значение около полудня, а в течение года – летом [1].

Прямая солнечная радиация - радиация, приходящая к земной поверхности непосредственно от Солнца. На земную поверхность солнечная радиация приходит пучком практически параллельных лучей и характеризуется интенсивностью радиации.

Рассеянная солнечная радиация - часть солнечного излучения (около 25%), претерпевшая рассеяние в атмосфере - преобразованная в атмосфере из прямой солнечной радиации в радиацию, идущую по всем направлениям. Причиной рассеяния солнечных лучей является неоднородность воздуха. Радиация распространяется от рассеивающих частиц воздуха так, как если бы эти частицы сами были источником излучения. Рассеянной солнечной радиацией объясняется голубой цвет неба.

Приход солнечной радиации определяется, прежде всего, астрономическими факторами: продолжительностью дня и высотой солнца. Солнечная радиация, поступающая на земную поверхность, является одним из основных климатических факторов. В свою очередь, она в значительной степени зависит от циркуляции атмосферы и особенностей подстилающей поверхности.

Поверхностная плотность теплового потока суммарной радиации зависит от состояния облачности. Зависимо от высоты солнца (6-44,9°) в летние месяцы поток суммарной радиации изменяется в безоблачную погоду от $11,2 \times 10^{-3}$ до $78,4 \times 10^{-3}$ Вт \times см $^{-2}$, при наличии солнца и облаков в $9,8 \times 10^{-3}$ до $80,5 \times 10^{-3}$ Вт \times см $^{-2}$, при сплошной облачности от $4,2 \times 10^{-3}$ до $25,9 \times 10^{-3}$ Вт \times см $^{-2}$.

Поток суммарной радиации также зависит и от самих облаков, если солнце просвечивает через перистые облака, то поток суммарной радиации будет изменяться от $4,9 \times 10^{-3}$ до $64,4 \times 10^{-3}$ Вт \times см $^{-2}$, если же облака слоистые - от $3,5 \times 10^{-3}$ до $38,5 \times 10^{-3}$ Вт \times см $^{-2}$. Влияние на величину суммарной радиации оказывает также высота облаков, если облака высокие, поток изменяется от $5,6 \times 10^{-3}$ до $49,7 \times 10^{-3}$ Вт \times см $^{-2}$, если низкие - от $6,3 \times 10^{-3}$ до $27,3 \times 10^{-3}$ Вт \times см $^{-2}$.

В осенне-зимний период прямая и рассеянная составляющие суммарной солнечной радиации равны между собой и составляют каждая 50% от суммарной. В весенне-летний период начинает преобладать прямая составляющая, достигая максимума в июне месяце (примерно 65% от суммарной).

Ряды данных наблюдений за различными видами солнечной радиации имеют свои особенности, связанные со спецификой наблюдений. Прежде всего, наблюдения проводятся в сроки, отличные от сроков, установленных для наблюдения за другими метеорологическими величинами.

Измерения составляющих радиационного баланса на метеостанциях и приводимые в актинометрических справочниках производятся 6 раз в сутки: в 0 ч 30 мин, 6 ч 30 мин, 9 ч 30 мин, 12 ч 30 мин, 15 ч 30 мин, 18 ч 30 мин. Наблюдения в срок не позволяют получить достаточно надежные данные. Стоит в момент наблюдения небольшому облачку прикрыть солнце, как измеряемое значение прямой солнечной радиации резко изменится. По этой причине, а также исходя из практической необходимости получать суммарный приход солнечного тепла за некоторый отрезок времени (час, сутки, месяц), при климатологической обработке наряду с характеристиками интенсивности солнечной радиации (энергетической освещенности) рассчитывают характеристики сумм солнечной радиации за часовые интервалы, сутки, месяц [2].

Экспериментальные исследования были проведены в лаборатории «Нетрадиционных источников энергии» Евразийского инновационного университета. Основной целью исследований является исследование сезонного поступления составляющих солнечной радиации на широте $52,1^\circ$ г. Павлодара.

Измерение плотности солнечного излучения были проведены с использованием стандартных пиранометров. Один пиранометр находится на панели солнечной батареи, измеряет суммарную плотность солнечного излучения на наклонную поверхность (рис.2). Второй пиранометр находится на мачте метеостанции и замеряет плотность солнечного излучения на горизонтальную поверхность.



Рис. 1. Экспериментальные солнечные установки

Исследование сезонного поступления суммарной солнечной радиации для 2009 года зафиксированы с интервалом 1 час, для более точного получения информации.

Для примера представлены графики зависимости изменения плотности солнечного излучения на горизонтальную поверхность для апреля и июля месяца 2009 года и построены кривые для 05, 15 и 25 числа месяца, для сравнения на графики нанесена кривая значения плотности солнечной радиации на горизонтальную поверхность, которая строится по многолетним актинометрическим наблюдениям из климатических справочников.

Продолжительность солнечного сияния, а также продолжительность или долгота дня, являются важными характеристиками для определения продолжительности и времени функционирования систем солнечного теплоснабжения и горячего водоснабжения.

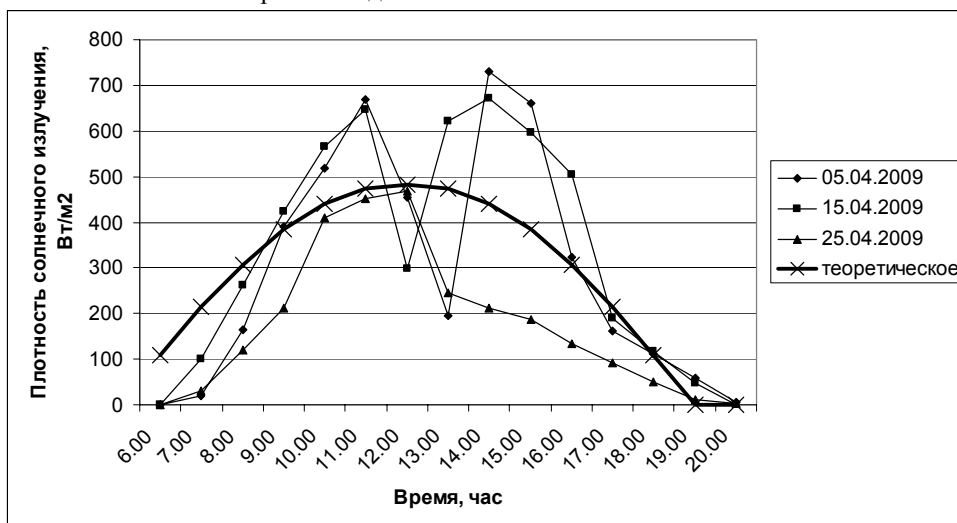


Рис. 2. Изменение значений плотности солнечного излучения на горизонтальную поверхность для апреля 2009 г.

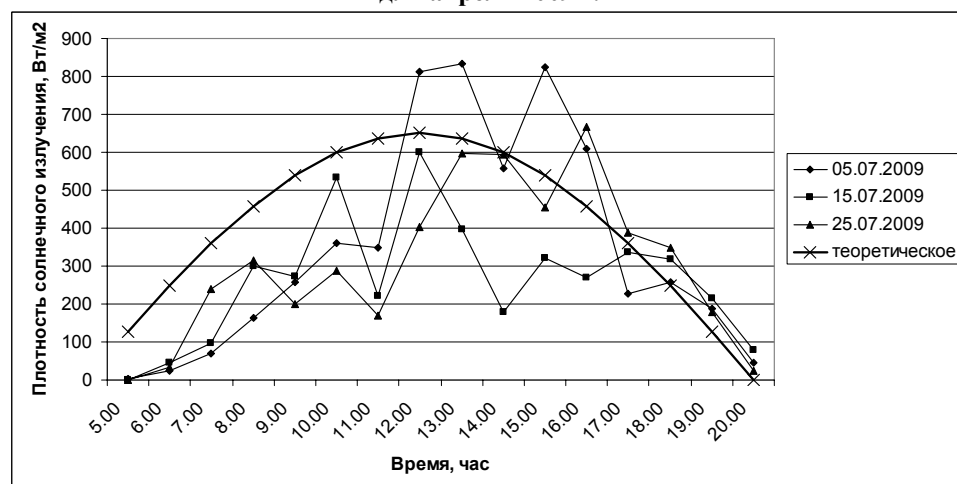


Рис.3. Изменение значений плотности солнечного излучения на горизонтальную поверхность для июля 2009 г.

Проанализируем интенсивность плотности потока солнечного излучения.

Для апреля месяца (рис.3) продолжительность дня между восходом и закатом для 52° с.ш. составляет 13,59 часа. Максимальная суммарная плотность солнечного излучения в апреле 710 Вт/м². Наблюдаются провалы графика с 12 до 13 часов из-за облачности до 200 Вт/м². В момент провалов графиков прямая составляющая солнечной радиации значительно уменьшается. 05.04. 2009 г. на 60%, для 15.04.09 г. на 40%, для 25.04.09г. на 50%. В период с 6 до 8 часов экспериментальные данные прямой солнечной радиации по отношению к теоретическим расчетам занижены на 50%. Однако надо отметить, что с 9 до 12 часов дня плотность солнечного излучения увеличивается на 30%. 25.04.09г. плотность солнечного излучения после 12 часов дня падает на 50%, а 5 и 15 июля увеличивается на 40%. Это соответствует отсутствию прямой составляющей солнечной радиации, что приводит к значительному снижению производительности солнечных установок.

Для июля месяца продолжительность дня между восходом и закатом составляет 15,87 часа. Максимальное значение плотности солнечного излучения в июле 820 Вт/м². Во все дни наблюдений в период с 5 до 12 часов плотность солнечного излучения уменьшается на 40-60%, а 15.07.09г. уменьшение продолжается до 17 часов. В остальные дни после 12 часов плотность солнечного излучения превышает от 10 до 30% по отношению к теоретическим данным.

Список литературы:

1. Твайделл Д.Ж., Уэйер А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ.-М.: Энергоатомиздат, 1990.- 392с.
2. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки.- М.: Энергоатомиздат, 1991.-208с.

3. Фаренбрух А., Бьюб, Р. Солнечные элементы: теория и эксперимент. - М., Энергоатомиздат, 1987.

УДК 621.04.18

О проблемах энергетических обследований госбюджетных организаций

А.Ю. Краснятов, Ю.А. Краснятов

Администрация Томской области, г. Томск, Россия

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

kras@tpu.ru

В работе сделан анализ некоторых организационных проблем возникающих при проведении энергетических обследований. Предложены решения поставленных задач.

Нерациональное использование топливно-энергетических ресурсов как предприятиями-производителями, так и потребителями – характерная черта Российской экономики и особенно ЖКХ. Если страны Восточной Европы за последние годы сделали рывок в вопросе эффективного использования энергоресурсов (Польша увеличила энергоэффективность в 2,3 раза, Венгрия, Чехия, Словакия - в 1,5 раза) [1], то в России пока видимых успехов нет. По различным данным [2,3] общий потенциал энергосбережения Российской экономики составляет 40-45% от всех потребляемых энергоресурсов. Несмотря на принятие ряда нормативно-правовых актов, направленных на увеличение эффективности производства, транспортировки и использования энергоресурсов почти повсеместно наблюдается рост их потерь. Для большинства предприятий, особенно для госбюджетных, одна из крупнейших статей расходов – затраты на электрическую и тепловую энергию, а также за водоснабжение и водоотведение. Существенная часть таких расходов возникает в результате крайне низкой эффективности использования энергетических ресурсов (в ряде организаций удельное потребление энергии на единицу производственной площади или на одного работника в 2 – 3 раза выше установленных строительных норм). Крайне высок также уровень потерь электрической и тепловой энергии, достигающий во многих регионах 30 и более процентов от общего объема потребления энергоресурсов, при этом оплата от общих расходов на энергоресурсы в среднем в непромышленных организациях составляет (%):

- за тепловую энергию составляет 59;
- за электрическую энергию – 20;
- за водоснабжение и водоотведение – 17;
- прочие коммунальные расходы – 4.

Таким образом, основные платежи за энергоресурсы бюджетных организаций составляют затраты на тепло, электроэнергию и водоснабжение и водоотведение.

Для составления полной картины потребления энергоресурсов организацией и определение ее потенциала энергосбережения необходимо ответить на три вопроса: какие ресурсы расходуются, где расходуются, сколько расходуются. Ответы на эти вопросы может дать только квалифицированное энергетическое обследование – энергоаудит. Грамотный и своевременный энергоаудит – необходимое условие для оптимизации использования энергетических ресурсов, нахождения мест нерационального их использования, разработки, выбора и применения наиболее эффективных, с малым сроком окупаемости мероприятий по энергосбережению, позволяющих оптимизировать энергопотребление организации [3]. Нужно учитывать и то, что регулярные энергетические обследования бюджетных организаций, на основе которых составляется энергетический паспорт предприятия и программа энергосбережения – требование законодательства [4].

Современное определение понятия «энергетическое обследование» приведено в [4]. «Энергетическое обследование - сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте».

На базе инструментальных обследований необходимо точно и достоверно составить энергетический баланс с детализацией его элементов по всем потребителям и видам энергоресурсов, структуру транспортных схем, величину энергетических потерь. Точность замера потоков энергоресурсов, а также составления их структуры - основа для определения энергетического потенциала энергосбережения по всем технологическим процессам, грамотного выбора энергосберегающих мероприятий, расчета экономического (энергетического) эффекта от реализации предложенных энергосберегающих мероприятий. Оценка потенциала энергоэффективности необходимо производить не от данных статистической отчетности за предшествующий период, а от расчетов режимов оптимального энергопотребления, сделанных нормативным методом.

Детальный анализ энергетического баланса позволит отсеять малозначимые проблемы, выбрать наиболее важные, подобрать эффективные мероприятия для их решения, экономически обосновать их, поставить точные и реально достижимые цели и рекомендовать предприятию мероприятия, на которых в первую очередь необходимо сконцентрировать основные средства и усилия. При выборе целей и мероприятий необходимо исходить из следующих принципов:

- в первую очередь необходимо начинать экономить те энергоресурсы, на которые приходится больше всего финансовых затрат;
- экономить энергоресурсы надо там, где потенциал энергосбережения аномально велик;
- внедрение энергосберегающих мероприятий надо начинать с тех, которые позволяют экономить энергоресурсы при минимальных затратах;
- выбранные энергосберегающие мероприятия при всей их привлекательности не должны ухудшать санитарно-гигиенические условия труда в организации и экологическую обстановку в прилегающем районе.

Для успешной реализации энергосберегающих мероприятий необходимо выбрать и предложить точно контролируемые показатели энергоэффективности для экономического и энергетического мониторинга и анализа результатов, полученных от внедрения энергосберегающих мероприятий. Эти показатели должны соответствовать универсальной шкале энергоэффективности [5] и в качестве основных оценок при определении энергоэффективности необходимо выбирать такие, которые учитывают снижение энергоемкости конечного продукта и оказываемых услуг, уменьшения бюджетных затрат на финансирование этих организаций, повышения эффективности использования потребляемых энергоресурсов.

Как показывает практика, программы энергоэффективности, выполненные на этих принципах реальны и дают значительный экономический эффект при их выполнении. Но это возможно только при проведении точного, качественного и достоверного энергоаудита, что не всегда можно выполнить на практике из-за пробелов в существующем законодательстве в некоторых практических ситуациях:

1. При аренде помещения бюджетной организацией стоимость потребляемых ресурсов часто включают в арендную плату и их не всегда возможно выделить отдельной строкой, особенно если в одном здании находится несколько арендаторов, при этом они не все бюджетные организации. В этом случае можно рекомендовать внесение изменений в договор путем заключения допсоглашения о выделении отдельной строкой оплаты за потребленные энергоресурсы в разделе «арендная плата», а оплату энергоресурсов осуществлять:

- по приборам учета потребленных ресурсов организацией;
- по нормам, заложенных в строительных нормах;
- по установленным удельным нормам потребления энергоресурсов (на м² занимаемой площади или на одного работника), что будет также стимулировать к энергосбережению и арендодателя.

2. Если в здании арендуют помещения несколько организаций, при этом не все они бюджетные, а объемы потребления энергоресурсов каждой из них нельзя выделить приборами учета, то организацию, сдающую в аренду помещения, на уровне регионального законодательства приравнять в проведении энергоаудита к бюджетным организациям даже если объем потребляемых энергоресурсов меньше 10 млн.руб. в год.

Поднятые в статье вопросы являются далеко не простыми. Соответственно авторы не считают предложенные решения единственно возможными. Тем не менее в рассматриваемых случаях определить реальный потенциал энергосбережения сложно, практически невозможно, а, следовательно, нельзя разработать реальные программы энергосбережения, выбрать показатели энергоэффективности для экономического и энергетического мониторинга и анализа результатов, полученных от внедрения энергосберегающих мероприятий, нельзя разработать достоверный энергетический паспорт предприятия.

Список литературы:

1. Ушаков В.Я. Современная и перспективная энергетика: технологические, социально-экономические и экологические аспекты: Монография. – Издательство Томского политехнического университета, 2008. – 468 с.
2. Энергоэффективность в России: скрытый резерв: - Отчет Международной финансовой корпорации и Мирового банка реконструкции и развития (International Finance Corporation (World Bank Corporation), The World Bank (International Bank for Reconstruction and Development), 2008
3. Методика проведения энергетических обследований бюджетных организаций НИЦЭ. Н. Новгород, 1999.
4. Федеральный Закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ
5. Литвак В.В., Яворский М.И. Универсальная шкала энергетической эффективности// Промышленная энергетика.-2002.-№5.-с.4-

УДК 621.311:621.548.005

Аэродинамический расчет ветроколеса для условий Акмолинской области Республики Казахстан**А.Х. Тлеуов, И.А. Пястолова, П.Ю. Ключева***Казахский агротехнический университет, г. Астана, Республика Казахстан**tleuov@bk.ru*

Произведен аэродинамический расчет ветроколеса для метеорологических условий Акмолинской области Республики Казахстан. В результате расчетов были определены геометрические размеры лопастей ветроколеса и основные технические данные автономной ветроэлектрической установки малой мощности.

В результате аэродинамического расчета ветроколеса можно рассчитать и определить следующие параметры:

- коэффициента использования энергии ветрового потока;
- моментов, действующих на лопасти;
- количество лопастей;
- геометрические размеры лопасти;
- толщина лопасти, ее профиль;
- углы атаки и закрутки.

Для выполнения аэродинамического расчета ветроколеса задаемся следующими данными:

- 1) мощность P_H в кВт, которую необходимо получить от ветродвигателя;
- 2) скорость ветра V , при которой ветродвигатель должен развивать эту мощность;
- 3) число модулей или быстроходность Z ветроколеса при максимальном коэффициенте использования энергии ветра данным типом ветроколеса;

- 4) коэффициент использования энергии ветра ε .

Расчет начинаем с определения диаметра ветроколеса D .

Из известного выражения определяем D , м

$$D = \sqrt{\frac{P_H}{(3.97 * 10^{-5} * \varepsilon V^3)}}$$

Расчет диаметра ветроколеса произведем для мощностей 1,3, 5 и 10 кВт.

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Расчет диаметра ветроколеса при $\varepsilon = 0.45$

Наименование	Мощность P_H , кВт			
	1	3	5	10
расчетная скорость $v_p = 8$ м/с				
Диаметр D , м	3.36	5.42	7.4	10.5
расчетная скорость $v_p = 9$ м/с				
Диаметр D , м	2.82	4.8	6.2	8.8
расчетная скорость $v_p = 10$ м/с				
Диаметр D , м	2.40	4.1	5.3	7.5

Следовательно, для высоты мачты $H = 10$ м радиус ветроколеса R будет составлять:

- а) расчетная скорость $v_p = 8$ м/с
1.68 м; 2.7 м; 3.7 м; 5.3 м
- б) расчетная скорость $v_p = 9$ м/с
1.41 м; 2.4 м; 3.1 м; 4.4 м
- а) расчетная скорость $v_p = 10$ м/с
1.20 м; 2.0 м; 2.6 м; 3.8 м

Согласно полученным данным, с увеличением расчетной скорости ветра происходит уменьшение диаметра ветроколеса. Полученные данные о радиусе ветроколеса будем использовать при определении сечения лопастей.

Минимальная высота башни ветроустановки должна быть 10 м.

Определим номинальную частоту вращения ветроколеса. Для этого воспользуемся следующим выражением

$$n = \frac{V_n \cdot z}{\pi \cdot D} \cdot 60$$

Для получения высокого коэффициента использования ветра при малой шумности, примем $z=5$. Результаты расчетов сведем в таблицу 2.

Таблица 2. Номинальная частота вращения ветроколеса, об/мин

Расчетная скорость v_p , м/с	Номинальная мощность ВЭУ, кВт			
	1	3	5	10
$v_p = 8$	167	140	103	72
$v_p = 9$	184	159	123	87
$v_p = 10$	395	186	144	102

Данные таблицы 2 необходимы для выбора мультипликатора (передаточного устройства) ВЭУ. Рассчитаем ширину лопастей у конца и начала.

Корневая и концевая хорды определяются по формулам:

$$b_i = \frac{\pi \cdot D}{b \cdot (\eta + 1)} k_f \quad b_0 = b_i \cdot \eta$$

где b – количество лопастей (принимаем $b = 3$); k_f – коэффициент заполнения (при быстроходности $z=5$ нужен $k_f=0.1$); η – сужение лопасти (при значении 4 достигаются, одновременно, хорошие характеристики стартового и рабочего режимов).

Результаты расчетов размеров корневой и концевой хорд лопастей сведем в таблицу 3.

Таблица 3. Расчет размеров лопастей

Наименование	Мощность P_n , кВт			
	1	3	5	10
расчетная скорость $v_p = 8$ м/с				
Корневая хорда b_0 , м	0.284	0.455	0.622	0.882
Концевая хорда b_1 , м	0.071	0.114	0.155	0.221
расчетная скорость $v_p = 9$ м/с				
Корневая хорда b_0 , м	0.236	0.403	0.521	0.739
Концевая хорда b_1 , м	0.059	0.100	0.130	0.185
расчетная скорость $v_p = 10$ м/с				
Корневая хорда b_0 , м	0.200	0.344	0.445	0.630
Концевая хорда b_1 , м	0.050	0.086	0.111	0.158

Далее, на основании конструктивных соображений и опытных данных продувок, выбираем толщину профиля лопасти. На конце лопасти берем профиль толщиной от $\delta = 0,1 b$ до $0,15 b$. По мере приближения к втулке толщина профиля δ увеличивается, достигая у ветроколес с поворотными лопастями около оси маха от $0,2$ до $0,35 b$.

Для ветроколес ветродвигателей мощностью менее 10 кВт используются прямые лопасти без закрутки с постоянным углом атаки равным 7 градусам.

Для получения данных, необходимых для получения эскизных проектов лопастей ВЭУ необходимо провести компьютерное моделирование по программе “Veter” и соответствующие данные расчетов приведены в таблицах 3.5-3.10, а данные для построения сечений приведены в таблицах 3.11-3.13.

Компьютерное моделирование ветроустановок 1-3-5-10 кВт проводилось с использованием программы “Veter”. При написании программы были использованы положения объектно-ориентированного программирования.

Определены численные значения расчетной скорости ветроустановок для указанных месяцев, которые лежат в пределах от 8 до 11 м/с.

Определены численные значения показателей закона распределения Вейбулла: например: для января Alpha – от 1.59 до 2.5; Beta- от 3.26 до 6.07. Аналогично эти значения получены и для других месяцев.

В результате моделирования мы получили профили и сечение лопастей для ветроустановок мощностью 1-3-5-10 кВт. Для расчета лопастей использовались данные профиля NASA.

Способы измерения угловой скорости вращения и крутящего момента асинхронного электродвигателя

А.Д. Умурзакова, В.Ю. Мельников

*Инновационный Евразийский Университет, г. Павлодар, Республика Казахстан
granat_72@mail.ru*

В статье представлены способы измерения угловой скорости вращения и крутящего момента трехфазного асинхронного электродвигателя, которые позволяют обеспечить требуемую точность результата.

Для измерения угловой скорости вращения асинхронного электродвигателя был разработан способ и получена следующая формула

$$\omega(t) = \omega_u(t) \left[1 + \Delta \omega_{инт}(t) + \Delta \omega_{диф}(t) \right], \quad (1)$$

$$\text{где } \omega_u(t) = \frac{\sqrt{3} * [u_a(t) - (R_s + R'_r * d) * i_a(t)]}{\int (R_s [i_a(t) + 2i_b(t)] - [u_a(t) + 2u_b(t)]) dt - (L_\mu * \beta - L_s) * [i_a(t) + i_b(t)]}$$

- измеренное мгновенное значение угловой скорости;

$$\Delta \omega_{инт}(t) = \frac{\int [u_a(t) - R_s * i_a(t)] dt}{T'_r [u_a(t) - (R_s + R'_r * \alpha) i_a(t)]}$$

- динамическая интегральная составляющая относительного значения угловой скорости;

$$\Delta \omega_{диф}(t) = \frac{(L_\mu * \beta - L_s) * \frac{di_a(t)}{dt}}{u_a(t) - (R_s + R'_r * \alpha) i_a(t)}$$

- динамическая дифференциальная составляющая относительного значения угловой скорости;

$$\alpha = \frac{L_s}{L'_r}; \beta = \frac{L_\mu}{L'_r}.$$

В соответствии с выражением (1) определяют угловую скорость вращения асинхронного электродвигателя, у которого известны параметры обмоток статора и ротора $R_s, L_s, R'_r, L'_r, L_\mu$.

С источника питания 1 (рис. 1) подают напряжение на трехфазный асинхронный электродвигатель 2, измеряют мгновенные значения i_a, i_b фазных токов на фазах А и В или i_b, i_c фазных токов на фазах В и С, либо i_a, i_c фазных токов на фазах А и С с помощью датчиков тока 3, 4, измеряют мгновенные значения фазных напряжений u_a, u_b или u_b, u_c фазных напряжений на фазах В и С, либо u_a, u_c фазных напряжений на фазах А и С датчиками напряжения 5, 6. Далее с помощью блока вычисления скорости вращения 7 получаем сигнал, пропорциональный скорости вращения трехфазного асинхронного электродвигателя, и выводим его на блок индикации 8.

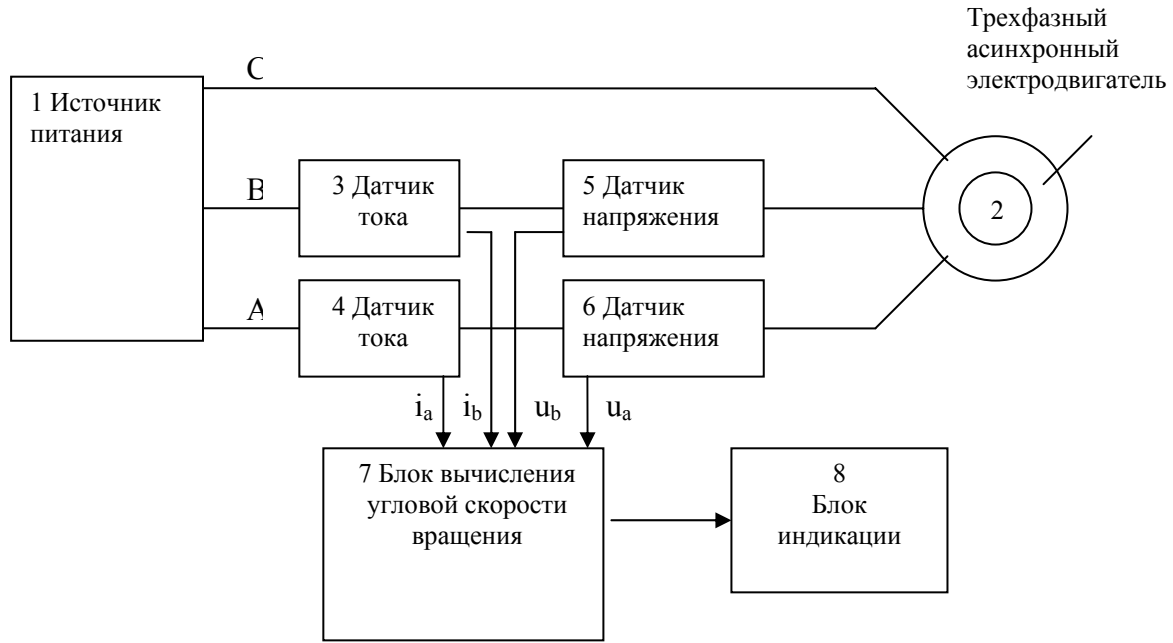


Рис. 1. Установка для измерения угловой скорости вращения трехфазного асинхронного электродвигателя

Для измерения крутящего момента трехфазного асинхронного электродвигателя был разработан способ и получена формула

$$M = \sqrt{3} * p_n * \left[i_a * \left(\int u_b dt - r_1 \int i_b dt \right) - i_b * \left(\int u_a dt - r_1 \int i_a dt \right) \right], \quad (2)$$

где p_n - число пар полюсов; r_1 - активное сопротивление обмотки статора; i_a, i_b - мгновенные значения фазных токов на фазах А и В; u_a, u_b - мгновенные значения фазных напряжений на фазах А и В.

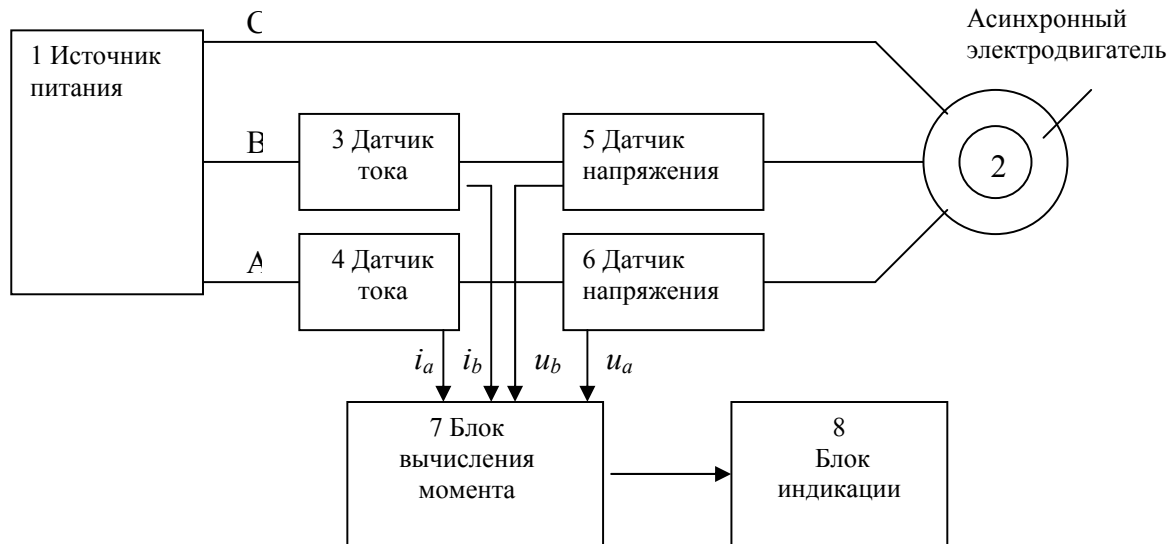


Рис. 2. Установка для определения крутящего момента трехфазного асинхронного электродвигателя

В соответствии с выражением (2) для определения крутящего момента асинхронного электродвигателя, у которого известны число пар полюсов p_n , активное сопротивление обмотки статора r_1 , определяемое из паспортных данных или экспериментально. С источника питания 1 (рис. 2) подают напряжение на асинхронный электродвигатель 2, измеряют мгновенные значения i_a, i_b фазных токов на

фазах А и В с помощью датчиков тока 3, 4, измеряют мгновенные значения фазных напряжений u_a , u_b датчиками напряжения 5, 6. Далее с помощью блока вычисления момента 7 получаем сигнал, пропорциональный крутящему моменту, развиваемому асинхронным электродвигателем, и выводим его на блок индикации 8.

Техническим результатом данных способов является повышение точности измерения угловой скорости вращения и крутящего момента трехфазного асинхронного электродвигателя в динамических режимах работы электропривода и упрощение способа измерения.

Список литературы:

1. Мельников, В. Ю., Умурзакова, А.Д. Способ измерения угловой скорости вращения трехфазного асинхронного электродвигателя: Инновационный Патент РК № 21033, - бюллетень № 3, 2009. –10 с.
2. Мельников, В. Ю., Умурзакова, А.Д. Способ измерения крутящегося момента асинхронного электродвигателя: Инновационный Патент РК № 21034, - бюллетень № 3, 2009. – 10 с.

УДК 621.313.322

Улучшение электромагнитной совместимости синхронного генератора

Е.П. Богданов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: bogdanov@t-sk.ru

Рассматривается экранировка полей рассеивания воздушного зазора синхронного генератора. Показано, что экранированием как магнитного и электрического помеховых полей, так и их плоских волн во всем защищаемом диапазоне частот от 0,15 до 1000 МГц, а также выполнением нескольких рядов отдельных отверстий по ширине щетки в верхней части крылообразных приливов обеспечивается снижение потерь генератора, повышение его электромагнитной совместимости с радиоэлектронными системами различного назначения.

Задача обеспечения высокого качества электромагнитной совместимости, особенно автономных источников электро- и энергоснабжения на современном этапе весьма актуальна.

Для повышения качества электромагнитной совместимости источников электроснабжения и улучшения качества вырабатываемой ими электроэнергии необходимо применять новые технологии, обеспечивать высокий уровень производственного цикла, отслеживающего требования жестких допусков, разрабатывать конструктивные решения и встроенные системы фильтрации, обеспечивающие подавление паразитных электромагнитных полей радиопомех в местах их непосредственного возникновения.

В представленном решении обеспечены высокая стабильность работы силового скользящего контакта электрической машины и повышение эффективности экранирования паразитных электромагнитных полей радиопомех от скользящего контакта при коммутации.

Поставленная задача решена тем, что в щеточно-коллекторном узле электрической машины в нижней части по всей ширине щеткодержателя со стороны набегающего и сбегающего краев щетки выполнены полые крылообразные приливы, а между щеткой и полыми приливами со стороны набегающего и сбегающего краев щетки расположены перегородки. Над каждым узким продольным проёмом установлен на поворотной оси козырек. Его носовая часть отогнута вверх. Между полыми приливами через щетку и перегородки выполнен связующий канал, образованный за счет того, что в щетке между полыми приливами выполнены сквозные отверстия, центры которых поочередно смещены вправо и влево от вертикальной оси щетки на расстояния, равные радиусу сквозных отверстий, а в перегородках у набегающего и сбегающего краев щетки на одном уровне выполнены отверстия, которые по мере износа щетки по высоте будут совмещены со сквозными отверстиями в щетке [3].

Согласно полезной модели в верхней части крылообразных приливов по ширине щетки выполнены отверстия диаметром от 2 до 4 мм, сгруппированные в ряды матричного типа с шагом от центров отверстий поочередно со смещением вправо и влево на величину удвоенного диаметра отверстий.

Поверхность щеткодержателя вместе с полыми крылообразными приливами, обращенная к коллектору, по своей геометрии соответствует геометрии коллектора. Расстояние между щеткодержателем вместе с приливами, а также с перегородками как со стороны набегающего, так и со стороны сбегающего краев щетки, относительно цилиндрической поверхности коллектора должно быть минимальным, но достаточным для обеспечения надежной механической работы электрической машины. Выполнение этого требования необходимо, чтобы обеспечить протекание большего количества воздуха вместе с захваченными продуктами износа щеток и коллектора поверх прилива. Тогда меньшая часть объема воздушного потока с минимальным количеством продуктов износа попадет в полость прилива щеткодержателя со стороны набегающего края щетки.

Характерной особенностью помеховых электромагнитных полей является их прямолинейное распространение путем отражения от препятствий. Поэтому выполнение минимального воздушного зазора и расположение носовой части крылообразных полых приливов ниже уровня условной касательной линии, проведенной к точкам набегания и сбегания щеток, обеспечивает локализацию помеховых электромагнитных полей от коммутирующего контакта внутри полых крылообразных приливов. Указанные приливы выполнены из ферромагнитного металла, так как при каждом отражении от внутренней поверхности полого прилива происходит и одновременное частичное поглощение (до 15 %) их электромагнитной энергии.

При многократном отражении с одновременным поглощением, электромагнитные помеховые поля от скользящего контакта теряют до 80--90 % своей энергии в приливах щеткодержателя, при этом паразитным рассеянным полем, проникающим через минимальный воздушный зазор между коллектором и ферромагнитным щеткодержателем, в первом приближении можно пренебречь.

Перегородка, установленная между полостью прилива у набегающего и сбегającego краев щетки, сохраняет стабильность работы щетки при вращении коллектора независимо от высоты полости приливов. Предложенный щеточно-коллекторный узел электрической машины исключает возможность скопления продуктов износа щеток и коллектора в пространстве между щеткой и щеткодержателем, что устраняет заклинивание щетки в колодце щеткодержателя, а также устраняет попадание продуктов износа в скользящий электрический контакт, чем обеспечивается надежное и стабильное контактирование щетки с коллектором независимо от направления вращения якоря машины. Это, в свою очередь, обеспечивает снижение искрения и уровня радиопомех данного класса электрических машин.

Замена узкого продольного проёма в верхней части полых крылообразных приливов на отдельные отверстия, сгруппированные в ряды матричного типа, с шагом от центров отверстий поочередно со смещением вправо и влево, например, на величину удвоенного диаметра для круглых отверстий позволяет эффективно «разбивать» электромагнитные помеховые волны от силового коммутируемого контакта. Для верхней частоты защищаемого диапазона 1000 МГц длина волны $\lambda = 3 \cdot 10^{-2}$ м, а проникающая способность электромагнитных помеховых полей оценивается как $\lambda/2$. В машинах малой мощности при длине узкого продольного проёма более $(1,2-1,4) \cdot 10^{-2}$ м срабатывает пороговое условие проникновения электромагнитных помеховых волн, которые наводят паразитные ЭДС в лобовых частях обмоток, соединительных проводах и щеточных канатиках машины, чем обуславливаются повышенные уровни радиопомех от данного класса машин. При выполнении, например, отдельных круглых отверстий сгруппированных в ряды матричного типа с диаметром 2–4 мм, определенным экспериментально, вместо узкого продольного проёма условие для проникновения паразитных электромагнитных волн даже для частоты 1000 МГц не выполняется, так как диаметр отдельных отверстий всегда меньше половины длины волны ($d < \lambda/2$). Поэтому электромагнитные волны как бы «разбиваются» и не проникают через отдельные сгруппированные в ряды отверстия с диаметром 2–4 мм. Этим повышается экранировка скользящего контакта, во-первых, за счет увеличения запредельного волнового эффекта каждого отдельного отверстия независимо от его конфигурации, во-вторых, отдельные отверстия, сгруппированные в ряды матричного типа вместо узкого продольного проёма, меньше препятствуют свободному замыканию вихревых токов в крылообразном приливе (экране).

Таким образом, данная конструкция щеточно-коллекторного узла синхронного генератора в совокупности обеспечивает более стабильную работу коммутирующего скользящего контакта в сравнении с известными прототипами [4] и эффективно экранирует его паразитные электромагнитные поля, чем существенно повышает качество электромагнитной совместимости коллекторных электрических машин с радиоэлектронными системами различного назначения во всем защищаемом диапазоне частот от 0,15 до 1000 МГц.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51320-99. Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные. Методы испытаний технических средств –источников промышленных радиопомех. – М.: Госстандарт РФ, 1998.
2. ГОСТ 13109-97. Совместимость технических средств электромагнитная. Норма качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Минск: Межгосударственный стандарт, 1997. – 59 с.
3. Патент на полезную модель № 85268 РФ. МПК H01R 39/04. Щеточно-коллекторный узел электрической машины / Е.П.Богданов // Бюл. ПМ № 21. Оpubл. 27.07.2009.
4. Свидетельство на полезную модель № 10495 РФ. МПК⁶ H02K 19/26. Синхронный генератор торцевого типа / А.Н.Селяев, О.П.Муравлев, Е.П.Богданов // Бюл. ПМ № 7. Оpubл. 16.07.1999.