


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

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол №10 от «24» июня 2017 г.

Согласовано:
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой  /Ковалева Л.А.

 / Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

(наименование дисциплины)

Б1.В.ДВ.11.01 вариативная часть, дисциплина по выбору

(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)

Разработчик (составитель) <u>доцент, к.ф.-м.н.</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 / <u>Мусин А.А.</u> (подпись, Фамилия И.О.)
---	--

Для приема: 2017 г.

Уфа 2017 г.

Составитель / составители: Мусин А.А

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «24» июня 2017 г. №10

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры: изменена литература, протокол № 11 от «14» июня 2018 г

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
(с ориентацией на карты компетенций)**

ОК-3 готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала

ОПК-6 способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе

ОПК-7 способностью демонстрировать знания в области философских вопросов естествознания, истории и методологии физики

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 российского и зарубежного опыта

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. знать современные представления и методы исследований процессов и явлений, происходящих в гидродинамических системах и в продуктивных коллекторах	ОК-3	
	2. знать основные принципы и этапы ведения научно-исследовательской работы в области гидродинамического моделирования	ОПК-6	
	3. знать современные тенденции развития в решении обратных задач при гидродинамическом моделировании	ОПК-7	
	4. знать современные тенденции развития в решении прямых задач при гидродинамическом моделировании	ПК-1	
Умения	1. уметь ставить и решать конкретные прикладные задачи, связанные с течением жидкостей в трубопроводах и фильтрационными процессами в пористых средах	ОК-3	
	2. уметь анализировать полученные в ходе моделирования данные и делать научные выводы	ОПК-6	
	3. Методами компьютерной обработки геологической информации	ОПК-7	
	4. уметь применять современные методы	ПК-1	

	обработки, анализа и синтеза физической информации при работе в гидродинамических симуляторах		
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. владеть приемами работы в пакетах прикладных программ, предназначенных для гидродинамического моделирования	ОК-3	
	2. Обработать и анализировать геолого-промысловую информацию	ОПК-6	
	3. владеть навыками получения и анализа результатов гидродинамического моделирования при решении научных задач на компьютере	ОПК-7	
	4. владеть навыками компьютерного моделирования в гидродинамическом симуляторе	ПК-1	

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Гидродинамическое моделирование» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестрах.

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 «Гидродинамическое моделирование» студенты должны знать основные понятия и законы перечисленных ниже 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 (В том числе на англ. яз.)», «Вычислительная физика», «Численные методы и вычислительная математика», «Механика», «Молекулярная физика», «Линейные и нелинейные уравнения математической 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.

1. 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

ОК-3 готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
Первый этап	знать современные представления и методы исследований процессов и явлений, происходящих в гидродинамических системах и в продуктивных коллекторах	Имеет фрагментарные знания, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Уверенно знает профессиональную лексику, готов к участию в дискуссии на профессиональные темы; знает основы делового общения.
Второй этап	уметь ставить и решать конкретные прикладные задачи, связанные с течением жидкостей в трубопроводах и фильтрационными процессами в пористых средах	Не умеет научно анализировать социокультурные, общественно значимые проблемы и процессы.	Уверенно проводит анализ социокультурных, общественно значимых проблемы и процессы; проблемы соотношения техники и технических наук, научного познания и инженерно-технической деятельности.
Третий этап	владеть приемами работы в пакетах прикладных программ, предназначенных для гидродинамического моделирования	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач

ОПК-6 способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе

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

Первый этап	знать основные принципы и этапы ведения научно-исследовательской работы в области гидродинамического моделирования	Имеет фрагментарные знания, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Уверенно знает профессиональную лексику, готов к участию в дискуссии на профессиональные темы; знает основы делового общения.
Второй этап	уметь анализировать полученные в ходе моделирования данные и делать научные выводы	Не умеет научно анализировать социокультурные, общественно значимые проблемы и процессы.	Уверенно проводит анализ социокультурных, общественно значимых проблемы и процессы; проблемы соотношения техники и технических наук, научного познания и инженерно-технической деятельности.
Третий этап	Обрабатывать и анализировать геолого-промысловую информацию	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач

ОПК-7 способностью демонстрировать знания в области философских вопросов естествознания, истории и методологии физики

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
Первый этап	знать современные тенденции развития в решении обратных задач при гидродинамическом моделировании	Имеет фрагментарные знания, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Уверенно знает профессиональную лексику, готов к участию в дискуссии на профессиональные темы; знает основы делового общения.
Второй этап	Методами компьютерной обработки геологической	Не умеет научно анализировать социо-	Уверенно проводит анализ

	информации	культурные, общественно значимые проблемы и процессы.	социокультурных, общественно значимых проблемы и процессы; проблемы соотношения техники и технических наук, научного познания и инженерно-технической деятельности.
Третий этап	владеть навыками получения и анализа результатов гидродинамического моделирования при решении научных задач на компьютере	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач

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 российского 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	знать современные тенденции развития в решении прямых задач при гидродинамическом моделировании	Имеет фрагментарные знания, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Уверенно знает профессиональную лексику, готов к участию в дискуссии на профессиональные темы; знает основы делового общения.
Второй этап	уметь применять современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации при работе в гидродинамических симуляторах	Не умеет научно анализировать социокультурные, общественно значимые проблемы и процессы.	Уверенно проводит анализ социокультурных, общественно значимых проблемы и процессы; проблемы соотношения техники и технических наук, научного познания и инженерно-

			технической деятельности.
Третий этап	владеть навыками компьютерного моделирования в гидродинамическом симуляторе	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(*для зачета*:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),
не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых 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

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Оценочные средства
Знания	5. знать современные представления и методы исследований процессов и явлений, происходящих в гидродинамических системах и в продуктивных коллекторах	ОК-3	Практические задания
	6. знать основные принципы и этапы ведения научно-исследовательской работы в области гидродинамического моделирования	ОПК-6	Лабораторные работы
	7. знать современные тенденции развития в решении обратных задач при гидродинамическом моделировании	ОПК-7	Практические задания
	8. знать современные тенденции развития в решении прямых задач при гидродинамическом моделировании	ПК-1	Лабораторные работы
Умения	3. уметь ставить и решать конкретные прикладные задачи, связанные с течением жидкостей в трубопроводах и фильтрационными процессами в пористых средах	ОК-3	Практические задания
	4. уметь анализировать полученные в ходе моделирования данные и делать научные выводы	ОПК-6	Лабораторные работы
	3. Методами компьютерной обработки геологической информации	ОПК-7	Практические задания
	4. уметь применять современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации при работе в гидродинамических симуляторах	ПК-1	Лабораторные работы
Владения (навыки / опыт)	5. владеть приемами работы	ОК-3	Практические

деятельности)	в пакетах прикладных программ, предназначенных для гидродинамического моделирования		задания
	6. Обработать и анализировать геолого-промысловую информацию	ОПК-6	Лабораторные работы
	7. владеть навыками получения и анализа результатов гидродинамического моделирования при решении научных задач на компьютере	ОПК-7	Практические задания
	8. владеть навыками компьютерного моделирования в гидродинамическом симуляторе	ПК-1	Лабораторные работы

Экзаменационные билеты

Примерные вопросы к текущему и рубежному контролю (зачет):

1. Сущность, цели моделирования.
2. Постановка задач моделирования
3. Система уравнений движения жидкости
4. Граничные условия для системы уравнений движения жидкости
5. Метод контрольных объемов
6. Алгоритм Simple
7. Этапы решения задач на компьютере
8. OpenFoam – общее описание, составные части пакета (препроцессинг, решатель, постпроцессинг)
9. Создание геометрии
10. Задание граничных условий
11. Свойства сред
12. Выбор и редактирование решателя
13. Компиляция проекта и запуск на расчет
14. Визуализация результатов и расчётных сеток
15. Анализ результатов научных исследований

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- зачтено - от 60 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- не зачтено — от 0 до 59 баллов.

Примерные вопросы к текущему и рубежному контролю (экзамен):

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.

Структура экзаменационного билета:

Экзаменационный билет состоит из одного теоретического вопроса и одного практического задания.

Образец экзаменационного билета:

Приведен в приложении 3.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

Критерии оценивания ответа на экзамене:

Критерии оценки (в баллах):

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент 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;

- 10-16 баллов выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом 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. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- 1-10 баллов выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Практические задания

Практическое задание 1. Подготовка расчетной сетки.

Даны несколько вариантов геометрии расчетной области (канал прямоугольного сечения, сужающийся/расширяющийся канал и др.). Подготовить расчетную сетку с помощью утилиты blockMesh. Задать граничные поверхности. Визуализация и анализ результатов проводится с помощью пакета Paraview.

Практическое задание 2. Численная схема для уравнения движения.

Дана система уравнений Навье-Стокса и уравнение неразрывности для вязкой несжимаемой жидкости. Расписать численную схему методом контрольного объема. Разобрать алгоритм Simple на примере.

Практическое задание 3. Течение Пуазейля.

Рассматривается течение вязкой несжимаемой жидкости между двумя параллельными плоскостями под действием постоянного перепада давления. Смоделировать динамику изменения скорости и давления в жидкости. Использовать решатель isoFoam. Получить течение Пуазейля. Сравнить стационарное распределение скорости по сечению канала с аналитическим решением. Провести анализ результатов. Визуализация и анализ результатов проводится с помощью пакета Paraview. Результаты оформить в виде отчета.

Практическое задание 4. Течение жидкости в канале переменного сечения.

Рассматривается течение вязкой несжимаемой жидкости в канале переменного сечения под действием постоянного перепада давления. Смоделировать динамику изменения скорости и давления в жидкости. Использовать решатель isoFoam. Изучить процесс формирования вихрей при изменении числа Рейнольдса. Провести анализ результатов. Визуализация и анализ результатов проводится с помощью пакета Paraview. Результаты оформить в виде отчета.

Критерии оценки (в баллах):

- 8-10 баллов выставляется студенту, если студент продемонстрировал знание функциональных возможностей, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практического задания. Задание выполнено полностью, допущены несущественные ошибки;

- 5-7 баллов выставляется студенту, если студент продемонстрировал умение применять теоретические знания при выполнении практического задания, однако при выполнении задания допущен ряд ошибок;

- 3-4 балла выставляется студенту, если при выполнении практического задания заметны пробелы в знании основных методов. Студент выполнил задание, но при решении допущены грубые ошибки;

- 1-2 балла выставляется студенту, если при выполнении задания заметно непонимание и крайне неполное знание основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении задания.

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. Просмотр результатов и создание отчетов

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, просмотр результатов и создание отчетов.

Критерии оценки (в баллах):

- 8-10 баллов выставляется студенту, если студент продемонстрировал знание функциональных возможностей, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении лабораторной работы. Работа выполнена полностью, допущены незначительные ошибки;
- 5-7 баллов выставляется студенту, если студент продемонстрировал умение применять теоретические знания при выполнении лабораторной работы, однако при выполнении задания допущен ряд ошибок;
- 3-4 балла выставляется студенту, если при выполнении лабораторной работы заметны пробелы в знании основных методов. Студент выполнил задание, но при решении допущены грубые ошибки;
- 1-2 балла выставляется студенту, если при выполнении задания заметно непонимание и крайне неполное знание основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении задания.

2. 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.

(<https://elib.bashedu.ru/dl/read/HabibullinFiz.Splosh.Sred.v%20PrimerahI%20Zadach.UchP.os.2009.pdf>)

2. Емельянов В.М., Рыбакина Е.А. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач – Издательство "Лань": 2016. 216 с.
(<https://e.lanbook.com/reader/book/71748/#6>)
3. Басниев, К. С., Кочина И. Н., Максимов В. М. Подземная гидромеханика: учебник для вузов.— М. : Недра, 1993 .— 414 с. (<http://ecatalog.bashlib.ru/cgi-bin/zgate.exe?present+2436+default+1+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus>)
4. Нигматулин Р. И. Механика сплошной среды, Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика / Р. И. Нигматулин.—Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 640 с. (<http://ecatalog.bashlib.ru/cgi-bin/zgate.exe?present+2436+default+21+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus>)
5. Патанкар, С. В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах / С. В. Патанкар ; пер. с англ.: Е. В. Калабина, под ред. Г. Г. Янькова .— Москва : МЭИ, 2003 .— 312 с. (<http://ecatalog.bashlib.ru/cgi-bin/zgate.exe?present+2436+default+1+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus>)

Дополнительная литература:

1. Пакет трехмерного гидродинамического моделирования залежей углеводородов ПК “РН-КИМ” Руководство пользователя ПМ “МАГМА” // РН-УфаНИПИнефть, 2015 – 292 с. (в составе ПО)
2. Программный модуль «Гидродинамика». Руководство пользователя. // Роснефть, 2015 – 297 с. (в составе ПО)
3. Tempest-More Руководство пользователя // ROXAR, 2006 – 372 с. (в составе ПО)
4. OpenFOAM The Open Source CFD Toolbox User Guide // OpenFOAM Foundation Ltd. – 2018. – 166 с. (в составе ПО)
5. OpenFOAM The Open Source CFD Toolbox Programmer’s Guide // OpenFOAM Foundation Ltd. – 2018. – 104 с. (в составе ПО)

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

1. www.openfoam.com – официальный сайт пакета OpenFOAM
2. www.cfd-online.com – сайт по CFD пакетам
3. <http://bluecfd.github.io> – BlueCFD - версия OpenFOAM для запуска на

операционных системах Windows.

4. <http://roxar.ru/software/tempest/>
5. «Электронная библиотека БашГУ» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>
6. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru>
7. ЭБС «ЛАНЬ» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>

Все лабораторные работы выполняются на компьютере с использованием стандартных и специальных пакетов таких как пакет Office, программный комплекс OpenFoam, пакеты гидродинамического моделирования ПК «Tempest» ROXAR

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>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<p>1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p>2. Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций: аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p>3. Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации: аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p>4. Помещения для самостоятельной работы: Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж), Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж), аудитория № 406 компьютерный класс (физмат корпус-учебное).</p> <p>5. Помещения для хранения и ремонта оборудования: аудитория: аудитория №610г (физмат корпус-учебное)</p>	<p>Аудитория № 218 Учебная мебель, доска аудиторная, кондиционер(сплит-система) Haier, экран настенный с электроприводом Classic Luga, ноутбук HPMini, проектор BenQ.</p> <p>Читальный зал №1 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>Читальный зал №2 Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50</p> <p>Аудитория №406 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>Аудитория №610г</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>

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

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины Гидродинамическое моделирование на 4 семестры
(наименование дисциплины)
очн-заочная
форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	25,2
лекций	24
практических/ семинарских	
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	19,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	27

Форма(ы) контроля:
зачет 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.	Введение в гидродинамическое моделирование, История развития моделирования, Уравнение материального баланса, Виды моделей, этапы моделирования, Исходные данные и масштабы данных	2			1	О1, О3	Повтор пройденного материала	Опрос
2.	Численные методы решения задач гидродинамики. Метод контрольных объемов.	2			1	О1, О4, О5		Опрос
3.	Использование CFD пакетов. Организация CFD пакетов. Этапы работы в пакете OpenFoam.	2			1	Д4, Д5		Опрос
4.	Подготовка расчетной сетки.	2			1	Д4, Д5		Практическое задание
5.	Задание граничных условий. Свойства	2			1	Д4, Д5		Практическое задание

	среды. Этапы расчета.							
6.	Графическая визуализация расчетных данных.	2			1	Д4, Д5		Практическое задание
7.	Моделирование течения Пуазейля	2			1	О4, О5, Д4, Д5		Практическое задание
8.	Моделирование течения жидкости в канале переменного сечения	2			1	О4, О5, Д4, Д5		Практическое задание
9.	Уравнения фильтрации жидкости и газа, Закон сохранения массы, Многофазная многокомпонентная фильтрация, Модель нелетучей нефти	2			1	О1; О3	Повтор пройденного материала	Опрос
10	Уравнения сохранения для трехфазной системы с нелетучей нефтью, Закон Дарси при однофазной и многофазной фильтрации, модель нелетучей нефти Маскета-Мереса, Модель двухфазной фильтрации	2			1	О1; О3	Повтор пройденного материала	Опрос
11	Свойства флюидов и породы, Характерные зависимости свойств нефти и газа от давления, Зависимости	1			1	О1; О2	Повтор пройденного материала	Лабораторная работа

	давление-объем-температура (PVT)							
12	Свойства пластового газа, Фазовая диаграмма «давление-температура», Свойства нефти и воды, Относительная плотность, Объемный коэффициент, Газовый фактор, Коэффициент изотермической сжимаемости, Соленость, Примеры корреляций	1			2	O1; O2	Повтор пройденного материала	Лабораторная работа
13	Моделирование скважин, Учет скважины в сеточной модели, Простейшая модель скважины, Учет скин-эффекта и инерционно-турбулентных эффектов, Среднее давление, Радиус Писмена, Эквивалентный радиус ячейки для пласта с анизотропной проницаемостью	1			2	O1; O3;	Повтор пройденного материала	Лабораторная работа
14	Tempest More - Модульная система гидродинамического моделирования нефтегазовых месторождений.	1			2	Д3;	Повтор пройденного материала	Лабораторная работа

	Создание модели нелетучей нефти с использованием результатов обработки исходных данных. Запуск и мониторинг моделирования, адаптация модели к истории разработки, просмотр результатов и создание отчетов.							
15	ПК «РН-КИМ» - программный комплекс для гидродинамического моделирования. 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	Д1, Д2	Повтор пройденного материала	Лабораторная работа
	Всего часов:	24			19,8			

