

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол № 12 от «19» июня 2019г.
Зав. кафедрой _____ / Спивак С.И.

Согласовано:
Председатель УМК факультета математики и
информационных технологий
_____ / Ефимов А.М.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина Математическое моделирование процессов в многофазных системах

Обязательная часть

программа магистратуры

Направление подготовки (специальность)

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) подготовки

«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Квалификация
магистр

Разработчики (составители)
доцент, к.ф.-м.н., доцент

/ Вахитова Н.К.

Для приема: 2019

Уфа 2019 г.

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Вахитова Н.К.



Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры математического моделирования протокол от «25» июня 2018 г. № 8

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры _____,
протокол № ____ от « ____ » _____ 20 _ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры _____,
протокол № ____ от « ____ » _____ 20 _ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры _____,
протокол № ____ от « ____ » _____ 20 _ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ Ф.И.О/

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) 6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине 7
 - 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 7
 - 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 8
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
 - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины 13
 - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины 14
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине 14

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

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

Результаты обучения ¹		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Знать современное состояние исследуемой проблемы	ПК-1 - способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.	
	Знать основные принципы построения математических моделей	ПК-2 - способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	
Умения	Уметь видеть и понимать пути дальнейшего развития теории и методов ее решения	ПК-1 - способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.	
	Уметь формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных профес-	ПК-2 - способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и	

¹ Должны соответствовать картам компетенций.

	сиональных знаний; выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования; обрабатывать и анализировать полученные результаты	теоретические модели решаемых научных проблем и задач	
Владения (навыки / опыт деятельности)	Владеть адекватным математическим аппаратом для ведения научно-исследовательской работы	ПК-1 - способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.	
	Владеть фундаментальными знаниями в области математического моделирования, навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности, требующей широкого образования в соответствующем направлении, способностью использовать полученные знания в профессиональной деятельности	ПК-2 - способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО.

Дисциплина «Математическое моделирование процессов в многофазных системах» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Цель изучения дисциплины: формирование научного мышления посредством изучения основных законов и методов решения задач механики многофазных сред, формирование способности самостоятельно разрабатывать теоретические модели научных проблем, проводить научные исследования и анализировать полученные результаты.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: математический анализ, алгебра, векторный анализ, аналитическая геометрия, дифференциальные уравнения, тензорный анализ, теория поля, механика сплошных сред, молекулярная физика и термодинамика. Освоение дисциплины позволит в дальнейшем изучать вопросы механики сплошных и многофазных сред в рамках кандидатского минимума.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных заня-

тий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

Объем дисциплины «Математическое моделирование процессов в многофазных системах» составляет 5 ЗЕТ, или 180 академических часов, в том числе контактная работа с преподавателем 49,2 часов и самостоятельная работа студентов - 105 часов. Форма контроля - экзамен (2 семестр), часы на контроль -25,8.

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

ПК-1 - способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.

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: Знать современное состояние исследуемой проблемы	Отсутствие знаний	Частичные знания современного состояния исследуемой проблемы	Полные и четкие, но содержащие отдельные пробелы знания современного состояния исследуемой проблемы	Полные и четкие знания современного состояния исследуемой проблемы
Второй этап (уровень)	Уметь: видеть и понимать пути дальнейшего развития теории и методов ее решения	Отсутствие умений	Фрагментарные умения видеть и понимать пути дальнейшего развития теории и методов ее решения	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения видеть и понимать пути дальнейшего развития теории и	Сформированное умение видеть и понимать пути дальнейшего развития теории и методов ее решения

				методов ее решения	
Третий этап (уровень)	Владеть адекватным математическим аппаратом для ведения научно-исследовательской работы	Отсутствие владений	В целом успешные, но не систематические владения адекватным математическим аппаратом для ведения научно-исследовательской работы	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы владения адекватным математическим аппаратом для ведения научно-исследовательской работы	Успешные владения адекватным математическим аппаратом для ведения научно-исследовательской работы

ПК-2 - способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач

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: Знать основные принципы построения математических моделей	Отсутствие знаний	Частичные знания основных принципов построения математических моделей	Полные и четкие, но содержащие отдельные пробелы знания основных принципов построения математических моделей	Полные и четкие знания основных принципов построения математических моделей
Второй этап (уровень)	Уметь формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие	Отсутствие умений	Фрагментарные умения в формулировке и решении задач, в выборе методов исследования, в анализе результатов	В целом успешные умения в формулировке и решении задач, в выборе методов исследования, в анализе	Сформированное умение в формулировке и решении задач, в выборе методов

	углубленных профессиональных знаний; выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования; обрабатывать и анализировать полученные результаты			результатов	исследования, в анализе результатов
Третий этап (уровень)	Владеть фундаментальными знаниями в области математического моделирования, навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности, требующей широкого образования в соответствующем направлении, способностью использовать полученные знания в профессиональной деятельности	Отсутствие владений	В целом успешные, но не систематические фундаментальные знания в области математического моделирования, навыки самостоятельной научно-исследовательской деятельности	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы владения фундаментальными знаниями в области математического моделирования, навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности	Успешные владения фундаментальными знаниями в области математического моделирования, навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности

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 современное состояние исследуемой проблемы	ПК-1 - способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.	Индивидуальный, групповой опрос, задача, реферативный доклад, экзамен
	Знать основные принципы построения математических моделей	ПК-2 - способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	Индивидуальный, групповой опрос, задача, реферативный доклад, экзамен
2-й этап Умения	Уметь видеть и понимать пути дальнейшего развития теории и методов ее решения	ПК-1 - способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.	Индивидуальный, групповой опрос, задача, реферативный доклад, экзамен
	Уметь формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний; выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования; обрабатывать и	ПК-2 - способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	Индивидуальный, групповой опрос, задача, реферативный доклад, экзамен

	анализировать полученные результаты		
3-й этап Владеть навыками	Владеть адекватным математическим аппаратом для ведения научно-исследовательской работы	ПК-1 - способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.	Индивидуальный, групповой опрос, задача, реферативный доклад, экзамен
	Владеть фундаментальными знаниями в области математического моделирования, навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности, требующей широкого образования в соответствующем направлении, способностью использовать полученные знания в профессиональной деятельности	ПК-2 - способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	Индивидуальный, групповой опрос, задача, реферативный доклад, экзамен

Типовые задачи

- Двухфазная среда состоит из газовой фазы и сферических капель радиуса 0,1 мм, причем объемное содержание жидкой фазы равно 0,04%. Оценить число капель в единице объема смеси.
- Как изменилась общая межфазная поверхность сферических пузырьков в жидкости при их дроблении на 6 одинаковых частей?
- Два газовых пузырька в жидкости радиусами a_1 и a_2 сливаются в один пузырь радиуса a_3 . Найти коэффициент поверхностного натяжения, если давление в жидкости около пузырьков равно p , а процесс слияния можно считать изотермическим.
- Адиабатическая скорость звука в среде с водородными пузырьками равна 100 м/с. Чему равна скорость звука в среде с гелиевыми пузырьками при прочих равных условиях (размеры пузырьков, концентрация, давление).
- Получить дисперсионное соотношение для уравнения: $u_t + 2u_x = u_{xt}$.
- Какое уравнение соответствует дисперсионному соотношению $\frac{\omega}{k} = 1 - ik$?

Примерные темы докладов:

1. Линейное волновое уравнение. Вывод для сжимаемых сред. Решение волнового уравнения. Скорость звука в газах.
2. Уравнение Эйлера в форме Громеки-Ламба. Интеграл Коши-Лагранжа.
3. Гравитационные волны на мелкой воде. Солитоны.
4. Численное решение задачи о распространении стационарной волны в жидкости с пузырьками газа.
5. Аналитическое решение задачи о неустойчивости Рэлея-Тейлора
6. Анализ уравнения Бакли-Левретта в приближении квадратичной зависимости проницаемости от насыщенности.
7. Аналитическое решение задачи Плессета о неустойчивости сферической формы пузырька при колебаниях его в акустической поле.
8. Аналитическое решение задачи о неустойчивости Кельвина-Гельмгольца.
9. Формула Лапласа для разности давлений около искривленных поверхностей.

Экзаменационные билеты

2 семестр

Структура экзаменационного билета:

Билет содержит два теоретических вопроса

Примерные вопросы для экзамена:

1. Многофазные системы. Основные положения.
2. Уравнение неразрывности в многофазных средах и для смеси.
3. Уравнение движения в многофазных системах и для смеси.
4. Градиент и дивергенция в сферических координатах.
5. Волновое уравнение, скорость звука, потенциал, давление для однофазной смеси.
6. Скорость звука в газовзвесах.
7. Скорость звука в газожидкостной смеси (несжимаемая жидкость).
8. Скорость звука в газожидкостной смеси с учетом слабой сжимаемости жидкости.
9. Скорость звука в парожидкостных средах Формула Ландау.
10. Вывод уравнения Рэлея для колебаний пузырька в несжимаемой жидкости.
11. Уравнение Рэлея-Ламба с учетом "стесненности" пузырьков.
12. Линейное уравнение состояния пузырьков сред.
13. Метод дисперсионных соотношений. Применение к линейным уравнениям.
14. Нелинейное уравнение состояния пузырьков сред.
15. Распространение слабых нелинейных возмущений в диспергирующих средах (вывод уравнения БКдВ)
16. Нелинейное уравнение Бюргерса и его стационарное решение.

17. Нестационарное решение уравнения Бюргерса.
18. Уравнение КдВ и его решения: нестационарное, солитонное.
19. Метод малых возмущений.
20. Неустойчивость Рэлея-Тейлора. Постановка задачи, выводы.
21. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца. Постановка задачи, выводы.
22. Моделирование неустойчивости сферической формы газового пузырька в жидкости. Постановка задачи, выводы.
23. Фильтрация. Основные уравнения.
24. Уравнения двухфазной фильтрации.
25. Уравнение Бакли-Левретта.
26. Модель Рапопорта-Лиса.

Образец экзаменационного билета:

Билет №

1. Волновое уравнение, скорость звука, потенциал, давление для однофазной смеси.
2. Нестационарное решение уравнения Бюргерса.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

а) основная литература

1. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. - Москва ; Ленинград : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1950. - 678 с. : ил. - ISBN 978-5-4475-1896-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256639> (14.11.2018)
2. Левич В. Г. _Физико-химическая гидродинамика_ - Москва: Физматгиз, 1959
Левич, В.Г. Физико-химическая гидродинамика / В.Г. Левич. - Изд. 2-е, доп. и перераб. - Москва : Физматгиз, 1959. - 700 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-1568-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=257423> (16.11.2018).
3. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.6 Гидродинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва :Физматлит, 2001. — 736 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2232>. — Загл. с экрана.
4. Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидродинамика: Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1993 – 416 с.

Библиотека БашГУ . BSU 21.08.2015

Местонахождение и доступность

Место хранения Всего экз. Свободных экз. Шифр

БашГУ

а62 7 7 532.5 Б27

м 5 5 532.5 Б27

чз2 2 2 532.5 Б27

б) дополнительная:

5. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. 1987, ч. 1. М., Наука, 1987.
6. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. 1987, ч. 2. М., Наука, 1987.

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

1. «Электронная библиотека БашГУ» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>
3. ЭБС «ЛАНЬ» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>

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

с	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	2	3
<p>1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория № 515 (физико-математический корпус - учебное).</p> <p>2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория № 515 (физико-математический корпус - учебное).</p> <p>3. Учебная аудитория для проведения групповых и</p>	<p>Аудитория № 515 Учебная мебель, доска</p> <p>Аудитория № 426 Учебная мебель, доска, персональные компьютеры LenovoThinkCentreA70zIntelPentiumE5800, 320 Gb, 19" – 13 шт., шкаф TLKTWP-065442-G-GY</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Windows 8 Russian.Windows Professional 8 Russian Upgrade; лицензии бессрочные, договор №104 от 17.06.2013 г2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензии бессрочные, договор №114 от

<p>индивидуальных консультаций: аудитория № 515 (физико-математический корпус - учебное).</p> <p>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации: аудитория № 515 (физико-математический корпус - учебное).</p> <p>5. Помещения для самостоятельной работы: читальный зал № 2 (физико-математический корпус), аудитория № 426 компьютерный класс (физико-математический корпус – учебное).</p>		<p>12.11.2014 г.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Среда разработки Microsoft Visual Studio Community 2017 (Условия лицензии на программное обеспечение Microsoft Visual Studio Community 2017, свободное программное обеспечение). 4. AcademicEdition Networked Volume Licenses RAD Studio XE3 Professional Concurrent AppWaveEnglish; договор №263 от 07.12.2012 г. 5. Python 3.7 (лицензия Python SoftwareFoundationLicense, свободное программное обеспечение) 6. Язык программирования Go (лицензия BSD, свободное программное обеспечение). 7. Язык программирования PHP (The PHP License, version 3.01, свободное программное обеспечение). 8. СУБД MySQL (лицензия GNU GPL, свободное программное обеспечение). 9. Web-сервер Apache (Apache License, свободное программное обеспечение). 10. Lazarus (лицензия GNU GPL, свободное программное обеспечение). 11. Браузер Google Chrome (лицензия BSD, свободное программное обеспечение). 12. Архиватор 7-Zip. (лицензия GNU LGPL, свободное программное обеспечение). 13. Текстовый редактор Notepad++. (лицензия GNU GPL, свободное программное обеспечение). 14. Simply Linux x86_64 (лицензионный дого-
---	--	---

		<p>вор на программное обеспечение Simply Linux 8.2.0 и включенные для него программы для ЭВМ, свободное программное обеспечение)</p> <p>15. Коллекция компиляторов GCC. (лицензия GNU GPL, свободное программное обеспечение).</p> <p>Файловый менеджер GNU Midnight Commander (MC). (лицензия GNU GPL, свободное программное обеспечение).</p>
--	--	---

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины

Математическое моделирование процессов в многофазных системах

(наименование дисциплины)

на 2 семестр

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	5/180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	49,2
лекций	16
практических/ семинарских	
лабораторных	32
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем)	
ФКР	1,2
Контроль	25,8
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС) включая подготовку к экзамену/зачету	105

Формы контроля:

экзамен - 2 семестр

№	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			
2 семестр								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Дисперсные среды. Основные допущения механики гетерогенных сред. Феноменологическая теория многоскоростного континуума. Субстанциональные производные. Уравнения сохранения для составляющих: масс, импульсов	2		4	10	[1],[2],[5]	[1],[2],[5]	Индивидуальный, групповой опрос; доклады
2	Простейшие модели двухфазных систем: газозвеси и жидкости с пузырьками газа и пара. Задачи акустики. Скорость звука в таких системах. Учет	2		4	10	[1],[2],[5],[6]	[1],[2],[5],[6]	Индивидуальный, групповой опрос; реферативный доклады

	сжимаемости жидкости							
3	Модель двухфазной среды с двумя давлениями. Уравнение Рэлея для колебаний одиночного пузырька. Малые колебания пузырьков с жидкости. Частота Миннаерта. Задача Рэлея о схлопывании пустой полости. Уравнение Рэлея-Ламба с учетом «стесненности» пузырьков. Среднее давление в ячейке.	2		4	15	[1],[2],[5],[6]	[1],[2],[5],[6]	Доклады
4	Нелинейное уравнение состояния пузырьковой жидкости. Слабые нелинейные волны в пузырьковых средах. Уравнение Бюргерса-Кортевега-де-Вриза.	2		4	15	[1],[2],[5],[6]	[1],[2],[5],[6]	Индивидуальный, групповой опрос;
5	Некоторые решения уравнений Бюргерса и КдВ.	2		4	10	[1],[2],[5],[6]]	[1],[2],[5],[6]	Индивидуальный, групповой опрос; доклады
6	Метод дисперсионных соотношений.	2		4	15	[5],[6]	[5],[6]	Индивидуальный, групповой опрос; доклады

	Уравнение Буссинеска, Клейна-Гордона, двухволновое уравнение							
7	Неустойчивость Рэля-Тейлора. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца	2		4	10	[1],[2],[3]	[1],[2],[3]	Индивидуальный, групповой опрос; доклады
8	Двухфазная фильтрация. Насыщенность. Основные уравнения. Уравнение Бакли-Левретта и его анализ. Модель Рапопорта-Лиса	2		4	20	[4]	[4]	Индивидуальный, групповой опрос; доклады
	Всего	16		32	105			

Примечание: ЛК – лекция, ПЗ - практическое занятие, ЛР - лабораторная работа, СР- самостоятельная работа