



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МЕХАНИКА МНОГОФАЗНЫХ СРЕД И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МО-
ДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ТРУБОПРОВОДАХ»

НАПРАВЛЕНИЕ ООП 131000 «Нефтегазовое дело»

КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ) бакалавр техники и технологии

БАЗОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРИЕМА 2011 г.

КУРС 5 СЕМЕСТР 9

КОЛИЧЕСТВО КРЕДИТОВ 6

ПРЕРЕКВИЗИТЫ Б2.Б1 «Математика», Б2.Б2 «Физика», Б3.Б3 «Материаловедение и технология конструкционных материалов», Б3.Б5 «Химия нефти и газа», Б3.В2 «Соппротивление материалов», Б3.Б2 «Теоретическая и прикладная механика».

КОРЕКВИЗИТЫ Б3. В1.3 «Строительный контроль и диагностика магистральных нефтепроводов», Б3.В2.5, «Эксплуатация газопроводов», Б3.В2.6 «Эксплуатация нефтепроводов».

ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВРЕМЕННОЙ РЕСУРС:

<u>Лекции</u>	36 час.
<u>Практические занятия</u>	18 час.
<u>Лабораторные занятия</u>	18 час.
АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	72 час.
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	81 час.
ИТОГО	<u>153</u> час.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ тестирование

ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ИПР, кафедра ТХНГ

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ А.В. Рудаченко

РУКОВОДИТЕЛЬ ООП А.В. Рудаченко

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ С.Н.Харламов

2010 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с целями ООП 131000 «Нефтегазовое дело»

<i>Код цели</i>	<i>Формулировка цели</i>	<i>Требования ФГОС и заинтересованных работодателей</i>
Ц1	Готовность выпускников к производственно-технологической и проектной деятельности, обеспечивающей модернизацию, внедрение и эксплуатацию оборудования для добычи, транспорта и хранения нефти и газа	Требования ФГОС, критерии АИОР, соответствие международным стандартам EUR–ACE и FEANI. Потребности научно-исследовательских центров ОАО «ТомскНИПИнефть» и предприятий нефтегазовой промышленности, предприятия ООО «Газпром», АК «Транснефть»
Ц2	Готовность выпускников к междисциплинарной экспериментально-исследовательской деятельности для решения задач, связанных с разработкой инновационных эффективных методов бурения нефтяных и газовых скважин, разработкой и эксплуатацией месторождений углеводородов, их транспорта и хранения	Требования ФГОС, критерии АИОР, соответствие международным стандартам EUR–ACE и FEANI. Потребности научно-исследовательских центров Институт химии нефти СО РАН и предприятий нефтегазовой промышленности, предприятия ООО «Газпром», АК «Транснефть»
Ц3	Готовность выпускников к организационно-управленческой деятельности для принятия профессиональных решений в междисциплинарных областях современных нефтегазовых технологий с использованием принципов менеджмента и управления	Требования ФГОС, критерии АИОР, соответствие международным стандартам EUR–ACE и FEANI, запросы отечественных и зарубежных работодателей
Ц4	Готовность выпускников к умению обосновывать и отстаивать собственные заключения и выводы в аудиториях разной степени междисциплинарной профессиональной подготовленности	Требования ФГОС, критерии АИОР, соответствие международным стандартам EUR–ACE и FEANI, запросы отечественных и зарубежных работодателей

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов базовых знаний по математическому моделированию процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа и расширение представлений о структуре и свойствах транспортируемых потоков, подходах и методах их гидродинамической оценки. При изучении дисциплины обеспечивается фундаментальная подготовка по основным законам механики и термодинамики, определяющих движение жидкостей и газов в трубах. Особое внимание уделяется рассмотрению фундаментальных вопросов курса: физико-химическим и термодинамическим свойствам рассматриваемых систем, принципам проектирования промыслового трубопроводного транспорта.

Изучение дисциплины позволит студентам овладеть необходимыми знаниями и умениями по газонефтепроводам и газонефтехранилищ, выполнять гидравлические расчеты трубопроводов и определять производительность землеройной техники.

2.МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина БЗ.ВЗ «Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах» входит в перечень дисциплин профессионального цикла (вариативная часть, дисциплины по выбору студента) ООП направления подготовки бакалавров 131000 «Нефтегазовое дело».

Взаимосвязь дисциплины БЗ.ВЗ «Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах» с другими составляющими ООП следующая:

- пререквизиты – Б2.Б1 «Математика», Б2.Б2 «Физика», БЗ.Б3 «Материаловедение и технология конструкционных материалов», БЗ.Б5 «Химия нефти и газа», БЗ.В2 «Сопротивление материалов», БЗ.Б2 «Теоретическая и прикладная механика»;
- корреквизиты – БЗ. В1.3 «Строительный контроль и диагностика магистральных нефтепроводов», БЗ.В2.5, «Эксплуатация газопроводов», БЗ.В2.6 «Эксплуатация нефтепроводов».

Задачами изучения дисциплины являются:

- ознакомление студентов с основными принципами построения системы подготовки, выполнять простые и усложненные тепло- и гидравлические расчеты трубопроводов, транспорта и хранения скважинной продукции;

- получения навыков решения теоретических задач по определению условий и режимов транспорта углеводородов с учетом их физико-химических свойств;
- формирование навыков оптимального и рационального использования современных технологий подготовки, транспорта и хранения скважинной продукции;
- применение полученных знаний, навыков и умений в последующей профессиональной деятельности.

Студент обеспечивается:

- учебными пособиями и методическими указаниями по выполнению практических работ;
- компьютеризированными заданиями для выполнения индивидуальных практических работ.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с ООП направления подготовки бакалавров 131000 «Нефтегазовое дело» результаты освоения дисциплины следующие:

<i>В соответствии с профессиональными компетенциями</i>		
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P5	Способность управлять системой технологических процессов, эксплуатировать и обслуживать комплекс нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВПО (ПК-6, ПК-7, ПК-8)
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой для решения профессиональных инновационных задач в соответствии с требованиями корпоративной культуры предприятия и толерантности	Требования ФГОС ВПО (ПК-12) (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d),
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P10	Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов на основе современных методов моделирования и компьютерных технологий	Требования ФГОС ВПО (ПК-18, ПК-19, ПК-20) (АВЕТ-3b),

В соответствии с ООП направления подготовки бакалавров 131000 «Нефтегазовое дело» взаимное соответствие целей ООП и результатов обучения следующее

Результаты обучения	Цели ООП				
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5
P5	+		+		
P7			+		
P10		+		+	

В результате освоения дисциплины студент должен продемонстрировать результаты образования, в соответствии с данными ООП направления подготовки бакалавров 131000 «Нефтегазовое дело»: знания – 35.13; 310.3 умения – У5.4; У7.3 владение – В5.6; В7.3; (см. ООП).

В развернутом виде результаты образования применительно к дисциплине «Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах» следующие:

Студент знает:

- Методы и средства диагностики оборудования в условиях эксплуатации и обслуживания объектов трубопроводного транспорта; (ПК-6) (ПК-7)
- Методику проектирования конструкции скважин, расчета обсадных колонн и разобщения пластов; (ПК-6) (ПК-20)

Студент умеет:

- Применять принципы работы оборудования для процессов бурения, эксплуатации и капитального ремонта скважин, прокладки и ремонта трубопроводных систем и хранилищ (ПК-8) (ПК-20)
- Выполнять параметрическую диагностику объектов нефтегазодобычи, системы промысловых и магистральных трубопроводов и хранилищ (ПК-7) (ПК-18)

Студент владеет:

- Методиками расчета основных эксплуатационных характеристик трубопроводов и хранилищ (ПК-19) (ПК-20)

Правилам промышленной безопасности при реализации технологических процессов (ПК-12)

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общекультурные и профессиональные компетенции:

***Производственно-технологическая деятельность
способность:***

- применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику (ПК-6);
- осуществлять и корректировать технологические процессы при строительстве, ремонте и эксплуатации скважин различного назначения и профиля ствола на суше и на море, транспорте и хранении углеводородного сырья (ПК-7);
- эксплуатировать и обслуживать технологическое оборудование, используемое при строительстве, ремонте, реконструкции и восстановлении нефтяных и газовых скважин, добыче нефти и газа, сборе и подготовке скважинной продукции, транспорте и хранении углеводородного сырья (ПК-8);

***организационно-управленческая деятельность
способность:***

- организовать работу первичных производственных подразделений, осуществляющих бурение скважин, добычу нефти и газа, промысловый контроль и регулирование извлечения углеводородов, трубопроводный транспорт нефти и газа, подземное хранение газа, хранение и сбыт нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов для достижения поставленной цели (ПК-12)

***экспериментально-исследовательская деятельность
способность:***

- планировать и проводить необходимые эксперименты, обрабатывать, в т.ч. с использованием прикладных программных продуктов, интерпретировать результаты и делать выводы (ПК-18);
- использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности (ПК-19);
- выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов (ПК-20);

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Содержание теоретического и практического разделов

Содержание теоретического раздела включает темы лекционных занятий общей трудоемкостью 36 часов (табл. 1). В результате освоения тео-

ретического раздела дисциплины «Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах» студент овладевает следующими компетенциями **ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-12, ПК-18, ПК-19, ПК-20.**

Таблица 1

Темы лекционных занятий

№ п/п	Разделы дисциплины	Лекции
1	Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе	1
2	Феноменологическая теория много-скоростного континуума	21
3	Перемещение нефти по трубам. Инженерные методы	6
4	Численные методы, компьютерные методики расчета нефтегазовых задач	8
	Итого	36

Содержание теоретического раздела дисциплины (лекции)

Модуль 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

1.1. Предмет, цель, задачи, структура курса и его связь с дисциплинами физико-химического профиля, курсами специальности “проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ”. Перечень дисциплин, изучение которых необходимо для усвоения вопросов курса. Области приложения механики многофазных сред. Теоретические модели, схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии механики многофазных сред.

1.2. Сплошная среда. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания физических явлений, свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Их достоинства и недостатки. Проблема моделирования многофазных сред. Микромасштабы, микропараметры и микроуравнения. Уравнения для локальных параметров на межфазной поверхности. Осредненные параметры гетерогенной среды. Основные свойства осредненных величин. Система осредненных уравнений.

Модуль 2. Феноменологическая теория многоскоростного континуума

2.1. Вводные положения. Основные понятия и определения

- Кинематические характеристики движения и их свойства: скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, главные оси тензоров, вектор вихря, потенциал и циркуляция скорости, установившееся и неуставившееся движение среды. Многокомпонентные и многофазные среды, дисперсные системы. Главные допущения в математическом моделировании процессов переноса в гомогенных и гетерогенных смесях. Многоскоростной континуум, модель раздельного движения взаимопроникающих континуумов. Различие многокомпонентной и многофазной среды. Реальные и условные фазы.

- Элементы термодинамики двухфазных сред, схематизация газожидкостных систем, структура и формы движения двухфазных потоков. Волновые процессы в газожидкостных средах. Основные законы термодинамики двухфазных сред. Равновесие фаз: тепловое и динамическое. Состояние устойчивого, неустойчивого и метастабильного равновесия сред. Изотермические и неаотермические течения. Скорость звука в двухфазных жидкостях. Тепломассообмен и гидродинамика в трубах с двухфазными потоками. Меафазный массообмен и фазовые переходы. Конденсация и испарение. Связь теории устойчивости и флуктуаций. Гетерогенные флуктуации и кинетическое уравнение конденсации. Скорость образования ядер конденсации, роль твердых поверхностей, ограничивающих движение смесей. Стабильный и неаабильный конденсат. Гомогенный и гетерогенный режимы фазовых переходов.

2.2. Основные представления термогидродинамики многофазных сред.

- Математическая формулировка процессов переноса в однофазных и многофазных средах. Свойства изотропии и анизотропии. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред. Предпосылки при выводе уравнений сохранения. Характеристики смеси: плотность, скорость (барицентрическая, среднемассовая, диффузионная); субстанциональные производные составляющих смеси и среды в целом. Простейшие модели материальных сред. Идеальная жидкость. Уравнения Эйлера. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Явление кавитации. Возникновение вихрей. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Модели жидких и газообразных сплошных сред: вязкая, несжимаемая, ньютоновская, упругая, с тепловым расширением, совершенного и реального газов. Уравнения движения и сплошности в

форме Эйлера в однофазной области для многокомпонентной смеси. Смеси с реагирующими компонентами. Векторы потоков диффузии. Понятие о массовых и поверхностных, внутренних и внешних силах. Тензор напряжений и его свойства. Механическое взаимодействие на границе раздела фаз. Скачок давления на границе раздела фаз. Уравнение сохранения количества движения в потоке многофазной среды. Уравнение сохранения полной энергии. Кинетическая энергия и уравнение кинетической энергии для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах. Коэффициенты молекулярного переноса и различные формы уравнений Стефана-Максвелла. Краевые условия на непроницаемых поверхностях, условия сопряжения. Дифференциальные уравнения одномерного течения смеси в каналах постоянного поперечного сечения.

- Диффузионное (одножидкостное) приближение для гомогенных смесей. Особенности математического описания гетерогенных смесей. Межфазный обмен импульсом и энергией. Термодинамические уравнения состояния фаз, работа внутренних сил. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Вектор потока тепла и температуры. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы для притока тепла. Различные частные процессы: нестационарный, изотермический, адиабатический.

- Система уравнений N-фазной смеси вязких сжимаемых (несжимаемых) фаз с общим давлением, поверхности разрыва. Энтропия, некомпенсированное тепло и производство энтропии. Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция и производство энтропии в двухфазной среде с фазовыми переходами. Основные макроскопические механизмы диссипации. Термодинамические силы и потоки. Уравнения Онзагера. Принципы взаимности, симметрии Кюри.

- Методы усреднения параметров течения жидкости и газа. Элементы теории вычисления осредненных по межфазной поверхности параметров в уравнениях механики гетерогенных сред. Уравнения, описывающие эволюцию осредненных параметров межфазной поверхности и их вычисление в случае, когда межфазная поверхность есть поверхность несжимаемой ньютоновской жидкости. Граничные условия на межфазной поверхности для локальных параметров в случае несжимаемых фаз. Система уравнений механики гетерогенных сред в криволинейной ортогональной системе координат в случае, когда межфазной поверхностью является поверхность раздела несжимаемых ньютоновских жидкостей.

2.3. Теория размерности в динамике однофазных и многофазных сред.

- Физическое подобие, моделирование. Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Размерные и безразмерные величины. Первичные и вторичные единицы измерения. Величины с зависимыми и независимыми размерностями. Формула размерности. Основные теоремы теории подобия. П–теорема, ее значение в вопросах математического моделирования. Сущность физического моделирования. Примеры моделирования с использованием метода подобия в решении задач о течении вязкой жидкости в трубах и каналах, тепловых процессов в трубах. Общий метод приведения системы определяющих уравнений к безразмерному виду. Критерии и числа подобия в математической модели, уравнения подобия. Автомодельные движения.

2.4. Течения в трубах. Модели и методы.

- Физические особенности канальных течений одно- и многофазных сред, качественные эффекты влияния вязкости. Сопротивление частиц в несущем потоке. Силы, действующие на частицу в потоке жидкости. Проблема гидродинамической устойчивости. Уравнения Орра-Зоммерфельда. Теоремы Сквайра, Рэлея о кривизне профиля скорости и устойчивости потока. Равномерное и неравномерное движение. Течение Пуазейля. Понятие о пограничном слое. Уравнение Прандтля. Гидродинамика и теплообмен при ламинарном течении вязкого потока в круглой трубе произвольного поперечного сечения с учетом (или без) действия внешних сил.

- Турбулентные движения. Опыт Рейнольдса. Осреднение характеристик турбулентного движения. Уравнения Рейнольдса. Современные методы моделирования и расчета турбулентных потоков инертных и реагирующих однофазных и многофазных сред. Особенности моментного метода, моделирования крупных вихрей, прямого численного моделирования, стохастической теории. Пристеночная турбулентность. Управление интегральными параметрами течения и тепломассообмена (роль аналитических и численных методов). Моделирования низкорейнольдсовых течений. Многопараметрические модели турбулентного переноса импульса, тепла и массы. Уравнения баланса турбулентной кинетической энергии двухфазного потока и скорости ее диссипации. Микро- и макротурбулентные пульсации в газожидкостных потоках..

2.5. Математические модели течений жидкости и газа в трубопроводе.

- Установившееся и неуставившееся течение слабосжимаемой системы жидкость-газ в трубопроводе постоянного и переменного попе-

речного сечений. Распространение волн в трубопроводе. Гидравлическое сопротивление трения. Пробковая, расслоенная структуры течения и основные критерии подобия. Гидравлический удар, условия возникновения воздушных и водных “пробок”, методы борьбы с ними. Потери на трение, местные сопротивления. Течения с неполным заполнением поперечного сечения трубопровода. Аналогия с русловыми течениями.

Модуль 3. Перемещение нефти по трубам. Инженерные методы.

3.1. Технологический расчет трубопровода.

- Уравнение Бернулли для участка трубопровода. Законы трения, базисные формулы. Гидравлический уклон, влияние геометрии на режим течения, самотечные участки нефтепровода. Гидравлический расчет нефтепровода при движении смеси нефти и газа. Специальные методы транспорта высоковязких и застывающих нефтей: изменения реологии, физические, физико-химические, химические. Последовательная перекачка нефтепродуктов. Математическое моделирование смесеобразования, рост объема смеси, интегральное содержание нефтей в смеси.

3.2. Тепловой и гидравлический расчет неизотермических трубопроводов.

- Характерная и вероятностная температуры. Коэффициент теплопередачи от нефтепродукта в трубопроводе в окружающую среду. Коэффициент теплоотдачи посредством конвекции от нефтепродукта к вертикальной и горизонтальной стенке. Критические параметры и критерии подобия (Re , Gr , Ar , Ra , Pr , Pe , Zh , St , Nu , c_f). Длины начальных участков и участков установления параметров течения и теплообмена в режимах течения нефтепродукта: ламинарном, турбулентном. Потери напора на трение и теплоотдачу в данных режимах течения нефти в трубопроводе.

- Структура газожидкостных течений и области их существования

Пробковая и расслоенная структура газожидкостной среды в горизонтальных и наклонных трубах. Зона кольцевой структуры течения смеси в горизонтальных и наклонных трубах. Газожидкостные потоки в вертикальных трубах. Закономерности изменения газосодержания в газожидкостных смесях при пробковой структуре в условиях переменности угла наклона трубы, числа Рейнольдса, теплофизических свойств компонентов смеси. Интегральные параметры при пробковой и кольцевой структуре течения смеси.

- Расслоенное течение жидкости и газа в цилиндрических трубах.

Постановка задачи для ламинарного и турбулентного потоков. Основные уравнения. Локальные скорости и объемные расходы. Расчетные зависимости для структуры при восходящем и нисходящем течениях. Области существования расслоенного течения. Осредненные и пульсационные скорости, касательные напряжения, их корреляционный анализ. Масштабы турбулентности.

- Методы гидравлического и теплового расчета горизонтальных и рельефных трубопроводов. Оценка динамики, трения и теплообмена в прямоточном, закрученном ламинарном и турбулентном потоках.

Модуль 4. Численные методы, компьютерные методики расчета нефтегазовых задач

4.1. Введение в численные методы. Основные определения теории разностных схем и методов численного анализа явлений.

- Численное дифференцирование и вычислительная погрешность формул расчета. Сетка, дискретизация, схема, разностные уравнения, порядок и ошибка аппроксимации, сходимость решений. Приемы построения и исследования разностных операторов. Устойчивость. Основные теоремы устойчивости и сходимости. Явная и неявная схема. Метод Зейделя решения нелинейных уравнений. Конечно-разностные методы. Примеры исследования разностной схемы для уравнений в частных производных: параболический, гиперболический и эллиптический тип. Условие Куранта, Фридрихса и Леви (КФЛ), необходимое для устойчивости явной разностной схемы. Принцип максимума.

4.2. Схемы и методы решения дифференциальных уравнений о течении смесей жидкостей и газов в трубопроводах.

- Методы решения системы ЛАУ с трехдиагональной матрицей. Матричная прогонка для многомерных задач. Простейшие схемы дробных шагов: продольно-поперечная прогонка и стабилизирующая поправка. Схемы расщепления оператора по пространственным переменным. Понятие о методах конечных элементов, контрольного объема, алгоритме SIMPLE при численном моделировании сложных процессов переноса тепла, массы и импульса.

Содержание практикума включает 18 занятий (9 практических занятий, 9 лабораторных работ), общей трудоемкостью 36 часов (табл. 2). В результате освоения практического раздела дисциплины студент овладевает следующими компетенциями: **ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-12, ПК-18, ПК-19, ПК-20.**

Таблица 2

Темы практических занятий

№ п./п.	Название занятия	Объем, ч	
		Практиче- ское занятие	Лабора- торная работа
1	Теплофизические характеристики текущей среды	4	-
2	Движение однофазных и многофазных сред в трубах и каналах	2	8
3	Численное моделирование гидродинамики и теплообмена в каналах и трубах постоянного и переменного поперечного сечения	6	-
4	Определение величины ударного давления и скорости распространения УВ в однофазных и многофазных средах при внезапном закрытии задвижки трубопровода	-	10
5	Истечение жидкостей из отверстий	6	-
	Всего, часов	18	18

4.2. Структура дисциплины

Структура дисциплины по разделам (модулям) и видам учебной деятельности (лекции и практикум) с указанием временного ресурса представлена в табл. 3.

Таблица 3

Структура дисциплины по разделам и формам организации обучения

<i>Название раздела/темы</i>	<i>Аудиторная работа (час)</i>		<i>СРС (час)</i>	<i>Контр. Р.</i>	<i>Итого</i>
	<i>лекции</i>	<i>Практи- кум</i>			
1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе	1		2	-	3
2. Феноменологическая теория многоскоростного континуума	21	14	26	4	65
3. Перемещение нефти по трубам. Инженерные методы	6	16	18	4	44
4. Численные методы, компьютерные методики расчета нефтегазовых задач	8	6	25	2	41
ИТОГО	36	36	81		153

4.3. Распределение компетенций по разделам дисциплины

Распределение по модулям дисциплины планируемых результатов обучения, согласно ООП подготовки бакалавров по направлению 131000 «Нефтегазовое дело» представлено в табл. 4.

Таблица 4

Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения

№	Формируемые компетенции	Разделы дисциплины				
		1	2	3	4	
	35.13		+	+	+	
	310.3	+	+		+	
3.	У.5.4		+	+		
4	У.7.3			+	+	
5	В.5.6		+	+	+	
6	В.7.3		+		+	

*Формируемые компетенции В ООП перепутаны, вместо 2 должна быть 1

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Специфика сочетания методов и форм организации обучения отражается в матрице (табл. 5).

Таблица 5

Методы и формы организации обучения

Методы	ФОО	Лекции	Практические занятия	СРС
Работа в команде			+	+
Case-study				
Игра			+	
Методы проблемного обучения				+
Обучение на основе опыта				
Опережающая самостоятельная работа			+	+
Проектный метод			+	+
Поисковый метод		+	+	+
Исследовательский метод				+

6. ОРГАНИЗАЦИЯ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Текущая самостоятельная работа студента

Текущая самостоятельная работа студента направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений:

- *работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации, подготовка к тестам входного контроля;*
- *опережающая самостоятельная работа;*
- *изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;*
- *подготовка к практическим работам;*
- *подготовка к контрольным работам;*
- *подготовка к экзамену.*

6.2. Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа направлена на развитие интеллектуальных умений, комплекса профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов. В результате самостоятельной подготовки студент овладевает следующими компетенциями: **ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-12, ПК-18, ПК-19, ПК-20.**

6.3. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине

Самостоятельная работа в объеме 81ч. по освоению теоретических и практических основ дисциплины «Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах» заключается в следующем:

- *работа с конспектом лекций, методической и учебной литературой в соответствии с учебным планом – 30 часов;*
- *подготовка реферата – 16 часов;*
- *подготовка к защите восьми лабораторных работ – 18 часов;*
- *подготовка к рубежному и итоговому контролю – 17 часов.*

Пример предполагаемых темы рефератов:

1. *Потоки и источники в феноменологической теории.*

2. *Физические свойства многофазных сред.*
3. *Математическое моделирование гетерогенных смесей.*
4. *Движение системы дисперсных включений.*
5. *Межфазные взаимодействия, обмен импульсом и энергией в гетерогенных смесях.*
6. *Ньютоновские и неньютоновские среды.*
7. *Основные законы термодинамики. Работа и теплота в многофазных средах.*
8. *Закон сохранения энергии в термодинамике.*
9. *Энтропия – тепловая координата состояния многофазной среды.*
10. *Термодинамические уравнения фазовых состояний.*
11. *Роль флуктуаций в процессах устойчивости.*
12. *Теория устойчивости Гиббса, ее роль в термодинамических процессах.*
13. *Тепловая и механическая устойчивость.*
14. *Критические явления и устойчивость процессов переноса.*
15. *Основные уравнения гидромеханики многофазных сред.*
16. *Граничные условия на непроницаемых поверхностях при течении многофазных сред.*

Пример вопросов для самостоятельной работы

1. *Проблема моделирования многофазных сред.*
2. *Схематизация газожидкостных систем, структура и формы движения двухфазных потоков.*
3. *Понятие о межфазном массообмене и фазовых переходах. Понятие о конденсации и испарении.*
4. *Модели материальных сред.*
5. *Понятие о явлении кавитации. Причины возникновения сложного вихревого движения.*
6. *Сущность физического моделирования. Примеры моделирования с использованием метода подобия в решении задач о течении вязкой жидкости в трубах и каналах, тепловых процессов в трубах.*
7. *П–теорема, ее значение в вопросах математического моделирования.*
8. *Проблема гидродинамической и тепловой устойчивости.*

9. *Специальные методы транспорта высоковязких и застывающих нефтей: изменения реологии, физические, физико-химические, химические.*
10. *Коэффициент теплопередачи от нефтепродукта в трубопроводе в окружающую среду.*
11. *Критические параметры и критерии подобия (Re , Gr , Ar , Ra , Pr , Pe , Zh , St , Nu , c_f).*
12. *Пробковая и расслоенная структура газожидкостной среды в горизонтальных и наклонных трубах.*
13. *Газожидкостные потоки в вертикальных трубах.*
14. *Расслоенное течение жидкости и газа в цилиндрических трубах*
15. *Особенности трубопроводного транспорта сжиженных газов.*
16. *Классификация магистральных газопроводов.*
17. *Методы гидравлического и теплового расчета горизонтальных и рельефных трубопроводов.*
18. *Трубопроводный транспорт твердых и сыпучих материалов.*
19. *Использование ЭВМ при проектировании трубопроводов и хранилищ.*
20. *Численное дифференцирование и вычислительная погрешность формул расчета.*
21. *Математическое моделирование смесеобразования, рост объема смеси,*
22. *Гидравлический удар, условия возникновения воздушных и водных “пробок”.*

6.4. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

6.5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Образовательные ресурсы, рекомендуемые для использования при самостоятельной работе студентов, том числе программное обеспечение, *Internet*- и *Intranet*-ресурсы (электронные учебники, компьютерные модели и др.), учебные и методические пособия:

1. Рабочая программа дисциплины «Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах»;
2. Учебно-методический комплекс дисциплины «Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопро-

водах», размещенный на электронных ресурсах кафедры ТХНГ НИ ТПУ по адресу:

http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/f/FELIC/Metod_material/UMKD Учебно-методическое обеспечение

3. Учебные пособия к курсам лекций «Алгоритмы при моделировании гидродинамических процессов», «Современные проблемы науки», размещенные на электронных ресурсах кафедры ТХНГ НИ ТПУ по адресу: http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/f/FELIC/Metod_material/UMKD

7. СРЕДСТВА ТЕКУЩЕЙ И ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Самостоятельная работа сведена не только к изучению теоретических основ дисциплины, но и к приобретению практических навыков экспериментальной работы над проблемами в рамках лабораторного практикума. При выполнении практических заданий предполагается, что студент знаком с основами термодинамики, математического анализа, теориями обыкновенных дифференциальных уравнений, математической физики, имеет знания по механике сплошных сред и вычислительной гидродинамике.

Самостоятельная работа по индивидуальному плану, связанному с подготовкой эксперимента и выполнением практических заданий по теоретическим разделам курса, включает работу в специализированных классах кафедры ТХНГ (10 часов). Это дает возможность глубже анализировать проблемы индивидуальных заданий. Самоконтроль осуществляется: по вариантам ответов к вопросам лекционной части курса, его разделам; задачам практических заданий; промежуточным результатам экспериментальной работы лабораторного практикума.

Дополнительным фактором активизации интеллектуальной деятельности студента является его самостоятельная работа с включением системы «Рейтинг». Определяющими моментами здесь являются: работа на лекции; работа на практическом занятии; самостоятельная работа во внеаудиторное время в специализированных классах кафедры. В рамках данной системы для раскрытия логической структуры предмета и особенностей вопросов предполагается выполнение домашних заданий с написанием рефератов и сочинений. Последние могут представляться как в компьютерном, так и письменном видах в указанное преподавателем время. Результаты такой студенческой работы оцениваются по балльной системе, принятой в ТПУ, с учетом факторов: глубина изложения проблемы – 5; новизна метода – 5; реализация результатов и техническое совершенство методики представления данных – 5. Условия рейтинга: набравшие не менее 100 баллов за рефе-

рат или сочинение, теоретические задачи – от 100 баллов имеют право получить экзаменационную оценку “4”, “5” по результатам текущей работы без дополнительного опроса. Каждый студент вправе не использовать предложенную систему оценки знаний и сдавать зачет или экзамен в обычном порядке. Получивший по итогам текущей работы экзаменационную оценку “4” и желающий ее улучшить сдает экзамен лектору в период экзаменационной сессии.

Оценка видов занятий по дисциплине

№ п./п.	Вид занятий	Баллы
1	Посещение лекций	120
2	Текущее тестирование	250
3	Выполнение и защита практических работ	160
4	Выполнение и защита индивидуального задания	120
5	Итоговый тест	200
	Максимальное количество баллов	850

Формой контроля знаний по теоретическим разделам курса являются тесты, экспресс-опросы на лекциях и практических занятиях, а также контрольные точки, защита заданий, индивидуальных проектов (рефератов и сочинений).

Пример тестового опроса

1. Обычно математическая модель процессов тепломассообмена полностью отражает:

- характеристики практических процессов;
- систему уравнений, которые частично описывают процесс, но решить эту систему трудно;
- систему уравнений, которые можно решить и решение в достаточной мере отражает характеристики реальных процессов;
- полезный для научных работников, но не для конструкторов аппарат;
- необходимость в экспериментальных разработках по методу проб и ошибок.

2. Какое утверждение о законе Фика несправедливо:

- закон имеет вид $j_{ik} = -D_i \frac{\partial c_i}{\partial x_k}$;

- величина D_i зависит от направления диффузионного потока;
- в газах D_i того же порядка, что и коэффициент вязкости;
- в жидкостях при турбулентном движении D_i много меньше коэффициента вязкости;
- в жидкостях при ламинарном течении D_i много меньше, чем λ / c_p .

3. Что представляют собой члены уравнения диффузии массы индивидуальной компоненты $\rho u_j \frac{\partial c_i}{\partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho D_i \frac{\partial c_i}{\partial x_j}) = -\rho \frac{\partial c_i}{\partial t} + R_i$:

- первый – источник вещества в результате химической реакции;
- второй – диффузионный член;
- третий – градиент полного потока вещества;
- четвертый – нестационарный член.

4. Являются ли следующие утверждения и соотношения

$$q_i = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x_i}, \quad h_j = \int_{T_0}^T c_j dT + h_{j0}, \quad E = Q + W_s + \frac{GV^2}{2} + \sum h_j G_{полн.j}, \quad \sum R_j = 0,$$

$$\lambda = \sum c_i \lambda_i D_i, \quad \frac{dh_j}{dx} = c_j \frac{dT}{dx}$$

- определением;
- верным или неверным логическим выводом из определений;
- выводом из опытных данных, имеющих высокую степень надежности;
- умеренную достоверность с независимой температурой;

5. Эффективная вязкость турбулентного потока может быть связана с кинетической энергией турбулентности k и ее интегральным масштабом L соотношением:

- $\mu_t = k^{0.5} / L$;
- $\mu_t = \rho k L^{0.5}$;
- $\mu_t = \rho k^{0.5} L$;
- $\mu_t = k^{0.5} / L \rho$.

Примеры заданий практических занятий

Тема “Исследование гидродинамики, сопротивления трения потоков жидкости во внутренних системах”

- I. Рассматривается развивающееся ламинарное течение вязкой несжимаемой жидкости в трубах (каналах). Система уравнений, определяющих течение, имеет вид:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{r^\varepsilon} \frac{\partial}{\partial r} (r^\varepsilon v) = 0; \quad (1)$$

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho r^\varepsilon} \frac{\partial}{\partial r} [r^\varepsilon \mu \frac{\partial u}{\partial r}], \quad \frac{\partial p}{\partial r} = 0. \quad (2)$$

Здесь $\varepsilon=1$ – отвечает цилиндрической симметрии канала, $\varepsilon=0$ – случай плоского течения; u, v – осевая и радиальная компоненты вектора скорости в направлении оси x, r соответственно, p – давление.

Задание.

1. Рассчитать распределение скорости для случая:

- полностью развитого потока в цилиндрической трубе и плоском канале в предположении, что поле давления известно, теплофизические свойства постоянны.

Граничные условия к интегрированию системы (1), (2):

$$x=0: u=U_0, v=0; \quad (3)$$

$$r=0: \frac{\partial u}{\partial r} = 0, v = 0; \quad r=R: u=v=0. \quad (4)$$

2. По известной осевой скорости определить среднюю по сечению скорость, максимальную скорость; коэффициент трения
3. Предположите, что одна из пластин плоского канала неподвижна, а другая движется со скоростью U_0 . Рассчитать полностью развитый поток между пластинами для различных значений параметра $h^2 \frac{\partial p}{\partial x} / (\mu U_0)$, где $h=2R$ – расстояние между пластинами.
4. Дать характеристику физического смысла слагаемых системы (1), (2). Установить особенности использования уравнений и тип системы уравнений движения.
5. Указать проблемы расчета развивающихся течений в трубах и каналах в условиях ламинарного и турбулентного режимов течения

- II. Тема “Течение неньютоновских сред”

Условия течения. Жидкость, по своим свойствам близкая бигмановской модели, движется по вертикальной трубе под действием градиента давления и/или ускорения свободного падения. Радиус и длина трубы известны.

Получить соотношение между объемным расходом и силами давления и тяжести, совместно действующими на жидкость.

Указания:

- используется модель вязкопластической жидкости Шведова-Бигмана;
- в центральной части трубы существует область “поршневого режима течения”;
- уравнение движения имеет вид $\frac{1}{r} \frac{d}{dr}(r \tau_{xr}) = \frac{dp}{dx}$.

III. Тема “Совместное течение несмешивающихся жидкостей”

Рассматривается задача о течении с границей раздела двух несжимаемых жидкостей разных вязкостей в горизонтальном канале длиной L с заданным градиентом давления. При этом скорость течения фаз такова, что канал на половину заполнен жидкостью более плотной фазы и менее плотной фазы.

Требуется: дать анализ течения с точки зрения распределения скоростей и потока количества движения, получить – максимальные скорости фаз, скорость на поверхности раздела фаз, плоскость, в которой касательное напряжение $\tau_{xr}=0$, силу трения на стенках - $\xi = \frac{2\tau_{xr}}{\rho u^2}$.

Указания: 1) воспользоваться уравнением баланса количества движения, записанного для тонкого слоя; 2) считаем для простоты, что среды - ньютоновские.

IV. Тема “Исследование турбулентного течения”

Задание. Вывод логарифмической формулы для профиля скоростей в трубе.

Требуется найти осредненные по времени распределения скоростей в длинной трубе, используя гипотезу длины смешения Прандтля, динамические уравнения движения Рейнольдса.

V. Тема “Численное моделирование процессов переноса в трубах и каналах”.

Задание. Решить на ПЭВМ плоскую (осесимметричную) задачу о распределении тепла в термическом начальном участке трубы с развитым полем скорости (вязкостный режим течения).

Уравнение переноса тепла и условия интегрирования имеют вид:

$$u \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{1}{r^\varepsilon} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^\varepsilon a \frac{\partial T}{\partial r} \right), \quad x=0: T=T_0, u=2\bar{U}\left[1-\left(\frac{r}{R}\right)^2\right]; \quad r=0: \frac{\partial T}{\partial r}=0; \quad r=R:$$

$$T=T_w=\text{const.}$$

Требуется. Построить распределения локальных и интегральных параметров теплообмена по длине трубы

Пример лабораторного занятия

Тема “Исследование закономерностей изменения осредненных и пульсационных параметров газожидкостного турбулентного потока в круглой трубе”

Инструментарий: установка для исследования развития ламинарного и турбулентного движения однофазных и многофазных сред с входным коллектором в начальном участке и с регулирующим на входе расход кране, термоанемометрическая аппаратура, крестообразный проволоочный датчик, клинообразный пленочный датчик, волномер, осциллограф.

Описание установки. Установка для исследования движения смесей жидкостей и газов в трубах состоит из центробежного насоса с электромотором, собственно трубопровода с регулирующим краном, измерительных устройств динамических и тепловых параметров. Предусмотрена возможность замены испытательного участка трубами другого диаметра и формы, секцией со стационарной и подвижной стенкой, установки системы обогрева стенки трубы тепловым потоком. Коллектор служит для создания условий ввода потока без возмущений давления. Сечения по каналу и “тонкие” параметры смеси измеряются с большой точностью.

Задачи занятия, особенности опыта и ожидаемые результаты.

1. С целью установления степени доверия результатам измерений первоначально на стенде определяются все динамические осредненные и пульсационные характеристики однофазного вязкостно-инерционно-

гравита-ционного и вихревого течения, например, $\frac{\sqrt{u'^2}}{u_*}, \frac{\sqrt{v'^2}}{u_*},$

$\frac{\sqrt{w'^2}}{u_*}, \frac{\overline{u'v'}}{u_*^2}, \frac{\overline{u'w'}}{u_*^2}, \frac{\overline{v'w'}}{u_*^2}.$ Для диапазона $Re=1000-50000$ выполнено сравне-

ние с данными измерений локальных и интегральных параметров течения, выполненных Пфеннингером, Дж. Лауфером. В силу того, что в сравнении с однофазным потоком, для двухфазной среды почти отсутствуют данные о распределении нормальных и касательных турбулентных напряжений, о коэффициентах корреляции пульсационных параметров по сечению и в области стенки, то работа по их определению будет полезна при расчете осредненных скоростей по гипотезам о распределении касательных напряжений. Известно, что профили скоростей газа, измеренные над волновой поверхностью жидкости в трубах, имеют более сложный вид, чем профили скорости в однофазном потоке. Поэтому для газожидкостных сред измерения напряжений $\overline{u'_i u'_j}$ выполняются для различных типов волн на поверхности раздела и имеют цель установить, как состояние поверхности раздела влияет на закономерности изменения $\overline{u'_i u'_j}$ по сечению потока. В опытах изменяется число Фруда, Рейнольдса, Струхала и поддерживается постоянным газосодержание, что обеспечивает устойчивость положения динамической оси газовой фазы и уровня жидкости в трубе, а также дает возможность сопоставить разные режимы. Кроме того, на занятии проверяются отдельные функциональные связи турбулентных напряжений от изменений радиального параметра в газовой фазе в области от динамической оси к стенке.

2. Другая задача занятия состоит в выяснении условий формирования вязкого подслоя, сущность которого составляют резкое затухание пульсаций скорости и постоянство градиента осредненных скоростей. Наличие такого подслоя свидетельствует в пользу моделей турбулентных потоков, учитывающих пульсационность пристеночного слоя. Присутствие пульсационной скорости в этом подслое равносильно наличию турбулентного переноса. Но ввиду резкого затухания пульсаций, и это необходимо установить в опытах, роль турбулентного переноса по мере приближения к стенке будет сказываться все меньше.

3. При движении газожидкостной смеси пульсация концентрации создает качественно новый поток, в котором крупномасштабная турбулентность имеет определяющее значение. Для проверки такой гипотезы проводятся эксперименты на разделенных режимах течения с редкой набегающей волной.

В данных условиях насадок анемометра располагается на динамической оси газовой фазы впереди волномера. Датчики измерений располагаются так, чтобы фиксировать изменения величин в одном и том же сечении и не оказывать влияние друг на друга. При таком расположении

датчиков вихри, образующиеся при обтекании волномера, не оказывают заметного влияния на показания термоанемометра (ТА), а пульсации скорости, фиксируемые нитью, можно отнести к пульсациям турбулентности, сформированной твердой стенкой трубы с одной стороны и подвижной границей раздела фаз с другой стороны. Сигналы от волномера и ТА, регистрирующие соответственно пульсации концентрации и скорости, подаются на два соответственно подобранных шлейфа осциллографа.

Анализ осциллограмм позволяет сделать выводы относительно природы турбулентных пульсаций скорости в газожидкостном потоке в трубе:

i - возникновение крупномасштабной пульсации скорости в рассматриваемом сечении газовой фазы совпадает по времени с пульсациями газосодержания в этом сечении;

ii - Прямолинейные участки осциллограммы колебаний границы раздела при разделенном течении смеси в горизонтальной трубе будут означать, что какое-то время граница раздела фаз была гладкой. В это время датчик ТА должен фиксировать турбулентные пульсации в газовой фазе, характерные для однофазного потока. В следующий момент в сечение попадает фронт набегающей волны и осциллограмма колебаний границы раздела будет подниматься вверх, повторяя форму этой волны, а ТА будет фиксировать резкое увеличение амплитуды продольной пульсационной составляющей скорости.

Таким образом, можно будет констатировать факт существования крупномасштабных пульсаций скорости в газожидкостном потоке, который неразрывно связан с наличием в нем пульсаций концентраций.

4. Анализ влияния пульсаций газосодержания на характер турбулентных пульсаций. В этой части работы необходимо выяснить, способствует ли увеличение объема жидкой фазы увеличению продольной пульсационной составляющей скорости.

В газожидкостном потоке при разделенном режиме течения граница раздела фаз колеблется в резонансе с пульсациями крупномасштабных вихрей в газовой фазе. Учитывая разные плотности жидкости и газа, можно предположить, что появляющиеся в спектре турбулентных пульсаций скорости газовой фазы крупномасштабные вихри есть результат пульсаций концентраций жидкой фазы.

5. Исследование осциллограмм записи пульсаций давления и концентрации при измерении их датчиком и волномером позволяет анализировать структурные формы газожидкостного потока с точки зрения величины пульсаций. Здесь необходимо подтвердить, что при неболь-

ших содержаниях жидкости в потоке имеется расслоенная структура течения, при которой пульсации незначительны. С увеличением расхода жидкости появляется волновая структура потока. Появление волн можно интерпретировать как появление пульсаций концентрации с коэффициентом корреляции $K_{\phi u'_i}$.

Вычисления. На основании показаний измерительных устройств по сечениям трубопровода вычисляются: падение давления на единицу длины, распределения скоростей потока, напряжения и коэффициенты

корреляций $K_{u'_i u'_j} = \frac{|u'_i u'_j|}{\sqrt{u'^2_i} \sqrt{u'^2_j}}$ в области ядра течения и стенки трубы, где

пульсации скорости достигают своего максимума. От стенки до точки максимума эпюр $\sqrt{u'^2} = f_1(y)$, $\sqrt{v'^2} = f_2(y)$ безразмерные напряжения частото аппроксимируют в виде: $\frac{\sqrt{u'^2}}{u_*} = 2.7y/\delta$; $\frac{\sqrt{v'^2}}{u_*} = 2.1y/\delta$, где δ – расстоя-

ние максимума эпюры, $u_* = \sqrt{\frac{\Delta p R}{2L\rho_c}}$ - динамическая скорость. Задача со-

стоит в выяснении корректности подобных формулировок в широком изменении условий входа. Использование динамической скорости для нормировки эпюр распределения пульсационных скоростей оправдано тем, что закономерности оказываются независимыми от Re.

Возможности численных моделей в предсказании структуры вязкостных и вихревых течений устанавливаются в результате сравнений расчетных и измеренных профилей осредненных и пульсационных параметров течения однофазного потока и многофазных сред.

Формой итогового контроля является зачет или экзамен. Используются обобщённые тесты и билеты.

Примеры экзаменационных (зачетных) билетов по дисциплине «Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах».



ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах

кафедра **ТХНГ**

курс 5

1. Принцип симметрии Кюри.
2. Природа турбулентности. Структура турбулентного внутреннего потока и методы его расчета.
3. Уравнение Бернулли для участка нефтепровода.

Составил: _____ профессор С.Н. Харламов

Утверждаю: зав.кафедрой _____ А.В. Рудаченко

«01 » сентября 2010 г.



ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 2

по дисциплине Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах

кафедра **ТХНГ**

курс 5

1. Пи -теорема и ее значение в анализе сложных гидродинамических явлений.
2. Тензор напряжений и физический смысл его компонент в модели вязкой сплошной среды.
3. Особенности гидравлического расчета одноименного напорного нефтепровода при движении нефти.

Составил: _____ профессор С.Н. Харламов

Утверждаю: зав.кафедрой _____ А.В. Рудаченко

«01 » сентября 2010 г.

**Национальный исследовательский
Томский
политехнический университет**



**Институт
природных ресурсов**

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 3

по дисциплине Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах

кафедра **ТХНГ**

курс 5

1. Универсальные законы распределений скорости и температуры для круглой гладкой трубы при турбулентном течении вязкой теплопроводной среды.

2. Осредненные параметры по фазам и межфазным поверхностям и их свойства.

3. Охлаждение нефти в резервуаре.

Составил: _____ профессор С.Н. Харламов

Утверждаю: зав.кафедрой _____ А.В. Рудаченко

«01 » сентября 2010 г.

**Национальный исследовательский
Томский
политехнический университет**



**Институт
природных ресурсов**

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 4

по дисциплине Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах

кафедра **ТХНГ**

курс 5

1. Условия однозначности для уравнения переноса скаляра в многофазной среде.
2. Анизотропия сплошных сред. Законы Фика, Фурье, их физическое и геометрическое содержание.
3. Уравнение баланса напоров для участка нефтепроводов.

Составил: _____ профессор С.Н. Харламов

Утверждаю: зав.кафедрой _____ А.В. Рудаченко

«01 » сентября 2010 г.

**Национальный исследовательский
Томский
политехнический университет**



**Институт
природных ресурсов**

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 5

по дисциплине Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах

кафедра **ТХНГ**

курс 5

1. Тепловая и гидродинамическая устойчивость. Теорема Пригожина о кривизне энтропии.
2. Основная система уравнений конвективного теплообмена в многофазной среде. Критерии и числа подобия в описании теплообмена.
3. Гидравлический уклон, его физический смысл и формулы расчета.

Составил: _____ профессор С.Н. Харламов

Утверждаю: зав.кафедрой _____ А.В. Рудаченко

«01 » сентября 2010 г.

**Национальный исследовательский
Томский
политехнический университет**



**Институт
природных ресурсов**

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 6

по дисциплине Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах

кафедра **ТХНГ**

курс 5

1. Численные методы в расчете многофазных сред. Особенности метода Симуни в определении поля давления, матричной прогонки в многомерных процессах переноса.
2. Опыт и уравнения Рейнольдса в описании турбулентных течений.
3. Самотечные участки нефтепровода, метод их определения.

Составил: _____ профессор С.Н. Харламов

Утверждаю: зав.кафедрой _____ А.В. Рудаченко

«01 » сентября 2010 г.

**Национальный исследовательский
Томский
политехнический университет**



**Институт
природных ресурсов**

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 7

по дисциплине Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах

кафедра **ТХНГ**

курс 5

1. Явные и неявные разностные схемы. Устойчивость численных решений. Способы построения аппроксимирующих разностных схем.
2. Феноменологическая теория турбулентности и многопараметрические модели турбулентности в расчетах одноточечных корреляционных моментов второго и третьего порядка пульсаций поля скорости и скаляра.
3. Местные гидравлические сопротивления в трубопроводах.

Составил: _____ профессор С.Н. Харламов

Утверждаю: зав.кафедрой _____ А.В. Рудаченко

«01 » сентября 2010 г.

8. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ

Результаты формируемых компетенций в зависимости от вида полученных знаний по дисциплине «Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах» представлены в табл. 7.

Таблица 7

Формируемые компетенции в зависимости от вида полученных знаний по дисциплине
«Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах»

Коды	Компетенции, совокупный ожидаемый результат по завершении обучения	Совокупность оценочных заданий по дисциплине «Механика многофазных сред и математическое моделирование процессов в трубопроводах»		
		лекции	практические занятия	самостоятельная работа
Производственно-технологическая деятельность				
способность:				
(ПК-6)	применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику;		✓	
(ПК-7)	осуществлять и корректировать технологические процессы при строительстве, ремонте и эксплуатации скважин различного назначения и профиля ствола на суше и на море, транспорте и хранении углеводородного сырья;	✓		
(ПК-8)	эксплуатировать и обслуживать технологическое оборудование, используемое при строительстве, ремонте, реконструкции и восстановлении нефтяных и газовых скважин, добыче нефти и газа, сборе и подготовке скважинной продукции, транспорте и хранении углеводородного сырья;	✓		
организационно-управленческая деятельность				

способность:				
(ПК-12)	организовать работу первичных производственных подразделений, осуществляющих бурение скважин, добычу нефти и газа, промысловый контроль и регулирование извлечения углеводородов, трубопроводный транспорт нефти и газа, подземное хранение газа, хранение и сбыт нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов для достижения поставленной цели	✓		✓
экспериментально-исследовательская деятельность				
способность:				
(ПК-18)	планировать и проводить необходимые эксперименты, обрабатывать, в т.ч. с использованием прикладных программных продуктов, интерпретировать результаты и делать выводы;		✓	✓
(ПК-19)	использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности;		✓	
(ПК-20)	выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов;	✓		

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Перечень рекомендуемой литературы

Основная:

1. Нигматуллин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. 1. Наука, Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1987. -463с.
2. Нигматуллин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. 2. Наука, Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1987. -359с.
3. Нигматуллин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. М: Наука, 1978. -336с.
4. Одишария Г.Э., Точигин А.А. Прикладная гидродинамика газожидкостных систем. М.: Всероссийский НИИ природных газов и газовых технологий. Ивановский ГТУ, 1998. -400с.
5. Сафонов В.С., Одишария Г.Э., Швыряев А.А. Теория и практика в газовой промышленности. М. НУМЦ Минприроды России, 1996. -280с.
6. Одегов А.И. Многофазный поток в пласте, скважине и трубопроводе. Курс лекций. Москва. Юкос, 2003.
7. Дейч М.Е., Филиппов Г.А. Газодинамика двухфазных сред. -М. Энергоиздат, 1981. -472с.
8. Лурье М.В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: Уч. пос. – М. ФГУП Изд.-во “Нефть и газ” РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 336с.
9. Васильев Г.Г., Коробков Г.Е., Коршак А.А. и др. Трубопроводный транспорт нефти. Под ред. Вайнштока С.М.: Учебник для вузов: в 2 томах. –М: ООО “Недра-Бизнесцентр”, 2002 –Т.1 -407с.; -Т.2 -621с.
10. Хант Д.Н. Динамика несжимаемой жидкости. М. Мир, 1967. -183с.
11. Тугунов П.И., Новоселов В.Ф. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепродуктов. Недра, 1981.-271с.
12. Годунов С.Н., Рябенский В.С. Разностные схемы. М. Наука, 1971.-439с.
13. Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений. Наука, 1978.-589с.
14. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. Мир, 1980. -616с.

15. Лурье М.В. *Задачник по трубопроводному транспорту нефти, нефтепродуктов и газа: Уч. пособие для вузов.* – М., ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 349с.
16. Лурье М.В. *Двадцать контрольных работ по трубопроводному транспорту нефти, нефтепродуктов и газа.* – М.: Государственная академия нефти и газа им. И.М. Губкина, 1996 – 34с.
17. Лурье М.В. *Вычислительный практикум по трубопроводному транспорту нефти, нефтепродуктов и газа.* – М.: Государственная академия нефти и газа им. И.М. Губкина, 1997 – 68с.
18. Вилькер Д.С. *Лабораторный практикум по гидромеханике.* Изд. Физ.-мат. лит-ры, 1959. -351с.
19. Архипов В.А. *Лазерные методы диагностики гетерогенных потоков.* Учебное пособие. Томск: Изд-во ТГУ, 1987. -140с.

Дополнительная:

1. Крайко А.Н., Нигматуллин Р.И., Старков В.К., Стернин Л.Е. *Механика многофазных сред // Итоги науки. Гидромеханика.* – М.: ВИНТИ. – 1972. Т.6. С.93-176.
2. Соу С. *Гидродинамика многофазных систем.* – Мир, 1971. -536с.
3. Гришин А.М., Фомин В.М. *Сопряженные и нестационарные задачи механики реагирующих сред.* – Новосибирск: Наука, 1984. - 318с.
4. *Современные проблемы теории теплообмена и физической гидродинамики.* Сб. науч. тр. под ред. Накоряков В.Е. Ин-т теплофизики АН СССР. Новосибирск: Наука, 1984. -392с.
5. Кутателадзе С.С., Накоряков В.Е. *Тепломассообмен и волны в газожидкостных системах.* – Новосибирск: Наука, 1984. -392с.
6. Бушланов В.П., Бушланов И.В. *Теория вычисления осредненных по межфазной поверхности параметров в уравнениях механики гетерогенных сред // Физическая мезомеханика.* 2002. Т.5, №2. С. 57-63
7. Бушланов В.П., Бушланов И.В. *К теории пространственного осреднения в механике гетерогенных сред // ДАН.* 2002. Т.382, №3. С. 346-348.
8. Ковеня В.М., Яненко Н.Н. *Метод расщепления в задачах газовой динамики.* Нов. Наука, 1981. -218с.
9. Бубенчиков А.М., Комаровский Л.В., Харламов С.Н. *Математические модели течения и теплообмена во внутренних задачах динамики вязкого газа.* Томск: Изд-во ТГУ, 1993. -183с.

10. Бубенчиков А.М., Харламов С.Н. Математические модели неоднородной анизотропной турбулентности во внутренних течениях. Томск: Изд-во ТГУ, 2001. -440с.
11. Brill J.P., Mukerjee H. Multiphase Flow in Wells. SPE Monograph №17. 1999.
12. Hasan A.R., Kabir C.S. Fluid Flow and Heat Transfer in Wellbores. SPE Richardson, Texas. 2002.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В проведении лекционных и практических занятий используются следующие аудитории:

- 305 ауд. 20 корп. (94 посад. места, используется персональный PC Core 2 Duo 1.8. с программным обеспечением: Microsoft Office PowerPoint 2003; доска; проектор с дистанционным управлением.
- 123 ауд. 20 корп. (30 посад. мест, персональный PC Core 2 Duo 1.8, Интерактивная доска StarBoard FX-82W, с программным обеспечением: Open office PowerPoint 2007; Система интерактивного опроса и голосования VERDICT на 30 участников; Беспроводной графический планшет.
- 120 ауд. 20 корп. (40 посад. мест; 2 плазменные панели NEC Plasma Sync;
- 107 ауд. 20 корп. (17 посад. мест; плазменная панель NEC Plasma Sync; ПО: Inventor, Autocad, Microsoft Office PowerPoint 2007, Open office 2007, Виртуальные лабораторные работы.)
- 012 ауд. 20 корп. (40 посад. мест; плазменная панель NEC Plasma Sync; доска; переносной компьютер SONY VAIO VGN-TT31 MR/N; проектор).

Программа одобрена на заседании учебно-методического кафедры ТХНГ (протокол № от « » 20 г.).

Автор(ы): профессор каф. ТХНГ С.Н. Харламов, доцент зав. каф. ТХНГ А.В. Рудаченко.

Рецензент: к.ф.-м. н., зав. каф. ГРНМ Б.Б. Квеско

Учебное издание

МЕХАНИКА МНОГОФАЗНЫХ СРЕД И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ТРУБОПРОВОДАХ

Рабочая программа для направления 130000 «Нефтегазовое дело»,
специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Разработчики:

ХАРЛАМОВ Сергей Николаевич
РУДАЧЕНКО Александр Валентинович

Подписано к печати 05.11.2010. Формат 60х84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. .
Заказ . Тираж 30 экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета сертифициро-
вана
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO
9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.
Тел. / факс: 8(3822) 56-35-35. www.tpu.ru

