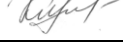


ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
НАИМЕНОВАНИЕ ФИЛИАЛА  
НАИМЕНОВАНИЕ ФАКУЛЬТЕТА (ИНСТИТУТА)

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол №5 от «12» января 2022 г.

Зав. кафедрой  /Ковалева Л.А.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

 / Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина Гидродинамическое моделирование


Б1.В.1.03 вариативная часть, обязательные дисциплины

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)  
03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность (профиль) подготовки  
Моделирование физических процессов и технологий

Квалификация  
Бакалавр

Разработчик (составитель) <u>доцент, к.ф.-м.н.</u>	 / <u>Мусин А.А.</u>
---	--

Для приема: 2022

Уфа 2022 г.

Составитель / составители: Мусин А.А.

Рабочая программа дисциплины *утверждена* на заседании кафедры протокол от «12» января 2022г. № 5

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Ковалева Л.А. /

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Ковалева Л.А. /

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ 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. Рейтинг-план дисциплины
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-3**- способностью понимать ключевые аспекты и концепции в области их специализации;

**ОПК-4** - способностью анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения);

**ПК-4** - способностью критически оценивать применимость применяемых методик и методов.

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	ОПК-3	
	2. знать основные принципы и этапы ведения научно-исследовательской работы в области гидродинамического моделирования	ОПК-4	
	3. знать современные тенденции развития в решении прямых и обратных задач при гидродинамическом моделировании	ПК-4	
Умения	1. уметь ставить и решать конкретные прикладные задачи, связанные с течением жидкостей в трубопроводах и фильтрационными процессами в пористых средах	ОПК-3	
	2. уметь анализировать полученные в ходе моделирования данные и делать научные выводы	ОПК-4	
	3. уметь применять современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации при работе в гидродинамических симуляторах	ПК-4	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. владеть приемами работы в пакетах прикладных программ, предназначенных для гидродинамического моделирования	ОПК-3	
	2. владеть навыками получения и анализа результатов	ОПК-4	

	гидродинамического моделирования при решении научных задач на компьютере		
	3. владеть навыками компьютерного моделирования в гидродинамическом симуляторе	ПК-4	

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

Дисциплина «Гидродинамическое моделирование» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7, 8 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.

#### 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-3 - способностью понимать ключевые аспекты и концепции в области их специализации;

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 (уровень)	Знать современные представления и методы исследований процессов и явлений, происходящих в гидродинамических системах и в продуктивных коллекторах	Не знает современные представления и методы исследований процессов и явлений, происходящих в продуктивных коллекторах	Имеет фрагментарные знания о методах исследований процессов и явлений, происходящих в продуктивных коллекторах	Знает методы исследований процессов и явлений, происходящих в продуктивных коллекторах	Уверенно знает современные представления и методы исследований процессов и явлений, происходящих в продуктивных коллекторах
Второй этап (уровень)	Уметь ставить и решать конкретные прикладные задачи, связанные с течением жидкостей в трубопроводах и фильтрационными процессами в пористых	Не умеет решать конкретные прикладные задачи, связанные с фильтрационными процессами в пористых средах	Знает методы и методику решения прикладных задач, связанных с течением жидкостей в трубопроводах и фильтрационными процессами в пористых средах	Решает прикладные задачи, связанные с течением жидкостей в трубопроводах и фильтрационными процессами в пористых	Может самостоятельно ставить и решать конкретные прикладные задачи, связанные с фильтрационным

	средах				и процесса ми в пористых средах
Третий этап (уровень)	Владеть приемами работы в пакетах прикладных программ, предназначенных для гидродинамического моделирования	Не способен работать в пакетах прикладных программ, предназначенных для гидродинамического моделирования	Способен выполнить ряд практических заданий в пакетах прикладных программ, предназначенных для гидродинамического моделирования	Может работать в пакетах прикладных программ, предназначенных для гидродинамического моделирования	Самостоятельно работает в пакетах прикладных программ, предназначенных для гидродинамического моделирования

ОПК-4 - способностью анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения);

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 (уровень)	Знать основные принципы и этапы ведения научно-исследовательской работы в области гидродинамического моделирования	Не знает основные принципы и этапы ведения научно-исследовательской работы в области гидродинамического моделирования	Имеет фрагментарные знания основных принципов и этапов ведения научно-исследовательской работы в области гидродинамического моделирования	Имеет достаточно хорошее представление об основных принципах и этапах ведения научно-исследовательской работы в области гидродинамического	Уверенно знает основные принципы и этапы ведения научно-исследовательской работы в области гидродинамического



				моделирования	кого моделирования
Второй этап (уровень)	Уметь анализировать полученные в ходе моделирования данные и делать научные выводы	Не умеет анализировать полученные в ходе моделирования данные и делать научные выводы	Может проанализировать полученные в ходе моделирования данные	Анализирует полученные в ходе моделирования данные и может сделать научные выводы	Самостоятельно анализирует полученные в ходе моделирования данные и делает научные выводы
Третий этап (уровень)	Владеть навыками получения и анализа результатов гидродинамического моделирования при решении научных задач на компьютере	Не способен получать и анализировать результаты гидродинамического моделирования	Способен получать результаты гидродинамического моделирования.	Способен получать и анализировать результаты гидродинамического моделирования.	Самостоятельно получает и анализирует результаты гидродинамического моделирования

ПК-4 - способностью критически оценивать применимость применяемых методик и методов.

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 (уровень)	Знать современные тенденции развития в решении прямых и обратных задач при гидродинамическом моделировании	Не владеет информацией о современных тенденциях развития в решении прямых и обратных задач	Имеет представление о методах решения прямых и обратных задач	Знает методы решения прямых и обратных задач при гидродинамическом моделировании	Знает современные тенденции и развития в решении прямых задач

	еском моделировании	задач		нии	и обратных задач при гидродинамическом моделировании
Второй этап (уровень)	Уметь применять современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации при работе в гидродинамических симуляторах	Не умеет использовать работать в гидродинамических симуляторах	Знает современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации при работе в гидродинамических симуляторах	Может применять современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации при работе в гидродинамических симуляторах	Самостоятельно применяет 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	Знает некоторые приемы компьютерного моделирования в гидродинамическом симуляторе	Может выполнить компьютерное моделирование в гидродинамическом симуляторе	Самостоятельно выполняет компьютерное моделирование в гидродинамическом симуляторе

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 экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; для зачета: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

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**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	знать современные представления и методы исследований процессов и явлений, происходящих в гидродинамических системах и в продуктивных коллекторах	ОПК-3	Практические задания Лабораторные работы
	знать основные принципы и этапы ведения научно-исследовательской работы в области гидродинамического моделирования	ОПК-4	Практические задания Лабораторные работы
	знать современные тенденции развития в решении прямых и обратных задач при гидродинамическом моделировании	ПК-4	Практические задания Лабораторные работы
2-й этап Умения	уметь ставить и решать конкретные прикладные задачи, связанные с течением жидкостей в трубопроводах и фильтрационными процессами в пористых средах	ОПК-3	Практические задания Лабораторные работы
	уметь анализировать полученные в ходе моделирования данные и делать научные выводы	ОПК-4	Практические задания Лабораторные работы

	уметь применять современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации при работе в гидродинамических симуляторах	ПК-4	Практические задания Лабораторные работы
3-й этап  Владеть навыками	владеть приемами работы в пакетах прикладных программ, предназначенных для гидродинамического моделирования	ОПК-3	Практические задания Лабораторные работы
	владеть навыками получения и анализа результатов гидродинамического моделирования при решении научных задач на компьютере	ОПК-4	Практические задания Лабораторные работы
	владеть навыками компьютерного моделирования в гидродинамическом симуляторе	ПК-4	Практические задания Лабораторные работы

#### 4.3. *Рейтинг-план дисциплины*

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

##### **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 Simplex 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 TempestMore. 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 TempestMore. 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 несущественные 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.



## 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.  
(<https://elib.bashedu.ru/dl/read/HabibullinFiz.Splosh.Sred.v%20PrimerahI%20Zadach.UchPos.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](http://www.openfoam.com) – официальный сайт пакета OpenFOAM
2. [www.cfd-online.com](http://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, ПК «РН-КИМ».

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

<i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i>	<i>Вид занятий</i>	<i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Учебная аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).	Лекции	<p><b>Наименование оборудования</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, кондиционер(сплит-система) Haier HSU-24HEK203/R2- HSU-24HUN03/R2, экран настенный с электроприводом ClassicLyra 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>Программное обеспечение</b> 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. 2. Windows Professional 8 Russian. OLP NL AcademicEdition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные. 3. Microsoft Office Standart 2013 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p>
Аудитория № 425 компьютерный класс (физмат корпус-учебное).	Практические занятия Лабораторные работы	<p><b>Наименование оборудования</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, компьютер в составе: SOC -1150 AsusIntelCore i3-4150.4096 mb.1024 mb.64bit DDR3.монитор 23, клавиатура, мышь, кондиционер (сплит-система) Haier HSU-18HEK203/R2-HSU-18HUN03/R2, копировальный аппарат Canon FC-230, персональный компьютер в комплекте №1 KlamaSoffice, монитор Dell 21 - 8 шт., принтер HP LaserJet 1220 лазерный A4 (принт+копир+сканер), принтер Samsung ML-1750 лазерный (A4, 16 стр/мин, 1200*600dpi, LPT/USB 2.0), проектор BenQ Projector PB7.210 (DIP, 1024*768, D-sub, RCA, S-Video, Component, USB), системный блок компьютера Celeron 315-2.26/s478 EliteGroup P4M800-M/256Mb/80Gb/3.5"/CD-ROM/ATX, шкаф лабораторный ШЛ-06 МСК 900*500*1850 2-х створчатый верх-стекло, низ-металл</p> <p><b>Программное обеспечение</b> 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. 2. Windows Professional 8 Russian. OLP NL AcademicEdition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные. 3. Microsoft Office Standart 2013 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные. 4. Права на использование Roxar software. Лицензия № RU 970297-A 5. Лицензионный договор № 100017/02314Д от</p>

		16.06.2017 г. Бессрочно.
Читальный зал №2, аудитория № 406 компьютерный класс (физмат корпус-учебное), система централизованного тестирования БашГУ	Самостоятельная работа	<p align="center"><b>Наименование оборудования</b></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: SOC -1150 AsusIntelCore i3-4150.4096 mb.1024 mb.64bit DDR3.монитор 23, клавиатура,мышь – 4 шт.; Кондиционер(сплит-система) Haier HSU-24HEK203/R2- HSU-24HUN03/R2 210136000003093, МФУ Kyocera V2030 DN 210134000003069; Персональный компьютер в комплекте № 1 iRUCorp – 6 шт.</p> <p align="center"><b>Программноеобеспечение</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. Лицензиибессрочные.</p>

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

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Гидродинамическое моделирование на 7-8 семестры  
(наименование дисциплины)  
очная  
форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	79,4
лекций	40
практических/ семинарских	16
лабораторных	22
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,4
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	37,6
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	27

Форма(ы) контроля:

    экзамен 8 семестр

    зачет 7 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			1,8	О1, О3	Повтор пройденного материала	Опрос
1.	Численные методы решения задач гидродинамики. Метод контрольных объемов.	2	2			О1, О4, О5		Опрос
2.	Использование CFD пакетов. Организация CFD пакетов. Этапы работыв пакете OpenFoam.	4	2			Д4, Д5		Опрос
3.	Подготовка расчетной сетки.	2	2			Д4, Д5		Практическое задание

4.	Задание граничных условий. Свойства среды. Этапы расчета.	2	2			Д4, Д5		Практическое задание
5.	Графическая визуализация расчетных данных.	2	2			Д4, Д5		Практическое задание
7.	Моделирование течения Пуазейля	2	2			О4, О5, Д4, Д5		Практическое задание
8.	Моделирование течения жидкости в канале переменного сечения	2	4			О4, О5, Д4, Д5		Практическое задание
3.	Уравнения фильтрации жидкости и газа, Закон сохранения массы, Многофазная многокомпонентная фильтрация, Модель нелетучей нефти	2			2	О1;О3	Повтор пройденного материала	Опрос
4.	Уравнения сохранения для трехфазной системы с нелетучей нефтью, Закон Дарси при однофазной и многофазной фильтрации, модель нелетучей нефти Маскета-Мереса, Модель двухфазной фильтрации	2			4	О1; О3	Повтор пройденного материала	Опрос
6	Свойства флюидов и породы, Характерные зависимости свойств	2			4	О1;О2	Повтор пройденного материала	Лабораторная работа

	нефти и газа от давления, Зависимости давление-объем-температура (PVT)							
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			2	O1;O2	Повтор пройденного материала	Лабораторная работа
	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	2			6	O1;O3;	Повтор пройденного материала	Лабораторная работа
9	TempestMore -	4		10	9,8	ДЗ;	Повтор	Лабораторная



	<p>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.</p>						<p>пройденного материала</p>	<p>работа</p>
10	<p>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</p>	6		12	8	Д1, Д2	<p>Повтор пройденного материала</p>	<p>Лабораторная работа</p>

	<b>Всего часов:</b>	40	16	22	37,6			
--	---------------------	----	----	----	------	--	--	--

## Рейтинг – план дисциплины

Гидродинамическое моделирование

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

специальность 03.03.01 Прикладные математика и физика

курс 4, семестр 7

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Практическое задание	10	4	0	40
2. Опрос	5	2	0	10
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Опрос	25	2	0	50
<b>Поощрительные баллы</b>				<b>10</b>
1. Студенческая олимпиада				
2. Публикация статей				
3. Работа со школьниками (кружок, конкурсы, олимпиады)				
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение практических (семинарских, лабораторных занятий)			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Зачет			-	-

## Рейтинг – план дисциплины

Гидродинамическое моделирование

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

специальность 03.03.01 Прикладные математика и физика

курс 4, семестр 8

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 2</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Лабораторная работа	10	2	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Опрос	15	1	0	15
<b>Модуль 3</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Лабораторная работа	10	2	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Опрос	15	1	0	15
<b>Поощрительные баллы</b>				<b>10</b>
1. Студенческая олимпиада				
2. Публикация статей				
3. Работа со школьниками (кружок, конкурсы, олимпиады)				
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
3. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
4. Посещение практических (семинарских, лабораторных занятий)			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Экзамен			0	30

**Форма экзаменационного билета**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1  
по дисциплине Гидродинамическое моделирование  
Направление 03.03.01 Прикладные математика и физика  
Профиль Моделирование физических процессов и технологий

1. Сущность, цели гидродинамического моделирования.
2. Продемонстрировать ввод-вывод данных в гидродинамическом симуляторе.

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_  
(дата)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Ковалева Л А  
(подпись) (Ф.И.О.)