

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДЕНО:
на заседании кафедры геофизики,
протокол от «03» марта 2022 г.
№ 7

Зав. кафедрой



/ Р.А. Валиуллин

СОГЛАСОВАНО:
Директор Физико-технического
института

 /И.Ф. Шарафуллин
«03» марта 2022 г.

**УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ
ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ
В АСПИРАНТУРЕ**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Тепломассоперенос в многокомпонентных смесях»

Вариативная часть, дисциплины по выбору

Направление подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия»

Направленность подготовки Теплофизика и теоретическая теплотехника

Подготовка кадров высшей квалификации (аспирантура)

Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная, заочная

Уфа, 2022 г.

Составитель: профессор кафедры геофизики, д.ф.-м.н. Р.Ф.Шарафутдинов



Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины (обновлены перечень основной и дополнительной литературы и лицензионное программное обеспечение), приняты на заседании кафедры геофизики, протокол от «03» марта 2022 г. № 7.

Заведующий кафедрой



/ Р.А.Валиуллин

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП
2. Цели и место дисциплины в структуре ОПОП
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
 - 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
 - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
 - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине
 - Приложение № 1. Содержание рабочей программы (очная форма)
 - Приложение № 2. Содержание рабочей программы (заочная форма)

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы
(с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Знать основные положения теории теплопереноса в многокомпонентных системах и механизмы формирования физических полей при теплопереносе в многокомпонентных системах	ПК-1 способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств ПК-2 способностью применять при решении практических задач технико-технологического характера в теплотехнике и в смежных отраслях методологии теории теплопереноса	
Умения	Уметь сформулировать и решать задачи о теплопереносе в многокомпонентных системах при наличии фазовых переходов. Уметь моделировать фазовое состояние флюидов углеводородной залежи	ПК-1 способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств ПК-2 способностью применять при решении практических задач технико-технологического	

		характера в тепло-технике и в смежных отраслях методологии теории теплопереноса	
Владения (навыки / опыт деятельности)	<p>Владеть навыками анализа процессов теплопереноса в многокомпонентных системах на качественном и количественном уровнях</p> <p>Владеть навыками использования алгоритмов и расчетными схемами моделирования многокомпонентных систем</p> <p>Владеть навыками интерпретации данных термогидродинамических исследований скважин при многофазных потоках</p>	<p>ПК-1 способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств</p> <p>ПК-2 способностью применять при решении практических задач технико-технологического характера в тепло-технике и в смежных отраслях методологии теории теплопереноса</p>	

2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Тепломассоперенос в многокомпонентных смесях» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

Целью дисциплины является подготовка высококвалифицированного специалиста в области моделирования процессов тепло- массопереноса в различных технологических установках и в природных средах.

В процессе обучения по данной дисциплине аспирант углубляет свои знания о физических сущности процессов тепло- массопереноса, получить знания, умения и владения по моделированию этих процессов. Осваивает различные методики расчета тепло- массопереноса в различных промышленных установках и прогнозирования технологических показателей.

Данная дисциплина относится к разделу Блок 1. Вариативная часть.

Теория тепло- массопереноса многокомпонентных средах– интенсивно развивающаяся область науки, комплексно использующая важные положения механики гетерогенных сред, термодинамики, молекулярной физики. Для успешного освоения данной дисциплины необходимы фундаментальные знания в области физики, теоретической физики, математики, механики сплошной среды и основы численных методов, полученные в высшем учебном заведении.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование профессиональной компетенции: ПК-3 – использовать при решении задач теплопередачи и теплотехники современных программных комплексов и численных методов.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы по очной форме представлено в Приложении № 1.

Содержание рабочей программы по заочной форме представлено в Приложении № 2.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ПК-1 – способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (Пороговый уровень)	Знать основные положения теории теплопереноса в многокомпонентных системах	Отрывочные знания в области	Неполные знания базовых теоретических положений теории теплопереноса в многокомпонентных системах для решения профессиональных задач	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания базовых теоретических положений теории теплопереноса в многокомпонентных системах для решения профессиональных задач	Сформированные систематизированные знания базовых теоретических положений теории теплопереноса в многокомпонентных системах для решения профессиональных задач
Второй этап (Базовый уровень)	Уметь сформулировать и решать задачи о теплопереносе в многокомпонентных системах при наличии фазовых переходов. Уметь моделировать фазовое состояние флюидов углеводородной залежи	Отрывочные умения	Неполные умения	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения	Сформированы умения
Третий этап (Повышенный)	Владеть навыками анализа процессов теплопереноса	Отсутствуют навыки	В целом успешное, но не систематич-	В целом успешное, но содер-	Успешное владение навыками

ный уровень)	В многокомпонентных системах на качественном и количественном уровнях Владеть навыками использования алгоритмов и расчетными схемами моделирования многокомпонентных систем		ческое владение навыками	жащее отдельные пробелы навыки	
--------------	---	--	--------------------------	--------------------------------	--

ПК-2 - способностью применять при решении практических задач технико-технологического характера в теплотехнике и в смежных отраслях методологии теории тепломассопереноса

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (Пороговый уровень)	Знать применение на практике основных методов теории тепломассопереноса	Отсутствие знаний	Неполные знания базовых теоретических положений теории тепломассопереноса для решения профессиональных задач	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания базовых теоретических положений теории тепломассопереноса для решения профессиональных задач	Сформированные систематизированные знания базовых теоретических положений теории тепломассопереноса для решения профессиональных задач
Второй этап (Базовый уровень)	Уметь применять на практике знания в области теории тепломас-	Отсутствие умений	Неполные умения решать основные задачи тепломассопереноса в много-	Сформированные, но содержащие отдельные	Сформированные систематизирован-

	сопереноса в многокомпонентных системах		компонентных системах	пробелы умения решать основные задачи теплопереноса в многокомпонентных системах	ные умения решать основные задачи теплопереноса в многокомпонентных системах
Третий этап (Повышенный уровень)	Владеть понятиями аппаратом и методами теории теплопереноса в многокомпонентных системах для использования их на практике Владеть навыками интерпретации данных термодинамических исследований скважин при многофазных потоках	Не владеет	Отрывочные владения понятиями аппаратом и методами теории теплопереноса в многокомпонентных системах	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы владения понятиями и методами теории теплопереноса в многокомпонентных системах	Сформированные и систематизированные владения понятиями аппаратом и методами теории теплопереноса в многокомпонентных системах

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать основные положения теории теплопереноса в многокомпонентных системах	ПК-1 способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием	Индивид.проверка конспектов.

		современных информационных технологий и аппаратных средств	
	Знать применение на практике основных методов теории теплопереноса в многокомпонентных системах	ПК-2 способностью применять при решении практических задач технико-технологического характера в теплотехнике и в смежных отраслях методологии теории теплопереноса	
2-й этап Умения	Уметь сформулировать и решать задачи о теплопереносе в многокомпонентных системах при наличии фазовых переходов. Уметь моделировать фазовое состояние флюидов углеводород	ПК-1 способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств	Индивид.проверка конспектов.
	Уметь применять на практике знания в области теории теплопереноса	ПК-2 способностью применять при решении практических задач технико-технологического характера в теплотехнике и в смежных отраслях методологии теории теплопереноса	
3-й этап Владеть навыками	Владеть навыками анализа процессов теплопереноса в многокомпонентных системах на качественном и количественном уровнях Владеть навыками использования алгоритмов и расчетными схемами моделирования многокомпонентных систем	ПК-1 способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств	Индивид.проверка заданий по самостоятельной работе. Контрольная работа по задачам.
	Владеть понятийным аппаратом и методами теории теплопереноса в	ПК-2 способностью применять при решении практических за-	

	<p>многокомпонентных системах для использования их на практике Владеть навыками интерпретации данных термодинамических исследований скважин при многофазных потоках</p>	<p>дач технико-технологического характера в теплотехнике и в смежных отраслях методологии теории теплопереноса</p>	
--	--	--	--

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий по самостоятельной работе, дискуссии на лекционном и практических занятиях по прочитанной литературе. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – письменная работа. Аттестация по итогам освоения дисциплины – экзамен.

Содержание лекционных занятий:

Лекция1. Многофазная фильтрация. Механистический и термодинамический подходы к моделированию многокомпонентной, многофазной фильтрации в пористой среде месторождений нефти и газа. Системы уравнений тепло- и массопереноса при многофазной фильтрации. Режимы течения. Структура многофазного течения. Течение в горизонтальном участке скважины, вертикальной скважине. Теплообмен при вынужденном ламинарном течении жидкости. (2 часа)

Практическая работа 1. Моделирование режимов течения многофазных систем в скважинах. Расчеты при пробковом и снарядном режимах. (2 часа)

Практическая работа 2. Расчеты теплообмена в системе скважина - пласт. (2 часа)

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа аспиранта включает в себя следующие виды самостоятельной работы:

Самостоятельная работа с литературой и изучение материала согласно рабочей программы дисциплины, составление кратких конспектов и решение задач.

Самостоятельная интерпретация реального скважинного материала и анализ эффективности применяемых современных геофизических методов для решения геофизических задач при контроле за разработкой нефтяных и газовых месторождений.

Контрольно-оценочные материалы, формы и критерии контроля знаний

Текущий контроль

Текущий контроль по теоретическому материалу части материала (лекционному и материалу самостоятельного изучения) проводится в форме письменной работы в виде ответов на поставленные преподавателем вопросов. Это основные определения, понятия, законы и теоремы, вопросы на понимание физической сути изучаемых процессов.

Текущий контроль по теоретическому материалу части материала (лекционному и материалу самостоятельного изучения) проводится также в форме тестовых заданий, пример которых приведен ниже.

Текущий контроль по практическим занятиям проводится в форме контроля выполнения самостоятельной работы по моделированию многофазной фильтрации.

Критерии оценки текущего контроля

Письменная работа и тестовое задание по теоретическому материалу зачтены при

правильном выполнении не менее 60 % теоретической части.

Выполнение задач по моделированию засчитано, если задача решена полностью. При неправильном выполнении в индивидуальной беседе ведется поиск правильного направления решения. Далее аспирант должен самостоятельно завершить задачу до получения окончательного правильного решения и представленного грамотно оформленного заключения.

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена по теоретическому материалу. Аспирант допущен до экзамена при засчитанной письменной работе по теоретическому материалу и при сданных правильно решенных задачах самостоятельной работы.

Примерные задачи для самостоятельной работы

1. Расчет режимов течения для нефти и газа (угол наклона скважины 45 град)
2. Расчет коэффициента теплообмена в скважине для расхода 50 м.куб/сут (порода песчаник, жидкость-вода)
3. Составление уравнений неразрывности для процесса изотермического вытеснения нефти водой в функциях Баклея-Левверетта
4. Составление уравнений неразрывности и энергии для процесса неизотермического вытеснения нефти водой в функциях Баклея-Левверетта
5. Составить расчетную схему для вычисления насыщенности по схеме «явный левый уголок»
6. Рассчитать температуру при разгазировании нефти для стационарного теплового поля (Давление насыщения 80 атм, забойное давление 50 атм, пластовое давление 100 атм)
7. Рассчитать равновесную массовую концентрацию растворенного газа в нефти по закону Генри (давление насыщения 80 атм, коэффициент Генри 1.5 м.куб/м.куб атм, плотность нефти 800 кг/м.куб, плотность газа 80 кг/м.куб)
8. Рассчитать скорость потока дрейфа для газа в скважине заполненной водой (давление 100 атм, температура 50 град)
9. Обосновать возможность пренебрежения теплопроводностью по пути фильтрации нефти в пористой среде (порода песчаник)
10. Составить программу расчета и провести расчеты по вытеснению нефти водой по уравнениям Баклея-Левверетта (пористая среда песчаник, фазовые проницаемости для нефти= S^2 , для воды = $1-S^2$, вязкость нефти 2 сПз)

Пример тестовых заданий

- 1) Выберите правильный ответ для закона фильтрации с предельным градиентом.

а) $w_i = -\frac{k}{\mu} \left(1 - \frac{\gamma}{|gradp|}\right) \frac{\partial p}{\partial x_i} n_{pi} gradp \geq \gamma$
 $w_i = 0 \quad n_{pi} |gradp| \leq \gamma$

$$\text{б) } w_i = -\frac{k}{\mu} \left(1 - \frac{\gamma}{|\text{grad}p|}\right) \frac{\partial p}{\partial x_i} n_{pi} |\text{grad}p| \geq \gamma$$

$$w_i = 0 \quad n_{pi} |\text{grad}p| \leq \gamma$$

$$\text{в) } w_i = -\frac{k}{\mu} \left(1 - \frac{\gamma}{|\text{grad}p|}\right) \frac{\partial p}{\partial x_i} n_{pi} |\text{grad}p| \leq \gamma$$

$$w_i = 0 \quad n_{pi} |\text{grad}p| \leq \gamma$$

$$\text{г) } w_i = -\frac{k}{\mu} \left(\frac{\gamma}{|\text{grad}p|}\right) \frac{\partial p}{\partial x_i} n_{pi} |\text{grad}p| \geq \gamma$$

$$w_i = 0 \quad n_{pi} |\text{grad}p| \leq \gamma$$

2) Проявляется ли капиллярный эффект в скважине?

- а) да

- б) нет

- в) да, при высоком давлении

- г) да, при давлениях ниже давления насыщения нефти газом

3) Укажите правильный вариант для определения насыщенности фаз

- а) $S_i = \frac{\Delta V_i}{\Delta V_{пор}}$

- б) $S_i = \frac{\Delta V_i}{\Delta V}$

- в) $S_i = \frac{C_{ik} \Delta V_i}{\Delta V_{пор}}$

- г) $S_i = \frac{\Delta C_i}{\sum C_i}$

Здесь ΔV_i -объем фазы, $\Delta V_{пор}$ -объем пор, ΔV -объем пор плюс скелета, C_i -массовая концентрация i-ой фазы.

4) Когда происходит разгазирование флюида в скважине?

- а) при полном отсутствии нефти

- б) при 100 содержании воды

- в) при снижении давления ниже давления насыщения нефти газом

- г) при течении не менее трех фаз при давлениях выше давления насыщения

5) Жидкости при дросселировании

- а) охлаждаются

- б) нагреваются

- в) испаряются

- г) кристаллизируются

6) При разгазировании нефти происходит

- а) повышение температуры системы

- б) понижение температуры

- в) температура не меняется

- г) кристаллизация

1) Какой режим течения в гидродинамическом пограничном слое определяется числом Рейнольдса: $Re < 10^4$

а) турбулентный

б) ламинарный

в) переходной

г) нет правильного ответа

2) Какой режим течения в гидродинамическом пограничном слое определяется числом Рейнольдса: $Re > 4 \cdot 10^6$

- а) турбулентный
 - б) ламинарный
 - в) переходной
 - г) нет правильного ответа
- 4) Что представляет собой распределение скоростей при ламинарном изотермическом течении в любом сечении стабилизированного потока жидкости?**
- а) гиперболу
 - б) квадратичную параболу
 - в) прямую линию
 - г) экспоненциальную функцию
- 5) Как меняется скорость жидкости по всему сечению в ядре потока при турбулентном режиме?**
- а) практически одинакова
 - б) возрастает
 - в) убывает
 - г) возрастает, затем убывает
- 6) Выберите неверный ответ: Вязкостный режим характерен ...**
- а) для течения вязких жидкостей
 - б) в трубах малого диаметра с высокой скоростью
 - в) в трубах большого диаметра
 - г) при небольших температурных напорах
- 9) Типы потока в вертикальной скважине:**
- а) Пузырьковый и пробковый
 - б) Эмульсионный, пробковый и кольцевой
 - с) Пузырьковый, пробковый, эмульсионный и кольцевой
 - д) Пузырьковый, пробковый, эмульсионный, кольцевой и пар
- 10) Равномерное распределение газовой фазы в виде отдельных пузырьков относится к:**
- а) Кольцевому режиму
 - б) Эмульсионному
 - с) Пузырьковому
 - д) Пробковому
- 11) Пузырьки Тейлора образуются в:**
- а) Пузырьковом режиме
 - б) Пробковом режиме
 - с) Эмульсионном режиме
 - д) Кольцевом режиме

Примерные критерии оценивания ответа на экзамене:

5 баллов (отлично) выставляется аспиранту, если он дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Аспирант без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок.

4 балла (хорошо) выставляется, если аспиранту, если он раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки.

3 (удовлетворительно) выставляется аспиранту, если при ответе на теоретические вопросы им допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Аспирант не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки.

2 (неудовлетворительно) выставляется аспиранту, если ответы на теоретические вопросы свидетельствуют о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Аспирант не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды. М.Геотар-Медиа 2014, 640с.
2. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. - М. ; Л. : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 678 с. : ил. - ISBN 978-5-4475-1896-7 ;[Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256639>.
3. Ландау, Л.Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика. Т.6. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. –М.: Наука. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83193&razdel=10555>
4. Хабибуллин И.Л. Физика сплошных сред в примерах и задачах. РИЦ БашГУ, 2013. — Электрон. версия печ. публикации. — Доступ возможен через Электронный читальный зал (ЭЧЗ). — <URL: <https://bashedu.bibliotech.ru/Reader/Book/2013051610204192915200003261>>

Дополнительная литература:

1. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 010701 "Фундаментальная математика и механика" и 010800 "Механика и математическое моделирование" / Р.И. Нигматуллин. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. — 639 с.
2. Шабловский О. Н. Динамика вихрей и теплоперенос в потоке вязкой жидкости / О. Н. Шабловский. — Гомель : Гомельский гос. технич. ун-т им. П. О. Сухого, 2001. — 142 с.
3. Седов Л. И. Механика сплошной среды : в 2 т. / Л. И. Седов ; Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова. — Изд. 6-е, стер. — СПб. : Лань, — (Классический университетский учебник) .Т. 1. — 2004. — 528 с.; Т. 2. — 2004. — 560 с.
4. Басниев С.К. Нефтегазовая гидромеханика : учебник / К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Г. Д. Розенберг. — Изд. 2-е, доп. — М. : Институт компьютерных исследований, 2005. — 544 с.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая современные профессиональные базы данных (в том числе международ-

ные реферативные базы данных научных изданий) и информационные справочные системы

Доступ к тексту электронного издания возможен через Научную-электронную библиотеку eLibrary.ru. — ISBN: 0044-4669— http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7791.
Реферативные базы данных научного цитирования SCOPUS (<http://www.scopus.com>), WEB OF SCIENCE (<http://webofknowledge.com>),

1. www.gpntb.ru/— Государственная публичная научно-техническая библиотека.
2. www.nlr.ru/ — Российская национальная библиотека.
3. www.nns.ru/ — Национальная электронная библиотека.
4. www.rsl.ru/— Российская государственная библиотека.
5. www.microinform.ru/ — Учебный центр компьютерных технологий

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для успешного осуществления рабочей программы необходимы программа курса «Тепломассоперенос в многокомпонентных смесях», литература и методические указания; принтер и ксерокс для копирования учебных материалов и материалов тестов, мультимедийный класс. Физико-технический институт располагает аудиториями, оснащенными современным оборудованием для проведения занятий лекционного типа и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также для самостоятельной работы.

На факультете есть компьютерные классы с доступом к глобальной сети Интернет (WWW), в соответствии с объемом изучаемых дисциплин, каждый аспирант может быть обеспечен рабочим местом. Данные компьютерный классы обеспечивают доступ в электронно-библиотечную систему (электронную библиотеку) университета.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Теплофизика и теоретическая теплотехника» на 6 семестре
(наименование дисциплины)

Очная форма обучения

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	8
лекций	2
практических	4
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС)	64
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/ дифференцированному зачету (контроль)	

Формы контроля: зачет 6 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)			Основная и дополнительная литература, рекомендуемая аспирантам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе аспирантов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	СРС			
1	2	3	5	6	7	8	9
1.	Классификация и характеристика многофазных и многокомпонентных систем Основные уравнения тепло-массопереноса в многофазных многокомпонентных системах. Фазовые переходы первого и второго рода.	2		16	О1, О2, О3, Д1, Д3	Проработка лекционного материала по основным уравнениям теории тепло-массопереноса в многокомпонентных средах	Индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции.
2.	Моделирование многофазной и многокомпонентной фильтрации. Механистический и термодинамический подходы. Система уравнений тепло – и массопереноса при многофазной фильтрации.		2	16	О1, О2, О3, Д1, Д3, Д4	Изучение основной и дополнительной литературы. Составление конспектов.	Индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции.
3.	Термодинамический метод изучения состояний макроскопических систем. Равновесные состояния и равновесные процессы. Параметры и уравнения состояния.		2	16	О1, О2, О3, Д1, Д3, Д4	Изучение основной и дополнительной литературы. Составление конспектов.	Индивидуальная проверка СРА
4.	Теплообмен при вынужденном ламинарном течении жидко-			16	О1, О2, О3, О4, Д1, Д2, Д3, Д4	Изучение основной и дополни-	Индивидуальная проверка СРА

	сти. Теплообмен при свободной конвекции. Теплообмен при вынужденном турбулентном течении жидкости. Теплообмен при конденсации пара из парогазовой смеси. Режимы течения многофазных систем в трубах.					тельной литературы. Составление конспектов.	
5.	КСР						Письменная работа
6.	Контроль						
	Всего часов:	2	4	64			Зачет

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Теплофизика и теоретическая теплотехника» на 5 и 6 семестре
(наименование дисциплины)

Очная форма обучения

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	10
лекций	2
практических	4
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС)	58
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/ дифференцированному зачету (контроль)	4

Формы контроля: зачет 6 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)			Основная и дополнительная литература, рекомендуемая аспирантам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе аспирантов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	СРС			
1	2	3	5	6	7	8	9
1.	Классификация и характеристика многофазных и многокомпонентных систем Основные уравнения тепло-массопереноса в многофазных системах. Фазовые переходы первого и второго рода.	2		12	О1, О2, О3, Д1, Д3	Проработка лекционного материала по основным уравнениям теории тепло-массопереноса в многокомпонентных средах	Индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции.
2.	Моделирование многофазной и многокомпонентной фильтрации. Механистический и термодинамический подходы. Система уравнений тепло – и массопереноса при многофазной фильтрации.		2	12	О1, О2, О3, Д1, Д3, Д4	Изучение основной и дополнительной литературы. Составление конспектов.	Индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции.
3.	Термодинамический метод изучения состояний макроскопических систем. Равновесные состояния и равновесные процессы. Параметры и уравнения состояния.		2	12	О1, О2, О3, Д1, Д3, Д4	Изучение основной и дополнительной литературы. Составление конспектов.	Индивидуальная проверка СРА
4.	Теплообмен при вынужденном ламинарном течении жидкости.			22	О1, О2, О3, О4, Д1, Д2, Д3, Д4	Изучение основной и дополни-	Индивидуальная проверка СРА

	Теплообмен при свободной конвекции. Теплообмен при вынужденном турбулентном течении жидкости. Теплообмен при конденсации пара из парогазовой смеси. Режимы течения многофазных систем в трубах.					тельной литературы. Составление конспектов.	
5.	КСР						Письменная работа
6.	Контроль						
	Всего часов:	2	4	58			Зачет