


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

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол №10 от «30» мая 2019 г.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой  /Ковалева Л.А.

 / Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина ПОСТРОЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
(наименование дисциплины)

Б1.В.ДВ.04.01 вариативная часть, обязательная дисциплина  
(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))


**программа магистратуры**

Направление подготовки (специальность)  
03.04.01 Прикладные математика и физика  
(код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность (профиль) подготовки

Моделирование нефтегазовых процессов и технологий  
(наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация  
магистр  
(квалификация)

Разработчики (составители) <u>Доцент, кандидат физико-математических наук,</u> <u>доцент.</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 / <u>Давлетбаев А.Я.</u> (подпись, Фамилия И.О.)
<u>Доцент, кандидат физико-математических наук,</u> <u>доцент.</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 / <u>Мусин А.А.</u> (подпись, Фамилия И.О.)

Для приема: 2019 г.

Уфа 2019 г.

Составитель / составители: Давлетбаев А.Я., Мусин А.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «30» мая 2019 г.  
№10

Заведующий кафедрой



\_\_\_\_\_/ Ковалева Л.А.

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	
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	

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

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

**ОПК-5** - способностью применять современные методы анализа, обработки и представления информации в сфере профессиональной деятельности

**ПК-1** - способностью самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. знать основные принципы и этапы ведения научно-исследовательской работы в области моделирования месторождений в компьютерных пакетах; современные представления и методы исследований процессов и явлений, происходящих в продуктивных коллекторах	ПК-1	
	2. знать современные тенденции развития в решении прямых и обратных задач при моделировании процессов извлечения нефти и газа.	ОПК-5	
Умения	1. уметь анализировать полученные в ходе моделирования месторождений данные и делать научные выводы; ставить и решать конкретные прикладные задачи, связанные с фильтрационными процессами в пористых средах	ПК-1	
	2. уметь применять современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации при работе в гидродинамических симуляторах	ОПК-5	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. владеть навыками получения и анализа результатов гидродинамического моделирования при решении научных задач на компьютере; приемами работы в пакетах прикладных программ, предназначенных для моделирования месторождений	ПК-1	
	2. владеть навыками компьютерного моделирования в гидродинамическом симуляторе	ОПК-5	

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Построение гидродинамических моделей месторождений» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Цель дисциплины заключается в том, чтобы развивать и совершенствовать у студентов знания принципов гидродинамического моделирования и навыков практического использования гидродинамических симуляторов для решения практических задач. Для успешного освоения дисциплины «Построение гидродинамических моделей месторождений» студенты должны знать основные понятия и законы перечисленных выше дисциплин, знать основные принципы компьютерного моделирования, уметь решать простейшие уравнения математической физики и задачи механики сплошных сред, уметь ставить и решать простейшие физические задачи гидродинамики и подземной гидродинамики, уметь строить геологические модели месторождений, иметь навыки численного решения задач механики сплошных сред и компьютерного моделирования. Полученные в ходе освоения дисциплины знания необходимы при изучении спецкурсов, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Дифференциальные уравнения», «Векторный и тензорный анализ», «Программирование», «Вычислительная физика», «Численные методы и математическое моделирование», «Механика», «Молекулярная физика», «Линейные и нелинейные уравнения физики», «Механика сплошных сред», «Геологическое моделирование», «Подземная гидродинамика».

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

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 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

Код и формулировка компетенции:

ОПК-5 - способностью применять современные методы анализа, обработки и представления информации в сфере профессиональной деятельности;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап (уровень)	Знать современные тенденции развития в решении прямых и обратных задач при моделировании процессов извлечения нефти и газа	Не владеет информацией о современных тенденциях развития в решении прямых и обратных задач при моделировании процессов извлечения нефти и газа	Знает современные тенденции развития в решении прямых и обратных задач при моделировании процессов извлечения нефти и газа
Второй этап (уровень)	Уметь применять современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации при работе в гидродинамических симуляторах	Не умеет использовать современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации при работе в гидродинамических симуляторах	Умеет самостоятельно применять современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации при работе в гидродинамических симуляторах
Третий этап (уровень)	Владеть навыками компьютерного моделирования в гидродинамическом симуляторе	Не владеет навыками компьютерного моделирования в гидродинамическом симуляторе	Владеет навыками компьютерного моделирования в гидродинамическом симуляторе

ПК-1 - способностью самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»

	компетенций)		
Первый этап (уровень)	Знать основные принципы и этапы ведения научно-исследовательской работы в области моделирования месторождений в компьютерных пакетах	Имеет фрагментарные знания основных принципов и этапов ведения научно-исследовательской работы в области моделирования месторождений в компьютерных пакетах	Имеет достаточно хорошее представление об основных принципах и этапах ведения научно-исследовательской работы в области моделирования месторождений в компьютерных пакетах
Второй этап (уровень)	Уметь анализировать полученные в ходе моделирования месторождений данные и делать научные выводы	Не умеет самостоятельно анализировать полученные в ходе моделирования месторождений данные и делать научные выводы	Самостоятельно анализирует полученные в ходе моделирования месторождений данные и делает научные выводы.
Третий этап (уровень)	Владеть навыками получения и анализа результатов гидродинамического моделирования при решении научных задач на компьютере	Не способен самостоятельно получать и анализировать результаты гидродинамического моделирования	Способен самостоятельно получать и анализировать результаты гидродинамического моделирования.

Критериями оценивания по каждому заданию являются баллы (2 балла за каждое задание), которые выставляются преподавателем за виды деятельности по итогам изучения разделов дисциплины.

Шкалы оценивания по итогам изучения всех разделов дисциплины:

*для зачета:*

зачтено – от 6 до 10 баллов,

не зачтено – от 0 до 5 баллов.

**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**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап  Знания	знать основные принципы и этапы ведения научно-исследовательской работы в области	ПК-1	Лабораторные работы

	<p>моделирования месторождений в компьютерных пакетах; современные представления и методы исследований процессов и явлений, происходящих в продуктивных коллекторах</p>		
	<p>знать современные тенденции развития в решении прямых и обратных задач при моделировании процессов извлечения нефти и газа.</p>	ОПК-5	Лабораторные работы
2-й этап	<p>уметь анализировать полученные в ходе моделирования месторождений данные и делать научные выводы; ставить и решать конкретные прикладные задачи, связанные с фильтрационными процессами в пористых средах</p>	ПК-1	Лабораторные работы
Умения	<p>уметь применять современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации при работе в гидродинамических симуляторах</p>	ОПК-5	Лабораторные работы
3-й этап	<p>владеть навыками получения и анализа результатов гидродинамического моделирования при решении научных задач на компьютере; приемами работы в пакетах прикладных программ, предназначенных для моделирования месторождений</p>	ПК-1	Лабораторные работы
Владеть навыками	<p>владеть навыками компьютерного моделирования в гидродинамическом</p>	ОПК-5	Лабораторные работы



Примерные вопросы к текущему и рубежному контролю:

1. Сущность, цели моделирования.
2. Постановка задач моделирования.
3. Данные, необходимые для построения ГДМ: сбор, подготовка и обработка.
4. Капиллярные силы.
5. Относительные фазовые проницаемости
6. PVT свойства. Газосодержание, объемный фактор, вязкость, давление насыщения.
7. Основные уравнения фильтрации: закон сохранения массы.
8. Основные уравнения фильтрации: закон движения (Дарси).
9. Основные уравнения фильтрации: уравнения состояния
10. Виды фильтрационных моделей.
11. Уравнения материального баланса.
12. Вывод простейших уравнений фильтрации (для однофазной фильтрации).
13. Обзор различных численных схем.
14. Моделирование скважины в системе «скважина-пласт». Вывод формулы Дюпюи, понятие радиуса Писмана.
15. Организация ввода-вывода данных.
16. Создание простейших моделей.
17. Апскейлинг, чувствительность модели к шагу выбранной сетки.
18. Адаптация: решение обратной задачи.
19. Использование модели для решения прикладных задач: прогнозирование.

## **Задания для лабораторных работ**

Лабораторная работа 1. Работа в пакете Tempest More. Построение многослойной модели с однородным распределением геолого-физических характеристик пласта (пористость, проницаемость, насыщенность). С одной добывающей и одной нагнетательной скважинами. Запуск модели на расчет с заданным расходом на скважинах. Анализ результатов моделирования.

Лабораторная работа 2. Работа в пакете Tempest More. Создание модели нелетучей нефти с использованием результатов обработки исходных данных: геолого-физические характеристики, история разработки, геолого-технические мероприятия, результаты геофизических и гидродинамических исследований скважин.

Лабораторная работа 3. Работа в пакете РН-КИМ. Построение многослойной модели с однородным распределением геолого-физических характеристик пласта (пористость, проницаемость, насыщенность). С одной добывающей и одной нагнетательной скважинами. Запуск модели на расчет с заданным расходом на скважинах. Анализ результатов моделирования.

Лабораторная работа 4. Работа в пакете РН-КИМ. Создание модели нелетучей нефти с использованием результатов обработки исходных данных: геолого-физические характеристики, история разработки, геолого-технические мероприятия, результаты геофизических и гидродинамических исследований скважин. Адаптация модели нелетучей нефти к истории разработки.

### **Критерии оценки:**

- 2 балла выставляется, если магистрант продемонстрировал знание функциональных возможностей, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении лабораторной работы. Работа выполнена полностью, без существенных ошибок;
- 1 балл выставляется, если магистрант продемонстрировал умение применять теоретические знания при выполнении лабораторной работы, однако при выполнении задания допущены несущественные ошибки;

## **Задания для контрольной работы**

Продемонстрировать умение работы в пакетах Tempest More и РН-КИМ. Запуск прогнозных вариантов, мониторинг моделирования, просмотр результатов и создание отчетов.

### **Критерии оценки:**

- 2 балла выставляется, если магистрант продемонстрировал знание функциональных возможностей, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении лабораторной работы. Работа выполнена полностью, без существенных ошибок;
- 1 балл выставляется, если магистрант продемонстрировал умение применять теоретические знания при выполнении лабораторной работы, однако при выполнении задания допущены несущественные ошибки;

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

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

#### **Основная литература:**

1. Хабибуллин И.Л. Физика сплошных сред в примерах и задачах: Учебное пособие. – Уфа: БашГУ, 2009. – 87 с. ([URL:https://bashedu.bibliotech.ru/Account/LogOn](https://bashedu.bibliotech.ru/Account/LogOn))
2. Емельянов В.М., Рыбакина Е.А. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач - "Лань"Издательство: 2008.  
([http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=140](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=140) )
3. Соболева Е.С. Фатеева Г.М. Задачи и упражнения по уравнениям математической физики - "Физматлит" Издательство: 2012
4. Басниев, К. С., Кочина И. Н., Максимов В. М. Подземная гидромеханика: учебник для вузов.— М. : Недра, 1993 .— 414 с.

#### **Дополнительная литература:**

1. Пакет трехмерного гидродинамического моделирования залежей углеводородов ПК «РН-КИМ» Руководство пользователя ПМ «МАГМА» // РН-УфаНИПИнефть, 2015 – 292 с.
2. Программный модуль «Гидродинамика». Руководство пользователя. // Роснефть, 2015 – 297 с.
3. Tempest-More Руководство пользователя // ROXAR, 2006 – 372 с.

### **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

<http://roxar.ru/software/tempest/>

Все лабораторные работы выполняются на компьютере с использованием стандартных и специальных пакетов таких как пакет Office, пакеты гидродинамического моделирования ПК «Tempest» ROXAR, ПК «РН-КИМ».

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

<i>Вид занятий</i>	<i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i>	<i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<p><b>1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> аудитория № 421 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>3. Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>4. Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>5. Помещения для самостоятельной работы:</b> Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж), Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж), аудитория № 406 компьютерный класс (физмат корпус-учебное).</p>	<p><b>Аудитория № 421</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, Графические станции DEPO Race 535/ Мониторы AOC23 - 11 шт.</p> <p><b>Аудитория № 218</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, кондиционер (сплит-система) Haier HSU-24HEK203/R2- HSU-24HUN03/R2, экран настенный с электроприводом Classic Lyra 203x203 (E195x195/1 MW-L8/W), ноутбук HPMini 110-3609er Atom N455/2/250/WiFi/BT/Win7St/10.1"/1.29кг, проектор BenQ MX520 (9H.J6V77.13E/9H.J6V77.13F).</p> <p><b>Читальный зал №1</b> Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p> <p><b>Читальный зал №2</b> Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50</p> <p><b>Аудитория №406</b> Учебная мебель, доступ в интернет, Компьютер в составе Asus – 4 шт.; Кондиционер(сплит-система) Haier, МФУ Куосега; Персональный компьютер в комплекте № 1 iRU Corp – 6 шт.</p> <p><b>Аудитория №610г</b></p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные</p>

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

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины Построение гидродинамических моделей месторождений на 2 семестр  
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	32,2
лекций	16
практических/ семинарских	0
лабораторных	16
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	39,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	0

Форма контроля:

зачет 2 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 студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Введение в гидродинамическое моделирование, История развития моделирования, Уравнение материального баланса, Виды моделей, этапы моделирования, Исходные данные и масштабы данных	2			3	О1, О3	Повтор пройденного материала	
3.	Уравнения фильтрации жидкости и газа, Закон сохранения массы, Многофазная многокомпонентная фильтрация, Модель нелетучей нефти	2			3	О1; О3; О4	Повтор пройденного материала	
4.	Уравнения сохранения для трехфазной системы с нелетучей	2			3	О1; О3; О4	Повтор пройденного материала	

	нефтью, Закон Дарси при однофазной и многофазной фильтрации, модель нелетучей нефти Маскета-Мереса, Модель двухфазной фильтрации							
6	Свойства флюидов и породы, Характерные зависимости свойств нефти и газа от давления, Зависимости давление-объем-температура (PVT)	2			3	O1; O2; O3;	Повтор пройденного материала	
8	Свойства пластового газа, Фазовая диаграмма «давление-температура», Свойства нефти и воды, Относительная плотность, Объемный коэффициент, Газовый фактор, Коэффициент изотермической сжимаемости, Соленость, Примеры корреляций	2			3	O1; O2; O3;	Повтор пройденного материала	
	Моделирование скважин, Учет скважины в сеточной модели, Простейшая модель скважины,	2			3	O1; O3;	Повтор пройденного материала	

	Учет скин-эффекта и инерционно-турбулентных эффектов, Среднее давление, Радиус Писмена, Эквивалентный радиус ячейки для пласта с анизотропной проницаемостью							
9	Tempest More - Модульная система гидродинамического моделирования нефтегазовых месторождений. Создание модели нелетучей нефти с использованием результатов обработки исходных данных. Запуск и мониторинг моделирования, адаптация модели к истории разработки, просмотр результатов и создание отчетов.	2		8	9,8	Д3;	Повтор пройденного материала	Лабораторная работа Контрольная работа
10	ПК «РН-КИМ» - программный комплекс для гидродинамического моделирования. Создание модели	2		8	12	Д1, Д2	Повтор пройденного материала	Лабораторная работа Контрольная работа



нелетучей нефти с использованием результатов обработки исходных данных. Запуск и мониторинг моделирования, адаптация модели к истории разработки, просмотр результатов и создание отчетов								
<b>Всего часов:</b>	10		12	39,8				

