

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Самарский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе СамГТУ  
Д.А. Деморетский  
“ 06 ” \_\_\_\_\_ 2015 г.  
М.П.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ОД.6 Многофазные течения

*(указывается шифр и наименование дисциплины по учебному плану)*

Направление подготовки  
(специальность)

21.04.01 Нефтегазовое дело

*(код и наименование направления подготовки (специальности))*

Квалификация (степень) выпускника

Магистр

Магистерская программа

Трубопроводный транспорт углеводородов

Форма обучения

Очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Выпускающая кафедра

Трубопроводный транспорт

*(название)*

Кафедра-разработчик рабочей программы

Трубопроводный транспорт

*(название)*

Семестр	Трудо- емкость, час./з.е.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (зачет, экзамен, КР, КП)	Контактная работа, час.	
							аудитор- ная	внеаудитор- ная
2	72/2	-	36	-	36	Зачет	36	2
<b>Итого</b>	<b>72/2</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>Зачет</b>	<b>36</b>	<b>2</b>

Самара  
2015

Программа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», ФГОС ВО по направлению подготовки 21.04.01 Нефтегазовое дело, утвержденный 30.03 2015г. №297, Приказом Минобрнауки России от 19 декабря 2013 г. №1367 «Об утверждении порядка организации осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» и учебного плана СамГТУ. *Протокол №10 от 24.04.2015г*

Составители рабочей программы:

к.т.н., доцент каф. ТТ  
(должность, ученое звание, степень)

  
(подпись)  
27.04.2015г  
(дата)

Афиногентов А.А.  
(ФИО)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры:

Трубопроводный транспорт

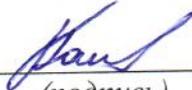
от 27.04.2015 протокол № 9

зав. кафедрой-разработчиком

  
(подпись)  
27.04.2015г  
(дата)

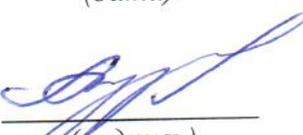
Тян В.К.  
(ФИО)

Эксперт методической комиссии по УГНП

  
(подпись)  
28.04.2015г  
(дата)

Гашенко А.А.  
(ФИО)

Председатель методического совета НТФ

  
(подпись)  
29.04.2015г  
(дата)

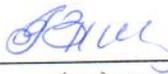
Чуркина А.Ю.  
(ФИО)

Декан НТФ

  
(подпись)  
30.04.2015г  
(дата)

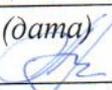
Тян В.К.  
(ФИО)

СОГЛАСОВАНО:  
Зав. выпускающей кафедрой

  
(подпись)  
30.04.2015г  
(дата)

Тян В.К.  
(ФИО)

Начальник УВО

  
(подпись)  
05.05.2015г  
(дата)

Лукьянова А.Н.  
(ФИО)

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Требования к результатам освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОПОП.....	5
3. Структура и содержание дисциплины.....	6
3.1. Структура дисциплины.....	6
3.2. Содержание дисциплины.....	7
4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	13
5. Формы контроля освоения дисциплины.....	15
5.1. Перечень оценочных средств для текущего контроля освоения дисциплины.....	15
5.2. Состав фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	15
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	17
6.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы.....	17
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».....	18
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	18
Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины.....	19
Приложение 1. Аннотация рабочей программы.....	20
Приложение 2. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся.....	21
Приложение 3. Фонд оценочных средств дисциплины.....	25
Приложение 4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	34

# 1. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине Таблица 1

Планируемые результаты освоения ОПОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина		Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Коды компетенции	Содержание компетенций	Знать: Уметь: Владеть:
ПК-2	Способностью использовать методологию научных исследований в профессиональной деятельности	<p><b>Знать:</b> методы научных исследований многофазных течений в трубах и каналах; методы расчета параметров систем транспорта многофазных углеводородных сред. З (ПК-2) -1<sup>2</sup></p> <p><b>Уметь:</b> использовать методы научных исследований многофазных течений в трубах и каналах и методы расчета параметров систем транспорта многофазных углеводородных сред, с целью повышения эффективности производственных процессов трубопроводного транспорта. У (ПК-2) -1<sup>2</sup></p> <p><b>Владеть:</b> навыками формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской и практической деятельности по эксплуатации систем трубопроводного транспорта многофазных углеводородных сред. В (ПК-2) -1<sup>2</sup></p>
ПК-3	Способностью планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы.	<p><b>Знать:</b> аналитические, имитационные и экспериментальные методы исследований многофазных течений в трубах и каналах; Методы и методики оценки результатов исследований многофазных течений в трубах и каналах. З (ПК-3) -1<sup>2</sup></p> <p><b>Уметь:</b> планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования многофазных течений в трубах и каналах; оценивать результаты исследований многофазных течений в трубах и каналах. У (ПК-3) -1<sup>2</sup></p> <p><b>Владеть:</b> методиками аналитического, имитационного и экспериментального исследования многофазных течений в трубах и каналах; методиками оценки результатов исследований многофазных течений в трубах и каналах. В (ПК-3) -1<sup>2</sup></p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина *многофазные течения* относится к *вариативной части блока 1* учебного плана.

Перечень предшествующих и последующих дисциплин, формирующих общепрофессиональные и профессиональные компетенции, заявленные в разделе 1, приведены в табл. 2.

**Перечень предшествующих и последующих дисциплин**

Таблица 2

№	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
Профессиональные			
1	ПК-2 Способностью использовать методологию научных исследований в профессиональной деятельности	Методы предотвращения и ликвидации последствий аварий и катастроф; Физико-химические методы исследования материалов, реагентов и углеводородных систем; Научно-исследовательская работа; Производственная практика.	Технологическая надежность магистральных трубопроводов; Оценка и анализ рисков; Физико-химические методы исследования материалов, реагентов; Научно-исследовательская работа; Производственная практика.
2	ПК-3 Способностью планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы.	Методы предотвращения и ликвидации последствий аварий и катастроф; Физико-химические методы исследования материалов, реагентов и углеводородных систем; Производственная практика.	Технологическая надежность магистральных трубопроводов; Промышленная безопасность трубопроводных систем; Физико-химические методы исследования материалов, реагентов; Производственная практика.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 2 зачетные единицы (ЗЕТ), 72 академических часа.

Общие сведения о структуре дисциплины представлены в таблице 3.

Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Таблица 3

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		2
<b>Аудиторная контактная работа (всего)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
в том числе: лекции	-	-
практические занятия(ПЗ)	<b>36</b>	<b>36</b>
лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
в том числе: <b>контактная внеаудиторная работа</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
курсовой проект (работа)	-	-
расчетно-графические работы	-	-
реферат	-	-
<i>другие виды самостоятельной работы</i>		
подготовка к практическим занятиям	<b>18</b>	<b>18</b>
подготовка к зачету	<b>16</b>	<b>16</b>
<b>ИТОГО:</b>	час. з.е.	<b>72</b> <b>2</b>

Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

Таблица 4

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Задачи феноменологической теории многофазного континуума	—	8	—	8	16
2	Задачи термодинамики многофазных сред	—	10	—	10	20
3	Модели течения многофазных сред в каналах и трубах	—	18	—	18	36
<b>ИТОГО</b>		—	<b>36</b>	—	<b>36</b>	<b>72</b>

### 3.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекции учебным планом не предусмотрены

#### Практические занятия

Таблица 5

Номер занятия	Номер раздела	Тема практического занятия и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	Раздел 1.	<p><b><u>Физико-химические свойства газов и жидкостей.</u></b>  <b><u>Характеристики многофазной смеси. Вычисление истинных и средних плотностей фаз и смеси в целом.</u></b>            Определение плотности, молекулярной массы, вязкости. Осреднение по объему. Многофазный континуум. Среднеобъемные, среднемассовые и среднерасходные характеристики многофазной смеси.            Нахождение массовых, объемных и молярных долей газов. Относительных плотностей фаз.</p>	2
2	Раздел 1.	<p><b><u>Определение параметров нефтегазовых смесей по их компонентному составу.</u></b>            Определение молярной массы, плотности жидкой фазы, плотности газовой фазы, динамической вязкости жидкой фазы, динамической вязкости газовой фазы, давления насыщения жидкой фазы.</p>	2
3	Раздел 1.	<p><b><u>Уравнение неразрывности. Скорость фазового перехода. Уравнение импульса. Межфазные силы.</u></b>            Уравнения сохранения массы для каждой из фаз и смеси в целом (в интегральном и дифференциальном виде). Понятие субстанциональной производной. Интенсивность фазового перехода.            Тензор напряжений в двухфазной среде. Функция давления в двухфазной среде. Условие совместного деформирования. Сила межфазного взаимодействия. Приток импульса за счет фазового перехода. Межфазная сила за счет действия давлений (за счет расширения трубки тока). Сила межфазного трения. Среднемассовая скорость вещества, претерпевающего фазовый переход. Уравнения движения фаз и смеси в целом.</p>	2
4	Раздел 1.	<p><b><u>Уравнение энергии.</u></b>            Условие локального термодинамического равновесия. Внутренняя энергия, кинетическая энергия и полная энергия фаз и смеси в целом. Уравнения полной энергии фаз и смеси. Межфазный обмен энергией (работа межфазных сил, теплопередача на межфазной границе, перенос энергии при фазовом переходе).</p>	2
5	Раздел 2.	<p><b><u>Межфазный теплообмен.</u></b>            Первое начало термодинамики. Первый закон термодинамики для однофазной и многофазной систем. Уравнение кинетической энергии фаз и смеси в целом. Уравнение внутренней энергии (притока тепла) для каждой из фаз. Работа внутренних поверхностных сил. Работа сил межфазного взаимодействия. Уравнение притока тепла для многофазной смеси. Условие на теплоперетоки на межфазных границах.</p>	2

Продолжение табл. 5

Номер занятия	Номер раздела	Тема практического занятия и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
6	Раздел 2.	<p><b><u>Замыкающие соотношения. Уравнение состояния и кинетики.</u></b>            Уравнение состояния для давления и внутренней энергии для газовой и жидкой фаз. Условие совместного деформирования. Уравнения реологии. Фазовая диаграмма вещества. Уравнения кинетики фазовых переходов. Выражение для межфазных сил и теплоперетоков. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Коэффициенты диссипации. Условие согласования энтальпий на линии насыщения.</p>	2
7	Раздел 2.	<p><b><u>Теория подобия.</u></b>            Критические параметры и критерии подобия (<math>Re</math>, <math>Gr</math>, <math>Ar</math>, <math>Ra</math>, <math>Pr</math>, <math>Pe</math>, <math>Zh</math>, <math>St</math>, <math>Nu</math>, <math>c_f</math>).</p>	2
8	Раздел 2.	<p><b><u>Диффузионное приближение. Гомогенное приближение</u></b>            Основные свойства гомогенной и гетерогенной смеси. Диффузионная модель механики многофазных сред. Уравнение диффузии. Переход от модели гетерогенной смеси к описанию гомогенной модели.</p>	2
9	Раздел 2.	<p><b><u>Фазовое состояние углеводородных систем. Расчет параметров нефтегазовых и газоконденсатных смесей по результатам разгазирования проб.</u></b>            Определение критических параметров многофазных сред. Расчет параметров при однократном разгазировании. Параметры флюидов. Определение величины газового фактора, коэффициента растворимости газа, давления насыщения газонасыщенной нефти, плотности кинематической и динамической вязкости газонасыщенной нефти.</p>	2
10	Раздел 3.	<p><b><u>Гидродинамика квазиодномерных потоков в каналах.</u></b>            Одномерные газожидкостные течения (основные характеристики течения). Режимы течений в трубах. Квазиодномерное течение в трубе. Осреднение по сечению потока. Коэффициенты корреляции. Уравнения неразрывности фаз в случае квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения. Интенсивность процессов массообмена между фазами. Уравнение движения фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения. Силы межфазного течения. Скорости на межфазных границах. Уравнения притока тепла фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения. Коэффициенты диссипации.</p>	2
11	Раздел 3.	<p><b><u>Модель квазигомогенного течения в каналах.</u></b>            Переход от двухскоростной модели квазиодномерного потока к двухфазной диффузионной модели в каналах. Дальнейшее упрощение модели для случая гомогенного течения (квазигомогенного) в каналах. Модель стационарного квазигомогенного течения в каналах.</p>	2

Продолжение табл. 5

Номер занятия	Номер раздела	Тема практического занятия и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
12	Раздел 3.	<b><u>Квазигомогенное течение в трубах.</u></b> Пузырьковая, капельная, эмульсионная структура потока в вертикальных и горизонтальных трубах. Квазигомогенная структура потока в вертикальных и горизонтальных трубах.	2
13	Раздел 3.	<b><u>Гидравлический расчет трубопроводов транспортирующих нефтяные эмульсии.</u></b> Определение объемной доли и критического расходного содержания воды в эмульсии. Определение параметров эмульсии (плотность, вязкость) и параметров потока эмульсии в трубопроводе (средняя скорость, числа Вебера, Рейнольдса, параметры Ильюшина и Медведева). Расчет потерь давления в трубопроводе при движении эмульсии.	2
14	Раздел 3.	<b><u>Структурные формы течения газожидкостных смесей в горизонтальных трубах.</u></b> Пробковая и расслоенная структура газожидкостной среды в горизонтальных и наклонных трубах. Расслоенное течение жидкости и газа в цилиндрических трубах.	2
15	Раздел 3.	<b><u>Технологический расчет изотермической перекачки нестабильных жидкостей.</u></b> Уравнение баланса напоров. Определение необходимого числа насосных станций. Расчет часового расхода перекачки. Определение рабочего давления на выходе головной перекачивающей станции.	2
16	Раздел 3.	<b><u>Гидравлический расчет трубопроводов транспортирующих газоземлюсионные смеси.</u></b> Определение параметров фаз при условиях перекачки. Расчет перепада давления в трубопроводе при движении газоземлюсионной смеси. Подбор сепараторов.	2
17	Раздел 3.	<b><u>Разделение многофазных смесей (сепарация).</u></b> Способы сепарации газа, разрушения нефтяных эмульсий и обезвоживания нефти. Подбор типа и расчет необходимого количества сепараторов.	2
18	Раздел 3.	<b><u>Газожидкостные потоки в вертикальных трубах.</u></b> Определение основных параметров газожидкостных потоков в вертикальных трубах. Скорость газа. Модифицированный параметр Фруда $Fr^*$ . Формулы для расчета минимальной скорости газа, обеспечивающей полный вынос жидкости в восходящем вертикальном газожидкостном потоке.	2
<b>ИТОГО</b>			<b>36</b>

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

## Самостоятельная работа студента

Таблица 6

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	1.1	<b>Подготовка к практическому занятию № 1.</b> Определение плотности, молекулярной массы, вязкости. Осреднение по объему. Многофазный континуум. Среднеобъемные, среднemasовые и среднерасходные характеристики многофазной смеси. Нахождение массовых, объемных и молярных долей газов. Относительных плотностей фаз.	1
	1.2	<b>Подготовка к практическому занятию № 2.</b> Определение молярной массы, плотности жидкой фазы, плотности газовой фазы, динамической вязкости жидкой фазы, динамической вязкости газовой фазы, давления насыщения жидкой фазы.	1
	1.3	<b>Подготовка к практическому занятию № 3.</b> Уравнения сохранения массы для каждой из фаз и смеси в целом (в интегральном и дифференциальном виде). Понятие субстанциональной производной. Интенсивность фазового перехода. Тензор напряжений в двухфазной среде. Функция давления в двухфазной среде. Условие совместного деформирования. Сила межфазного взаимодействия. Приток импульса за счет фазового перехода. Межфазная сила за счет действия давлений (за счет расширения трубки тока). Сила межфазного трения. Среднемассовая скорость вещества, претерпевающего фазовый переход. Уравнения движения фаз и смеси в целом.	1
	1.4	<b>Подготовка к практическому занятию № 4.</b> Условие локального термодинамического равновесия. Внутренняя энергия, кинетическая энергия и полная энергия фаз и смеси в целом. Уравнения полной энергии фаз и смеси. Межфазный обмен энергией (работа межфазных сил, теплопередача на межфазной границе, перенос энергии при фазовом переходе).	1
<b>Итого</b>			<b>4</b>
2	2.1	<b>Подготовка к практическому занятию № 5.</b> Первое начало термодинамики. Первый закон термодинамики для однофазной и многофазной систем. Уравнение кинетической энергии фаз и смеси в целом. Уравнение внутренней энергии (притока тепла) для каждой из фаз. Работа внутренних поверхностных сил. Работа сил межфазного взаимодействия. Уравнение притока тепла для многофазной смеси. Условие на теплоперетоки на межфазных границах.	1
	2.2	<b>Подготовка к практическому занятию № 6.</b> Уравнение состояния для давления и внутренней энергии для газовой и жидкой фаз. Условие совместного деформирования. Уравнения реологии. Фазовая диаграмма вещества. Уравнения кинетики фазовых переходов. Выражение для межфазных сил и теплоперетоков. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Коэффициенты диссипации. Условие согласования энтальпий на линии насыщения.	1

Продолжение табл. 6

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
	2.3	<b>Подготовка к практическому занятию № 7.</b> Критические параметры и критерии подобия (Re, Gr, Ar, Ra, Pr, Pe, Zh, St, Nu, $c_f$ ).	1
	2.4	<b>Подготовка к практическому занятию № 8.</b> Основные свойства гомогенной и гетерогенной смеси. Диффузионная модель механики многофазных сред. Уравнение диффузии. Переход от модели гетерогенной смеси к описанию гомогенной модели.	1
	2.5	<b>Подготовка к практическому занятию № 9.</b> Определение критических параметров многофазных сред. Расчет параметров при однократном разгазировании. Параметры флюидов. Определение величины газового фактора, коэффициента растворимости газа, давления насыщения газонасыщенной нефти, плотности кинематической и динамической вязкости газонасыщенной нефти.	1
<b>Итого</b>			<b>5</b>
3	3.1	<b>Подготовка к практическому занятию № 10.</b> Одномерные газожидкостные течения (основные характеристики течения). Режимы течений в трубах. Квазиодномерное течение в трубе. Осреднение по сечению потока. Коэффициенты корреляции. Уравнения неразрывности фаз в случае квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения. Интенсивность процессов массообмена между фазами. Уравнение движения фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения. Силы межфазного течения. Скорости на межфазных границах. Уравнения притока тепла фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения. Коэффициенты диссипации.	1
	3.2	<b>Подготовка к практическому занятию № 11.</b> Переход от двухскоростной модели квазиодномерного потока к двухфазной диффузионной модели в каналах. Дальнейшее упрощение модели для случая гомогенного течения (квазигомогенного) в каналах. Модель стационарного квазигомогенного течения в каналах.	1
	3.3	<b>Подготовка к практическому занятию № 12.</b> Пузырьковая, капельная, эмульсионная структура потока в вертикальных и горизонтальных трубах. Квазигомогенная структура потока в вертикальных и горизонтальных трубах.	1
	3.4	<b>Подготовка к практическому занятию № 13.</b> Определение объемной доли и критического расходного содержания воды в эмульсии. Определение параметров эмульсии (плотность, вязкость) и параметров потока эмульсии в трубопроводе (средняя скорость, числа Вебера, Рейнольдса, параметры Ильюшина и Медведева). Расчет потерь давления в трубопроводе при движении эмульсии.	1

Продолжение табл. 6

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
3	3.5	<b>Подготовка к практическому занятию № 14.</b> Пробковая и расслоенная структура газожидкостной среды в горизонтальных и наклонных трубах. Расслоенное течение жидкости и газа в цилиндрических трубах.	1
	3.6	<b>Подготовка к практическому занятию № 15.</b> Уравнение баланса напоров. Определение необходимого числа насосных станций. Расчет часового расхода перекачки. Определение рабочего давления на выходе головной перекачивающей станции.	1
	3.7	<b>Подготовка к практическому занятию № 16.</b> Определение параметров фаз при условиях перекачки. Расчет перепада давления в трубопроводе при движении газоземлюсионной смеси. Подбор сепараторов.	1
	3.8	<b>Подготовка к практическому занятию № 17.</b> Способы сепарации газа, разрушения нефтяных эмульсий и обезвоживания нефти. Подбор типа и расчет необходимого количества сепараторов.	1
	3.9	<b>Подготовка к практическому занятию № 18.</b> Определение основных параметров газожидкостных потоков в вертикальных трубах. Скорость газа. Модифицированный параметр Фруда $Fr^*$ . Формулы для расчета минимальной скорости газа, обеспечивающей полный вынос жидкости в восходящем вертикальном газожидкостном потоке.	1
<b>Итого</b>			<b>9</b>
1-3	4.1	<b>Консультации</b>	2
1-3	5.1	<b>Подготовка к зачету</b>	16
<b>ВСЕГО ЧАСОВ</b>			<b>36</b>

#### 4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Методические указания в т.ч. для самостоятельной работы обучающихся и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины приводятся в Приложении 2 и Приложении 3 к рабочей программе.

##### Вопросы для подготовки к практическим занятиям:

1. Определение плотности, молекулярной массы, вязкости.
2. Осреднение по объему.
3. Многофазный континуум.
4. Среднеобъемные, среднемассовые и среднерасходные характеристики многофазной смеси.
5. Нахождение массовых, объемных и молярных долей газов. Относительных плотностей фаз.
6. Определение молярной массы, плотности жидкой фазы, плотности газовой фазы, динамической вязкости жидкой фазы, динамической вязкости газовой фазы, давления насыщения жидкой фазы.
7. Уравнения сохранения массы для каждой из фаз и смеси в целом (в интегральном и дифференциальном виде).
8. Понятие субстанциональной производной.
9. Интенсивность фазового перехода.
10. Тензор напряжений в двухфазной среде.
11. Функция давления в двухфазной среде. Условие совместного деформирования.
12. Сила межфазного взаимодействия.
13. Приток импульса за счет фазового перехода.
14. Межфазная сила за счет действия давлений (за счет расширения трубки тока).
15. Сила межфазного трения.
16. Среднемассовая скорость вещества, претерпевающего фазовый переход.
17. Уравнения движения фаз и смеси в целом.
18. Условие локального термодинамического равновесия.
19. Внутренняя энергия, кинетическая энергия и полная энергия фаз и смеси в целом.
20. Уравнения полной энергии фаз и смеси.
21. Межфазный обмен энергией (работа межфазных сил, теплопередача на межфазной границе, перенос энергии при фазовом переходе).
22. Первое начало термодинамики.
23. Первый закон термодинамики для однофазной и многофазной систем.
24. Уравнение кинетической энергии фаз и смеси в целом.
25. Уравнение внутренней энергии (притока тепла) для каждой из фаз.
26. Работа внутренних поверхностных сил.
27. Работа сил межфазного взаимодействия.
28. Уравнение притока тепла для многофазной смеси.
29. Условие на теплоперетоки на межфазных границах.
30. Уравнение состояния для давления и внутренней энергии для газовой и жидкой фаз.
31. Условие совместного деформирования.
32. Уравнения реологии.
33. Фазовая диаграмма вещества.
34. Уравнения кинетики фазовых переходов.
35. Выражение для межфазных сил и теплоперетоков.
36. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
37. Коэффициенты диссипации.
38. Условие согласования энтальпий на линии насыщения.

39. Критические параметры и критерии подобия
40. (Re, Gr, Ar, Ra, Pr, Pe, Zh, St, Nu, cf).
41. Основные свойства гомогенной и гетерогенной смеси.
42. Диффузионная модель механики многофазных сред.
43. Уравнение диффузии.
44. Переход от модели гетерогенной смеси к описанию гомогенной модели.
45. Определение критических параметров многофазных сред.
46. Расчет параметров при однократном разгазировании.
47. Параметры флюидов.
48. Определение величины газового фактора, коэффициента растворимости газа, давления насыщения газонасыщенной нефти, плотности кинематической и динамической вязкости газонасыщенной нефти.
49. Одномерные газожидкостные течения (основные характеристики течения).
50. Режимы течений в трубах.
51. Квазиодномерное течение в трубе. Осреднение по сечению потока. Коэффициенты корреляции.
52. Уравнения неразрывности фаз в случае квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения. Интенсивность процессов массообмена между фазами.
53. Уравнение движения фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения. Силы межфазного течения. Скорости на межфазных границах.
54. Уравнения притока тепла фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения. Коэффициенты диссипации.
55. Переход от двухскоростной модели квазиодномерного потока к двухфазной диффузионной модели в каналах. Дальнейшее упрощение модели для случая гомогенного течения (квазигомогенного) в каналах.
56. Модель стационарного квазигомогенного течения в каналах.
57. Пузырьковая, капельная, эмульсионная структура потока в вертикальных и горизонтальных трубах.
58. Квазигомогенная структура потока в вертикальных и горизонтальных трубах.
59. Определение объемной доли и критического расходного содержания воды в эмульсии .
60. Определение параметров эмульсии (плотность, вязкость) и параметров потока эмульсии в трубопроводе (средняя скорость, числа Вебера, Рейнольдса, параметры Ильюшина и Медведева).
61. Расчет потерь давления в трубопроводе при движении эмульсии.
62. Пробковая и расслоенная структура газожидкостной среды в горизонтальных и наклонных трубах.
63. Расслоенное течение жидкости и газа в цилиндрических трубах.
64. Уравнение баланса напоров.
65. Определение необходимого числа насосных станций.
66. Расчет часового расхода перекачки.
67. Определение рабочего давления на выходе головной перекачивающей станции.
68. Определение параметров фаз при условиях перекачки.
69. Расчет перепада давления в трубопроводе при движении газоземлюсионной смеси.
70. Способы сепарации газа, разрушения нефтяных эмульсий и обезвоживания нефти. Подбор типа и расчет необходимого количества сепараторов.
71. Определение основных параметров газожидкостных потоков в вертикальных трубах. Скорость газа.
72. Модифицированный параметр Фруда  $Fr^*$ .
73. Формулы для расчета минимальной скорости газа, обеспечивающей полный вынос жидкости в восходящем вертикальном газожидкостном потоке.

## **5. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине, в форме оценки работы на практических занятиях.

### **5.2. СОСТАВ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация по дисциплине по результатам семестрам по дисциплине проходит в форме зачета.

#### **5.2.1. Перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. Роль многофазной гидромеханики.
2. Классификация многофазных сред.
3. Основные принципы построения математических моделей. Гипотезы механики многофазных сред.
4. Осреднение по объему.
5. Многофазный континуум.
6. Среднеобъемные, среднемассовые и среднерасходные характеристики многофазной смеси.
7. Уравнения сохранения массы для каждой из фаз и смеси в целом (в интегральном и дифференциальном виде).
8. Понятие субстанциональной производной.
9. Интенсивность фазового перехода.
10. Тензор напряжений в двухфазной среде.
11. Функция давления в двухфазной среде.
12. Условие совместного деформирования.
13. Сила межфазного взаимодействия.
14. Приток импульса за счет фазового перехода.
15. Межфазная сила за счет действия давлений (за счет расширения трубки тока).
16. Сила межфазного трения.
17. Среднемассовая скорость вещества, претерпевающего фазовый переход.
18. Уравнения движения фаз и смеси в целом.
19. Условие локального термодинамического равновесия.
20. Внутренняя энергия, кинетическая энергия и полная энергия фаз и смеси в целом.
21. Уравнения полной энергии фаз и смеси. Межфазный обмен энергией (работа межфазных сил, теплопередача на межфазной границе, перенос энергии при фазовом переходе).
22. Первое начало термодинамики.
23. Первый закон термодинамики для однофазной и многофазной систем.
24. Уравнение кинетической энергии фаз и смеси в целом.
25. Уравнение внутренней энергии (притока тепла) для каждой из фаз.
26. Работа внутренних поверхностных сил.
27. Работа сил межфазного взаимодействия.
28. Уравнение притока тепла для многофазной смеси.
29. Условие на теплоперетоки на межфазных границах.

30. Уравнение состояния для давления и внутренней энергии для газовой и жидкой фаз.
31. Условие совместного деформирования.
32. Уравнения реологии.
33. Фазовая диаграмма вещества.
34. Уравнения кинетики фазовых переходов.
35. Выражение для межфазных сил и теплоперетоков.
36. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
37. Коэффициенты диссипации.
38. Условие согласования энтальпий на линии насыщения.
39. Основные свойства гомогенной и гетерогенной смеси.
40. Диффузионная модель механики многофазных сред.
41. Уравнение диффузии.
42. Переход от модели гетерогенной смеси к описанию гомогенной модели.
43. Одномерные газожидкостные течения (основные характеристики течения).
44. Режимы течений в трубах.
45. Квазиодномерное течение в трубе.
46. Уравнения неразрывности фаз в случае квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения.
47. Интенсивность процессов массообмена между фазами.
48. Уравнение движения фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения.
49. Уравнения притока тепла фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения.
50. Переход от двухскоростной модели квазиодномерного потока к двухфазной диффузионной модели в каналах.
51. Модель стационарного квазигомогенного течения в каналах.
52. Использование модели осредненного квазиодномерного течения для практического расчета работающей скважины.
53. Уравнения сохранения для квазигомогенной смеси.
54. Особенности расчета пробковых течений.

Фонд оценочных средств, перечень заданий для проведения промежуточной аттестации, а также методические указания для проведения промежуточной аттестации приводятся в Приложении 3 к рабочей программе.

6. -

6.1.

7

/	, ( , )	
1	- .: , 2012. - 248 .	
2	: . . . . 2012. - 54 .	

/	, ( , , )	
1	. ” . ” . ” . . . . .- : « , 2002.	

1. . « . ».

## 6.2. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

1. <http://www.scopus.com> – Поисковая система SciVerse (издательство «ELSEVIER»).
2. <http://www.sciencedirect.com> – Полнотекстовая база данных издательства «ELSEVIER» FREEDOM COLLECTION на платформе Science Direct;
3. <http://elibrary.ru> – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.
4. <http://n-t.ru> – Электронная библиотека «Наука и техника».
5. <http://www.tehlit.ru> – Электронная библиотека Тех.Лит.ру.
6. <http://www.chem.msu.ru> – Химическая информационная сеть «Наука. Образование. Технология».
7. <http://ru.wikipedia.org> – Электронная свободная энциклопедия.
8. <http://www.articleinweb.ru/>...processy...apparaty...tehnologii.html> – Процессы и аппараты химической технологии. Статьи. Обзоры
9. <http://www.edu.ru> – Каталог образовательных интернет-ресурсов.
10. <http://rsl.ru> – Полнотекстовые ресурсы библиотеки диссертаций РГБ;
11. <http://www2.viniti.ru> – Базы данных ВИНТИ;
12. <http://studentum.net> – Электронная библиотека учебников;
13. <http://www.oil-industry.ru> – Журнал «Нефтяное хозяйство».
14. <http://www.pipeline-science.ru> – Специализированный научный журнал «Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов».
15. <http://www.turbunist.ru/> – сайт о газовой промышленности;
16. <http://www.transneft.ru/> - сайт ОАО АК «Транснефть»;
17. <http://www.gazprom.ru/> - сайт ОАО «Газпром».

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1. Практические занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер / ноутбук, интерактивная доска);
- компьютерный класс на 10 посадочных мест;
- пакеты ПО общего назначения;
- наличие справочников и литературы по гидро- и термодинамическим расчетам.

### 2. Прочее:

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- ресурсы НТБ СамГТУ;
- ресурсы ИВЦ СамГТУ.

**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учебный год

УТВЕРЖДАЮ  
Декан НТФ

\_\_\_\_\_  
(подпись, расшифровка подписи)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20... г

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) .....
- 2) .....

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой).

ОДОБРЕНА на заседании методической комиссии факультета " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г."

Эксперты методической комиссии по УГНП

\_\_\_\_\_  
*шифр наименование личная подпись расшифровка подписи дата*

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой

\_\_\_\_\_  
*наименование кафедры личная подпись расшифровка подписи дата*

Декан

\_\_\_\_\_  
*наименование факультета, где производится обучение, личная подпись расшифровка подписи дата*

Начальник УВО

\_\_\_\_\_  
*личная подпись расшифровка подписи дата*

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Многофазные течения» относится к вариативной части блока 1 дисциплин учебного плана подготовки магистров по направлению 21.04.01 «Нефтегазовое дело». Дисциплина реализуется на нефтетехнологическом факультете ФГБОУ ВПО «СамГТУ» кафедрой «Трубопроводный транспорт».

В результате освоения указанной дисциплины выпускник должен обладать следующими компетенциями:

ПК-2: Способность использовать методологию научных исследований в профессиональной деятельности;

ПК-3: Способность планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с решением задач моделирования и анализа процессов течения многофазных углеводородных сред в каналах и трубопроводах.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме оценки работы на практических занятиях и промежуточный контроль в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа. Программой дисциплины предусмотрены практические занятия – 36 часов, 36 часов самостоятельной работы студента.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МНОГОФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ»

### 1. Виды самостоятельной работы по дисциплине

Целью самостоятельной работы по дисциплине является выполнение магистрантами большой индивидуальной работы, связанной с осмыслением теоретического материала по темам лекций и практических занятий, с умением использовать теоретические знания при решении задач на практических занятиях, при выполнении курсовой работы и т.п.

В образовательном процессе СамГТУ применяются два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – под руководством преподавателя и по его заданию;
- внеаудиторная – по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

В рамках дисциплины предусмотрено выполнение самостоятельной работы **без участия преподавателей:**

- подготовка к зачету;
- подготовка к практическим занятиям;

Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется путем устных опросов на практических занятиях. Кроме того, учебным планом и рабочей программой предусмотрена внеаудиторная контактная самостоятельная работа в форме консультаций при подготовке к практическим занятиям.

### 2. Подготовка к практическим занятиям

#### 2.1. Общие сведения

Подготовка к практическим занятиям предполагает проработку теоретического материала по лекциям, учебниками, первоисточниками, дополнительной литературе, периодическим изданиям, ресурсам сети Интернет и проч.

При изучении нового материала на лекциях, освещаются наиболее важные и сложные вопросы учебной дисциплины, вводится новый фактический материал. Поэтому к каждому практическому занятию студенты готовятся по следующей схеме:

- разобраться с основными положениями соответствующей темы, разобранными на лекциях;
- найти и изучить дополнительный материал по соответствующей теме по учебникам, первоисточникам, дополнительной литературе, периодическим изданиям, ресурсам сети Интернет и проч.

Работа с дополнительной учебной и научной литературой включает в себя составление плана текста; графическое изображение структуры текста; конспектирование текста; выписки из текста; работу со словарями и справочниками; ознакомление с нормативными документами; конспектирование научных статей заданной тематики.

#### 2.2. Перечень тем для подготовки к практическим занятиям

**Подготовка к практическому занятию № 1. «Физико-химические свойства газов и жидкостей. Характеристики многофазной смеси. Вычисление истинных и средних плотностей фаз и смеси в целом»**

1. Определение плотности, молекулярной массы, вязкости. Осреднение по объему.
2. Понятие многофазного континуума.
3. Среднеобъемные, среднемассовые и среднерасходные характеристики многофазной смеси.

4. Нахождение массовых, объемных и молярных долей газов. Относительных плотностей фаз.

**Подготовка к практическому занятию № 2. «Определение параметров нефтегазовых смесей по их компонентному составу»**

1. Определение молярной массы, плотности жидкой фазы, плотности газовой фазы.
2. Определение динамической вязкости жидкой фазы, динамической вязкости газовой фазы, давления насыщения жидкой фазы.

**Подготовка к практическому занятию № 3. «Уравнение неразрывности. Скорость фазового перехода. Уравнение импульса. Межфазные силы»**

1. Уравнения сохранения массы для каждой из фаз и смеси в целом (в интегральном и дифференциальном виде).
2. Понятие субстанциональной производной. Интенсивность фазового перехода. Тензор напряжений в двухфазной среде. Функция давления в двухфазной среде.
3. Условие совместного деформирования. Сила межфазного взаимодействия. Приток импульса за счет фазового перехода. Межфазная сила за счет действия давлений (за счет расширения трубки тока).
4. Сила межфазного трения. Среднемассовая скорость вещества, претерпевающего фазовый переход. Уравнения движения фаз и смеси в целом.

**Подготовка к практическому занятию № 4. «Уравнение энергии»**

1. Условие локального термодинамического равновесия. Внутренняя энергия, кинетическая энергия и полная энергия фаз и смеси в целом.
2. Уравнения полной энергии фаз и смеси.
4. Межфазный обмен энергией (работа межфазных сил, теплопередача на межфазной границе, перенос энергии при фазовом переходе).

**Подготовка к практическому занятию № 5. «Межфазный теплообмен»**

1. Первое начало термодинамики. Первый закон термодинамики для однофазной и многофазной систем.
2. Уравнение кинетической энергии фаз и смеси в целом. Уравнение внутренней энергии (притока тепла) для каждой из фаз. Работа внутренних поверхностных сил. Работа сил межфазного взаимодействия.
3. Уравнение притока тепла для многофазной смеси. Условие на теплоперетоки на межфазных границах.

**Подготовка к практическому занятию № 6. «Замыкающие соотношения. Уравнение состояния и кинетики»**

1. Уравнение состояния для давления и внутренней энергии для газовой и жидкой фаз.
2. Условие совместного деформирования.
3. Уравнения реологии. Фазовая диаграмма вещества. Уравнения кинетики фазовых переходов.
4. Выражение для межфазных сил и теплоперетоков. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Коэффициенты диссипации. Условие согласования энтальпий на линии насыщения.

**Подготовка к практическому занятию № 7. «Теория подобия»**

1. Критические параметры и критерии подобия ( $Re$ ,  $Gr$ ,  $Ar$ ,  $Ra$ ,  $Pr$ ,  $Pe$ ,  $Zh$ ,  $St$ ,  $Nu$ ,  $cf$ ).

**Подготовка к практическому занятию № 8. «Диффузионное приближение. Гомогенное приближение»**

1. Основные свойства гомогенной и гетерогенной смеси.
2. Диффузионная модель механики многофазных сред.
4. Уравнение диффузии.
5. Переход от модели гетерогенной смеси к описанию гомогенной модели.

**Подготовка к практическому занятию № 9. «Фазовое состояние углеводородных систем. Расчет параметров нефтегазовых и газоконденсатных смесей по результатам разгазирования проб»**

1. Определение критических параметров многофазных сред.
2. Расчет параметров при однократном разгазировании. Параметры флюидов.

3. Определение величины газового фактора, коэффициента растворимости газа, давления насыщения газонасыщенной нефти, плотности кинематической и динамической вязкости газонасыщенной нефти.

**Подготовка к практическому занятию № 10. «Гидродинамика квазиодномерных потоков в каналах»**

1. Одномерные газожидкостные течения (основные характеристики течения).
2. Режимы течений в трубах. Квазиодномерное течение в трубе. Осреднение по сечению потока. Коэффициенты корреляции.
3. Уравнения неразрывности фаз в случае квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения. Интенсивность процессов массообмена между фазами. Уравнение движения фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения.
4. Силы межфазного течения. Скорости на межфазных границах. Уравнения притока тепла фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения. Коэффициенты диссипации.

**Подготовка к практическому занятию № 11. «Модель квазигомогенного течения в каналах»**

1. Переход от двухскоростной модели квазиодномерного потока к двухфазной диффузионной модели в каналах.
2. Упрощение модели для случая гомогенного течения (квазигомогенного) в каналах.
3. Модель стационарного квазигомогенного течения в каналах.

**Подготовка к практическому занятию № 12. «Квазигомогенное течение в трубах»**

1. Пузырьковая, капельная, эмульсионная структура потока в вертикальных и горизонтальных трубах.
2. Квазигомогенная структура потока в вертикальных и горизонтальных трубах.

**Подготовка к практическому занятию № 13. «Гидравлический расчет трубопроводов транспортирующих нефтяные эмульсии»**

1. Определение объемной доли и критического расходного содержания воды в эмульсии.
2. Определение параметров эмульсии (плотность, вязкость) и параметров потока эмульсии в трубопроводе (средняя скорость, числа Вебера, Рейнольдса, параметры Ильюшина и Медведева).
3. Расчет потерь давления в трубопроводе при движении эмульсии.

**Подготовка к практическому занятию № 14. «Структурные формы течения газожидкостных смесей в горизонтальных трубах»**

1. Пробковая и расслоенная структура газожидкостной среды в горизонтальных и наклонных трубах.
2. Расслоенное течение жидкости и газа в цилиндрических трубах.

**Подготовка к практическому занятию № 15. «Технологический расчет изотермической перекачки нестабильных жидкостей»**

1. Уравнение баланса напоров.
2. Определение необходимого числа насосных станций. Расчет часового расхода перекачки.
3. Определение рабочего давления на выходе головной перекачивающей станции.

**Подготовка к практическому занятию № 16. «Гидравлический расчет трубопроводов транспортирующих газоэмульсионные смеси»**

1. Определение параметров фаз при условиях перекачки.
2. Расчет перепада давления в трубопроводе при движении газоэмульсионной смеси.
3. Подбор сепараторов.

**Подготовка к практическому занятию № 17. «Разделение многофазных смесей (сепарация)»**

1. Способы сепарации газа, разрушения нефтяных эмульсий и обезвоживания нефти.
2. Подбор типа и расчет необходимого количества сепараторов.

**Подготовка к практическому занятию № 18. «Газожидкостные потоки в вертикальных трубах»**

1. Определение основных параметров газожидкостных потоков в вертикальных трубах. Скорость газа. Модифицированный параметр Фруда  $Fr^*$ .

2. Формулы для расчета минимальной скорости газа, обеспечивающей полный вынос жидкости в восходящем вертикальном газожидкостном потоке.

Подробный перечень дидактических единиц по рассматриваемым вопросам приведён в разделе 3.2 Рабочей программы. Данные вопросы включены в Перечень вопросов для подготовки к зачету по дисциплине, приводимый в разделе 6.2 Рабочей программы.

2.3. Требования к представлению и оформлению результатов подготовки к практическим занятиям

Результатом выполненной самостоятельной работы по подготовке к практическим занятиям по дисциплине является, в первую очередь, конспект (краткое изложение) изученного теоретического материала по темам практических занятий. Особых требований к оформлению конспекта нет, кроме соответствия представленного материала вопросам для подготовки к практическим занятиям.

Одним из видов представления результатов выполнения самостоятельной работы, позволяющей студенту более полно освоить учебный материал, является подготовка сообщений (докладов) по темам практических занятий. Для иллюстрации текста доклада рекомендуется создание презентации. Создание презентации состоит из трех этапов:

- планирование презентации – многошаговая процедура, включающая определение целей, изучение аудитории, формирование структуры и логики подачи материала;
  - разработка презентации – методологические особенности подготовки слайдов презентации, включая вертикальную и горизонтальную логику, содержание и соотношение текстовой и графической информации;
  - репетиция презентации – проверка и отладка созданной презентации.
- Подготовка доклада и презентации производится по инициативе самого обучающегося.

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Самарский государственный технический университет»

**Нефтетехнологический факультет  
Кафедра Трубопроводный транспорт**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**текущего контроля и промежуточной аттестации**

**дисциплины «Многофазные течения»**

в составе основной образовательной программы по направлению подготовки:  
**21.04.01 Нефтегазовое дело**

по уровню высшего образования: **магистратура**

направленность (профиль) программы: **Трубопроводный транспорт углеводородов**

**Составитель:**

**к.т.н., доцент кафедры «ТТ»**

**А.А. Афиногентов**

Самара 2015г.

**1. Паспорт фонда оценочных средств  
по дисциплине Многофазные течения**

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции	Шифр дескриптора (описания компетенции)	Наименование оценочного средства
1	2	3	4	5
1	Раздел 1. Задачи феноменологической теории многофазного континуума	ПК-2,	3 (ПК-2) -1 <sup>2</sup>	Собеседование (устный опрос) Зачет
		ПК-3	3 (ПК-3) -1 <sup>2</sup>	
2	Раздел 2. Задачи термодинамики многофазных сред	ПК-2,	3 (ПК-2) -1 <sup>2</sup>	Собеседование (устный опрос) Зачет
		ПК-3	3 (ПК-3) -1 <sup>2</sup>	
3	Раздел 3. Модели течения многофазных сред в каналах и трубах	ПК-2,	У (ПК-2) -1 <sup>2</sup> ; В (ПК-2) -1 <sup>12</sup>	Собеседование (устный опрос) Зачет
		ПК-3	У (ПК-3) -1 <sup>2</sup> ; В (ПК-3) -1 <sup>2</sup>	

## 2. Матрица соответствия достижения запланированных показателей по дисциплине

### «Многофазные течения»

	Подготовка к практическим занятиям	Подготовка к зачету	Зачет		
			1 вопрос	2 вопрос	Итоговая оценка
	Виды СРС, предусмотренные рабочей программой дисциплины	Вопросы для зачета			
<b>ПК-2:</b> способность использовать методологию научных исследований в профессиональной деятельности	З (ПК-2) -1 <sup>2</sup> ; У (ПК-2) -1 <sup>2</sup> ; В (ПК-2) -1 <sup>2</sup>	З (ПК-2) -1 <sup>2</sup> ;	З (ПК-2) -1 <sup>2</sup> ;		З (ПК-2) -1 <sup>2</sup> ;
<b>ПК-3:</b> способность планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы	З (ПК-3) -1 <sup>2</sup> ; У (ПК-3) -1 <sup>2</sup> ; В (ПК-3) -1 <sup>2</sup>	З (ПК-3) -1 <sup>2</sup>		З (ПК-3) -1 <sup>2</sup>	З (ПК-3) -1 <sup>2</sup>

### 3. Критерии оценивания достижений студентом запланированных результатов обучения

Оценка	Критерии
«отлично»	<i>Выставляется, если уровень сформированности заявленных компетенций по 80 и более % дескрипторов (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается на уровнях «4» и «5», при условии отсутствия уровней «1»-«3»: студент показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов анализа конкретных ситуаций</i>
«хорошо»	<i>Выставляется, если уровень сформированности заявленных компетенций по 60 и более % дескрипторов (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается на уровнях «4» и «5», при условии отсутствия уровней «1»-«2»: студент показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных ситуаций</i>
«удовлетворительно»	<i>Выставляется, если уровень сформированности заявленных компетенций по 60 и более % дескрипторов (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается на уровнях «3»-«5»: студент показал знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой</i>
«неудовлетворительно»	<i>Выставляется, если уровень сформированности заявленных компетенций менее чем по 60 % дескрипторов (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается на уровнях «3»-«5»: При ответе студента выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины</i>

## Вопросы для собеседования (устного опроса)

**Практическое занятие № 1. «Физико-химические свойства газов и жидкостей. Характеристики многофазной смеси. Вычисление истинных и средних плотностей фаз и смеси в целом»**

1. Определение плотности, молекулярной массы, вязкости. Осреднение по объему.
2. Понятие многофазного континуума.
3. Среднеобъемные, среднемассовые и среднерасходные характеристики многофазной смеси.
4. Нахождение массовых, объемных и молярных долей газов. Относительных плотностей фаз.

**Практическое занятие № 2. «Определение параметров нефтегазовых смесей по их компонентному составу»**

1. Определение молярной массы, плотности жидкой фазы, плотности газовой фазы.
2. Определение динамической вязкости жидкой фазы, динамической вязкости газовой фазы, давления насыщения жидкой фазы.

**Практическое занятие № 3. «Уравнение неразрывности. Скорость фазового перехода. Уравнение импульса. Межфазные силы»**

1. Уравнения сохранения массы для каждой из фаз и смеси в целом (в интегральном и дифференциальном виде).
2. Понятие субстанциональной производной. Интенсивность фазового перехода. Тензор напряжений в двухфазной среде. Функция давления в двухфазной среде.
3. Условие совместного деформирования. Сила межфазного взаимодействия. Приток импульса за счет фазового перехода. Межфазная сила за счет действия давлений (за счет расширения трубки тока).
4. Сила межфазного трения. Среднемассовая скорость вещества, претерпевающего фазовый переход. Уравнения движения фаз и смеси в целом.

**Практическое занятие № 4. «Уравнение энергии»**

1. Условие локального термодинамического равновесия. Внутренняя энергия, кинетическая энергия и полная энергия фаз и смеси в целом.
2. Уравнения полной энергии фаз и смеси.
4. Межфазный обмен энергией (работа межфазных сил, теплопередача на межфазной границе, перенос энергии при фазовом переходе).

**Практическое занятие № 5. «Межфазный теплообмен»**

1. Первое начало термодинамики. Первый закон термодинамики для однофазной и многофазной систем.
2. Уравнение кинетической энергии фаз и смеси в целом. Уравнение внутренней энергии (притока тепла) для каждой из фаз. Работа внутренних поверхностных сил. Работа сил межфазного взаимодействия.
3. Уравнение притока тепла для многофазной смеси. Условие на теплоперетоки на межфазных границах.

**Практическое занятие № 6. «Замыкающие соотношения. Уравнение состояния и кинетики»**

1. Уравнение состояния для давления и внутренней энергии для газовой и жидкой фаз.
2. Условие совместного деформирования.
3. Уравнения реологии. Фазовая диаграмма вещества. Уравнения кинетики фазовых переходов.
4. Выражение для межфазных сил и теплоперетоков. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Коэффициенты диссипации. Условие согласования энтальпий на линии насыщения.

**Практическое занятие № 7. «Теория подобия»**

1. Критические параметры и критерии подобия ( $Re$ ,  $Gr$ ,  $Ar$ ,  $Ra$ ,  $Pr$ ,  $Pe$ ,  $Zh$ ,  $St$ ,  $Nu$ ,  $cf$ ).

**Практическое занятие № 8. «Диффузионное приближение. Гомогенное приближение»**

1. Основные свойства гомогенной и гетерогенной смеси.
2. Диффузионная модель механики многофазных сред.
4. Уравнение диффузии.
5. Переход от модели гетерогенной смеси к описанию гомогенной модели.

**Практическое занятие № 9. «Фазовое состояние углеводородных систем. Расчет параметров нефтегазовых и газоконденсатных смесей по результатам разгазирования проб»**

1. Определение критических параметров многофазных сред.
2. Расчет параметров при однократном разгазировании. Параметры флюидов.
3. Определение величины газового фактора, коэффициента растворимости газа, давления насыщения газонасыщенной нефти, плотности кинематической и динамической вязкости газонасыщенной нефти.

**Практическое занятие № 10. «Гидродинамика квазиодномерных потоков в каналах»**

1. Одномерные газожидкостные течения (основные характеристики течения).
2. Режимы течений в трубах. Квазиодномерное течение в трубе. Осреднение по сечению потока. Коэффициенты корреляции.
3. Уравнения неразрывности фаз в случае квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения. Интенсивность процессов массообмена между фазами. Уравнение движения фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения.
4. Силы межфазного течения. Скорости на межфазных границах. Уравнения притока тепла фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения. Коэффициенты диссипации.

**Практическое занятие № 11. «Модель квазигомогенного течения в каналах»**

1. Переход от двухскоростной модели квазиодномерного потока к двухфазной диффузионной модели в каналах.
2. Упрощение модели для случая гомогенного течения (квазигомогенного) в каналах.
3. Модель стационарного квазигомогенного течения в каналах.

**Практическое занятие № 12. «Квазигомогенное течение в трубах»**

1. Пузырьковая, капельная, эмульсионная структура потока в вертикальных и горизонтальных трубах.
2. Квазигомогенная структура потока в вертикальных и горизонтальных трубах.

**Практическое занятие № 13. «Гидравлический расчет трубопроводов транспортирующих нефтяные эмульсии»**

1. Определение объемной доли и критического расходного содержания воды в эмульсии.
2. Определение параметров эмульсии (плотность, вязкость) и параметров потока эмульсии в трубопроводе (средняя скорость, числа Вебера, Рейнольдса, параметры Ильюшина и Медведева).
3. Расчет потерь давления в трубопроводе при движении эмульсии.

**Практическое занятие № 14. «Структурные формы течения газожидкостных смесей в горизонтальных трубах»**

1. Пробковая и расслоенная структура газожидкостной среды в горизонтальных и наклонных трубах.
2. Расслоенное течение жидкости и газа в цилиндрических трубах.

**Практическое занятие № 15. «Технологический расчет изотермической перекачки нестабильных жидкостей»**

1. Уравнение баланса напоров.
2. Определение необходимого числа насосных станций. Расчет часового расхода перекачки.
3. Определение рабочего давления на выходе головной перекачивающей станции.

**Практическое занятие № 16. «Гидравлический расчет трубопроводов транспортирующих газоэмульсионные смеси»**

1. Определение параметров фаз при условиях перекачки.
2. Расчет перепада давления в трубопроводе при движении газоэмульсионной смеси.
3. Подбор сепараторов.

**Практическое занятие № 17. «Разделение многофазных смесей (сепарация)»**

1. Способы сепарации газа, разрушения нефтяных эмульсий и обезвоживания нефти.
2. Подбор типа и расчет необходимого количества сепараторов.

**Практическое занятие № 18. «Газожидкостные потоки в вертикальных трубах»**

1. Определение основных параметров газожидкостных потоков в вертикальных трубах. Скорость газа. Модифицированный параметр Фруда  $Fr^*$ .
2. Формулы для расчета минимальной скорости газа, обеспечивающей полный вынос жидкости в восходящем вертикальном газожидкостном потоке.

**Перечень вопросов для промежуточной аттестации  
(зачет)**

1. Роль многофазной гидромеханики.
2. Классификация многофазных сред.
3. Основные принципы построения математических моделей. Гипотезы механики многофазных сред.
4. Осреднение по объему.
5. Многофазный континуум.
6. Среднеобъемные, среднемассовые и среднерасходные характеристики многофазной смеси.
7. Уравнения сохранения массы для каждой из фаз и смеси в целом (в интегральном и дифференциальном виде).
8. Понятие субстанциональной производной.
9. Интенсивность фазового перехода.
10. Тензор напряжений в двухфазной среде.
11. Функция давления в двухфазной среде.
12. Условие совместного деформирования.
13. Сила межфазного взаимодействия.
14. Приток импульса за счет фазового перехода.
15. Межфазная сила за счет действия давлений (за счет расширения трубки тока).
16. Сила межфазного трения.
17. Среднемассовая скорость вещества, претерпевающего фазовый переход.
18. Уравнения движения фаз и смеси в целом.
19. Условие локального термодинамического равновесия.
20. Внутренняя энергия, кинетическая энергия и полная энергия фаз и смеси в целом.
21. Уравнения полной энергии фаз и смеси. Межфазный обмен энергией (работа межфазных сил, теплопередача на межфазной границе, перенос энергии при фазовом переходе).
22. Первое начало термодинамики.
23. Первый закон термодинамики для однофазной и многофазной систем.
24. Уравнение кинетической энергии фаз и смеси в целом.
25. Уравнение внутренней энергии (притока тепла) для каждой из фаз.
26. Работа внутренних поверхностных сил.
27. Работа сил межфазного взаимодействия.
28. Уравнение притока тепла для многофазной смеси.
29. Условие на теплоперетоки на межфазных границах.
30. Уравнение состояния для давления и внутренней энергии для газовой и жидкой фаз.
31. Условие совместного деформирования.
32. Уравнения реологии.
33. Фазовая диаграмма вещества.

34. Уравнения кинетики фазовых переходов.
35. Выражение для межфазных сил и теплоперетоков.
36. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
37. Коэффициенты диссипации.
38. Условие согласования энтальпий на линии насыщения.
39. Основные свойства гомогенной и гетерогенной смеси.
40. Диффузионная модель механики многофазных сред.
41. Уравнение диффузии.
42. Переход от модели гетерогенной смеси к описанию гомогенной модели.
43. Одномерные газожидкостные течения (основные характеристики течения).
44. Режимы течений в трубах.
45. Квазиодномерное течение в трубе.
46. Уравнения неразрывности фаз в случае квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения.
47. Интенсивность процессов массообмена между фазами.
48. Уравнение движения фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения.
49. Уравнения притока тепла фаз для квазиодномерного дисперсно-кольцевого течения.
50. Переход от двухскоростной модели квазиодномерного потока к двухфазной диффузионной модели в каналах.
51. Модель стационарного квазигомогенного течения в каналах.
52. Использование модели осредненного квазиодномерного течения для практического расчета работающей скважины.
53. Уравнения сохранения для квазигомогенной смеси.
54. Особенности расчета пробковых течений.

**Примерная структура билета для зачета**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего профессионального образования  
 «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Трубопроводный транспорт»

**БИЛЕТ № 1**

по дисциплине \_\_\_\_\_ **Многофазные течения** \_\_\_\_\_  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки \_\_\_\_\_ **21.04.01** \_\_\_\_\_ Факультет \_\_\_\_\_ **НТФ** \_\_\_\_\_ Семестр \_\_\_\_\_ **2** \_\_\_\_\_  
(шифр) (наименование факультета) (номер)

1. Классификация многофазных сред.
2. Условие локального термодинамического равновесия.

Составитель:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ доцент А.А. Афиногентов

\_\_\_\_\_ В.К. Тян

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МНОГОФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ»

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Самостоятельное изучение теоретического материала, выступление с докладом по результатам подготовки к практическим занятиям с представлением иллюстративного материала в виде презентации Microsoft PowerPoint.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на рекомендуемую литературу, материалы практических занятий.

### 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

**Практическое занятие** — форма организации обучения, которая направлена на формирование практических умений и навыков и является связующим звеном между самостоятельным теоретическим освоением студентами учебной дисциплины и применением ее положений на практике.

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении управленческих задач, выполнении заданий, разработке и оформлении документов, практического овладения компьютерными технологиями. Главным их содержанием является практическая работа каждого студента.

Подготовка студентов к практическому занятию – один из видов самостоятельной работы в рамках данной дисциплины. Подготовка производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий. Данная информация доводится до студентов заранее. По желанию обучающихся, они могут не только составить конспект по материалам подготовки к практическому занятию, но и подготовить доклад по соответствующей теме, которая формулируется самим обучающимся и согласуется с преподавателем. Доклад иллюстрируется с помощью презентации Microsoft PowerPoint. Рекомендации по выполнению самостоятельной работы представлены в соответствующих методических указаниях.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале занятия. Предварительно преподаватель проводит устный опрос по материалам подготовки к практическому занятию.

Практические занятия составляют значительную часть всего объема аудиторных занятий и имеют важнейшее значение для усвоения программного материала. Выполняемые задания могут быть:

- 1) иллюстрацией теоретического материала и носить воспроизводящий характер; они выявляют качество понимания студентами теории;
- 2) образцами задач и примеров, разобранных в аудитории; для самостоятельного выполнения требуется, чтобы студент овладел показанными методами решения;
- 3) видом заданий, содержащим элементы творчества; одни из них требуют от студента обобщений, для их выполнения необходимо привлекать ранее приобретенный опыт, устанавливая внутрисубъектные и межпредметные связи; решение других требует дополнительных знаний, которые студент должен приобрести самостоятельно; третьи предполагают наличие у студента некоторых исследовательских умений;

4) может применяться выдача индивидуальных или опережающих заданий на различный срок, определяемый преподавателем, с последующим представлением их для проверки в указанный срок.

По данной дисциплине предусмотрено проведение 18 практических занятий длительностью 2 академических часа каждое. Темы практических занятий приведены в Разделе 3.2 Рабочей программы.

В начале занятия рассматриваются основные теоретические положения, положенные в основу занятия. Обращается внимание на основные понятия, расчетные формулы, алгоритмы, практическую значимость рассматриваемых вопросов. Далее студентам предлагаются определенные условия (задачи), для которых требуется выполнить расчет определенных параметров или выработать определенные технологические решения. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения, или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

Материалы практических занятий используются студентами при подготовке к зачету.

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Поскольку учебная дисциплина призвана формировать несколько дескрипторов компетенций, процедура оценивания реализуется поэтапно:

**1-й этап:** оценивание уровня достижения каждого из запланированных результатов обучения – дескрипторов (знаний, умений, владений) в соответствии со шкалами и критериями, установленными картами компетенций ОПОП (Приложение к ОПОП 1-4). Экспертной оценке преподавателя подлежат уровни сформированности отдельных дескрипторов, для оценивания которых предназначена данная оценочная процедура текущего контроля или промежуточной аттестации согласно матрице соответствия оценочных средств результатам обучения по дисциплине (раздел 3 Фонда оценочных средств).

**2-й этап:** интегральная оценка достижения обучающимся запланированных результатов обучения по итогам отдельных видов текущего контроля и промежуточной аттестации.

#### Характеристика процедур текущего и итогового контроля по дисциплине:

№	Наименование оценочного средства*	Периодичность и способ проведения процедуры оценивания	Методы оценивания	Виды выставляемых оценок	Способ учета индивидуальных достижений обучающихся
1.	Зачет	раз в семестр, по окончании изучения дисциплины	экспертный	зачтено /не зачтено	ведомость, зачетная книжка и учебная карточка, индивидуальный план, портфолио
2.	Отчет по практическим занятиям (собеседование);	систематически на занятиях	экспертный, групповая оценка, взаимооценка, самооценка	зачтено /не зачтено	журнал учета успеваемости

\* указываются все виды проверки дескрипторов, указанных в паспорте ФОС, при желании можно добавить свое

Удовлетворительная оценка по дисциплине, может выставляться и при неполной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других учебных дисциплин.