

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

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол №11 от «14» июня 2018 г.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой  /Ковалева Л.А.

 / Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина АНАЛИТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ФИЛЬТРАЦИИ / СЕМИНАР ПО ВКР

(наименование дисциплины)

ФТД.В.02 вариативная часть, факультатив

(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

**программа магистратуры**

Направление подготовки (специальность)

03.04.02 Физика

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность (профиль) подготовки

Моделирование нефтегазовых процессов

(наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

Магистр

(квалификация)

Разработчики (составители) <u>профессор, д.ф.-м.н., профессор</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 / <u>Хабибуллин И.Л.</u> (подпись, Фамилия И.О.)
<u>доцент, к.ф.-м.н</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 / <u>Мусин А.А.</u> (подпись, Фамилия И.О.)

Для приема: 2018 г.

Уфа 2018 г.

Составитель / составители: \_\_\_\_\_Хабибуллин И.Л., Мусин А.А.\_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «14» июня 2018 г.  
№11

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	
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	
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

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

ОПК-5- способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки

ПК-1 - способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Знать методы построения количественных моделей теории фильтрации	ОПК-5	
	Знать аналитические методы решения задач теории фильтрации	ПК-1	
Умения	Уметь применять математические методы и естественнонаучные законы для решения задач теории фильтрации	ОПК-5	
	Уметь использовать математический аппарат для аналитического решения задач теории фильтрации	ПК-1	
Владения (навыки / опыт деятельности)	Владеть навыками использования аналитических методов решения уравнений математической физики для решения задач теории фильтрации	ОПК-5	
	Владеть способами решения задач теории фильтрации	ПК-1	

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

Дисциплина «Аналитическая теория фильтрации / Семинар по ВКР» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре для очной формы обучения и на 2,3 курсах в 4-5 семестрах для очно-заочной формы обучения.

Цель дисциплины – изучение современных методов построения количественных моделей теории фильтрации, аналитических методов решения задач теории фильтрации. В процессе обучения формируются умения применять математические методы и естественнонаучные законы для решения задач теории фильтрации и умения использовать математический аппарат для аналитического решения задач теории фильтрации.

Позволяет решать задачи теории фильтрации жидкостей и газов в пористых средах, в том числе нефтегазоносных пластах аналитическими методами.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой математической и физической подготовкой в рамках университетского курса для студентов физиков и навыками владения современными вычислительными средствами. Обучаемый должен владеть основными понятиями физики. По предмету и методу своих исследований данный курс тесно связан с такими предметами как «Механика сплошной среды», «Гидродинамические исследования скважин», «Подземная гидродинамика» и «Физические основы разработки нефтегазовых месторождений» и способствует формированию у будущих специалистов целостного понимания и анализа процессов и явлений в области избранной профессиональной деятельности.

Дисциплина «Аналитическая теория фильтрации / Семинар по ВКР» призвана помочь магистрантам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение выпускной классифицированной работы.

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

Содержание рабочей программы для очной и очно-заочной форм обучения представлено в Приложениях № 1 и 2.

#### 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 использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап (уровень)	Знать методы построения количественных моделей теории фильтрации	Фрагментарные знания методов построения количественных моделей теории фильтрации	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методов построения количественных моделей теории фильтрации
Второй этап (уровень)	Уметь применять математические методы и естественнонаучные законы для решения задач теории фильтрации	Не знает математические методы и естественнонаучные законы для решения задач теории фильтрации	Применяет математические методы и естественнонаучные законы для решения задач теории фильтрации
Третий этап (уровень)	Владеть навыками использования аналитических методов решения уравнений математической физики для решения задач теории фильтрации	Не знает аналитические методы решения уравнений математической физики для решения задач теории фильтрации	Может применять аналитические методы решения уравнений математической физики для решения задач теории фильтрации

ПК-1 - способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

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

Первый этап (уровень)	Знать аналитические методы решения задач теории фильтрации	Не знает аналитические методы решения задач теории фильтрации	Сформированные с небольшими пробелами знания аналитических методов решения задач теории фильтрации
Второй этап (уровень)	Уметь использовать математический аппарат для аналитического решения задач теории фильтрации	Не имеет представления о математическом аппарате для аналитического решения задач теории фильтрации	Может использовать математический аппарат для аналитического решения задач теории фильтрации
Третий этап (уровень)	Владеть способами решения задач теории фильтрации	Не знает способы решения задач теории фильтрации	Владеет способами решения задач теории фильтрации

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 методы построения количественных моделей теории фильтрации	ОПК-5	практическое задание, <i>лабораторные работы</i>
	Знать аналитические методы решения задач теории фильтрации	ПК-1	практическое задание, <i>лабораторные работы</i>
2-й этап Умения	Уметь применять математические методы и естественнонаучные законы для решения задач теории фильтрации	ОПК-5	практическое задание, <i>лабораторные работы</i>
	Уметь использовать математический аппарат для аналитического	ПК-1	практическое задание, <i>лабораторные</i>

	решения задач теории фильтрации		<i>работы</i>
3-й этап	Владеть навыками использования аналитических методов решения уравнений математической физики для решения задач теории фильтрации	ОПК-5	практическое задание, лабораторные работы
Владеть навыками	Владеть способами решения задач теории фильтрации	ПК-1	практическое задание, лабораторные работы

Примерные вопросы к текущему контролю:

1. Уравнение пьезопроводности.
2. Уравнение фильтрации газа.
3. Псевдодавление.
4. Линеаризация Лейбензона.
5. Основные краевые задачи для уравнений фильтрации жидкости и газа.
6. Геометрическая схематизация области фильтрации.
7. Плоский и плоско-параллельный потоки.
8. Плоско-радиальный поток.
9. Представление скважин в виде источников и стоков.
10. Дельта-функция Дирака, единичная функция Хэвисайда.
11. Фильтрация в макронеоднородных средах: зональная неоднородность, линии разлома и сброса.
12. Моделирование фильтрации в пластах с трещиной ГРП.

### Критерии оценки:

- 2 балла выставляется магистранту, если магистрант дал полные, развернутый ответ на теоретический вопрос, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении лабораторных заданий. Магистрант без затруднений ответил на все дополнительные вопросы;

- 1 балл выставляется магистранту, если при ответе на теоретические вопросы магистрантом допущено несколько 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.

### Примерные задания для контрольной работы

1) В пласт толщиной  $h = 10$  м, пористостью  $m = 0,2$ , через скважину закачивается жидкость с дебитом  $Q = 100 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Найти радиус фронта нагнетаемой жидкости через 10 суток, если  $r_c = 0,1$  м

2) Найти время движения выделенной частицы жидкости от контура с  $r_k = 100$  м до  $r_c = 0,1$  м, дебит жидкости  $Q = 50 \text{ м}^3/\text{сут}$ , пористость  $m = 0,2$ , мощность пласта 5 м.

3) Найти время вытеснения нефти водой в пласте, если расстояние между линиями нагнетания воды и отбора нефти  $h = 100\text{м}$ ,  $m = 0,2$ ,  $P_r - P_k = 20$  атм,  $\mu_1 = 1\text{мПа} \cdot \text{с}$ ,  $\mu_2 = 10\text{мПа} \cdot \text{с}$ ,  $k = 0,1$  Д

Критерии оценки (в баллах)

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	1 балл
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько недостатков	0,5 баллов
Нет правильного ответа	0 баллов

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

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

#### **Основная литература:**

1. Басниев К.С. Кочина И.Н, Каневская Р.Д, Максимов В.М. Подземная гидромеханика. ИКИ 2006
2. Тихонов А.Н. Самарский А.А. Уравнения математической физики. — М.: Наука, 1977. — 735 с.

#### **Дополнительная литература:**

1. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Теория нестационарной фильтрации жидкости и газа. — М.: Недра, 1972. -288 с.
2. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. — М.: Наука, 1964. — 488 с.
3. Лыков А.В. Теория теплопроводности . — М.: Высшая школа, 1967. — 600 с.

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

1. ([http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=704](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=704))
2. ([http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2232](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2232)).
3. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
4. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
5. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fepo.ru](http://www.fepo.ru)).
6. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
7. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

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

Вид занятий	Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Наименование оборудования, программного обеспечения
<p><b>1. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> аудитория № 421 компьютерный класс (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>2. Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> № 421 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>3. Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> № 421 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>4. 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>5. Помещения для хранения и ремонта оборудования:</b> аудитория: аудитория №610г (физмат корпус-учебное)</p>	<p align="center"><b>Аудитория № 421</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, Графические станции DEPO Race 535/ Мониторы AOC23 - 11 шт.</p> <p align="center"><b>Читальный зал №1</b></p> <p>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 align="center"><b>Читальный зал №2</b></p> <p>Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50</p> <p align="center"><b>Аудитория №406</b></p> <p>Учебная мебель, доступ в интернет, Компьютер в составе Asus – 4 шт.; Кондиционер(сплит-система) Haier, МФУ Kyocera; Персональный компьютер в комплекте № 1 iRU Corp – 6 шт.</p> <p align="center"><b>Аудитория №610г</b></p>	<p>1. Windows 8 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные. №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>2. Windows Professional 8 Russian. OLP NL AcademicEdition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Microsoft Office Standart 2013 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>4. Права на использование Roxar software. Лицензия № RU 970297-A</p> <p>5. Лицензия на использование программ для ЭВМ ПК «РН-КИМ» (программный комплекс для мониторинга разработки месторождений; программный комплекс для гидродинамического моделирования). Лицензионный договор № 100017/02314Д от 16.06.2017 г. Бессрочно.</p>

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

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины Аналитическая теория фильтрации / Семинар по ВКР на 3,4 семестр  
(наименование дисциплины)  
очно-заочная  
форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	1/36
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	32,7
лекций	
практических/ семинарских	-
лабораторных	32
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	3,3
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

Форма(ы) контроля:  
зачет 3,4 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.	Уравнение пьезопроводности. Уравнение фильтрации газа. Псевдодавление. Линеаризация Лейбензона.					О1, Д1		Практическое задание, Опрос
2.	Основные краевые задачи для уравнений фильтрации жидкости и газа.					О1, Д1		Практическое задание, Опрос
3.	Геометрическая схематизация области фильтрации. Плоский, плоско-параллельный и плоско-радиальный поток.					О1, Д1		Практическое задание, Опрос
4.	Представление скважин в виде источников и стоков. Дельта-функция Дирака, единичная функция Хэвисайда.					О1, Д1		Практическое задание, Опрос

Фильтрация в макронеоднородных средах: зональная неоднородность, линии разлома и сброса.						О1, Д1		Практическое задание, Опрос
Моделирование фильтрации в пластах с трещиной ГРП. Основные режимы течения: линейный поток в трещине, билинейный поток, линейный поток в пласте, псевдо-радиальный поток.						О1, Д1		Практическое задание, Опрос
Трилинейный режим течения в пласте с вертикальной трещиной. Обобщение трилинейной модели для описания фильтрации к горизонтальным скважинам с разветвленными трещинами мульти ГРП.						О1, Д1		Практическое задание, Опрос
Основы теории размерности и теории подобия. Понятие автомодельности.						О1, О2, Д1, Д3		Практическое задание, Опрос
Автомодельный метод			4			О1, О2, Д1, Д3		Практическое

	решения уравнений нестационарной фильтрации жидкости и газа.							задание, лабораторные работы, контрольная работа
	Метод источников и стоков для решения задач фильтрации.			4	1	О1, О2, Д1, Д3	Решение задач	Практическое задание, лабораторные работы, контрольная работа
	Использование метода функция Грина для решения задач теории фильтрации.			6	1	О1, О2, Д1, Д3	Решение задач	Практическое задание, лабораторные работы, контрольная работа
	Метод интегральных преобразований Лапласа. Основные свойства и правила преобразования Лапласа. Примеры применения преобразования Лапласа в теории нестационарной фильтрации.			6	1	О1, О2, Д1, Д3	Решение задач	Практическое задание, лабораторные работы, контрольная работа
	Применение синус и косинус преобразования Фурье для решения задач нестационарной фильтрации.			4	0,3	О1, О2, Д1, Д3	Решение задач	Практическое задание, лабораторные работы, контрольная работа
	Использование принципа Дюамеля			4		О1, О2, Д1, Д3		Практическое задание,

	при решении задач нестационарной фильтрации.							лабораторные работы, контрольная работа
	Приближенные методы решения задач нестационарной фильтрации.			4		О1, О2, Д1, Д3		Практическое задание, лабораторные работы, контрольная работа
	<b>Всего часов:</b>			32	3,3			

