Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ганеев Винер Валиахметович
Должность: Директор
Дата подписания: 22.10.2026 10:02:05
Уникальный программный ключ:
fceab25d7092f3bff743e8ad3f8d57fddc1f5e66

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

Бирский филиал

ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

УТВЕРЖДАЮ:
Декан
подписано ЭЦП Гайсин Ф.Р.
(подпись, инициалы, фамилия)

«26» 02 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование процессов в многофазных системах
(наименование дисциплины)

ОПОП ВО программа магистратуры
01.04.02 Прикладная математика и информатика
шифр и наименование направления подготовки (специальности)

направленность (профиль, специализация)

Направленность (профиль) "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ"
наименование направленности (профиля, специализации)

форма обучения
очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Бирск 2026 г.

Рабочая программа составлена на основании учебного плана основной профессиональной образовательной программы 01.04.02 Прикладная математика и информатика профиль Направленность (профиль) "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ", одобренного ученым советом Бирского филиала Уфимского университета науки и технологий (протокол №7 от 27.02.2026 г.) и утвержденного директором Бирского филиала 27.02.2026.

Зав.кафедрой кафедры высшей математики и физики *(наименование кафедры разработчика программы)*	*подписано ЭЦП*	Чудинов В.В.
Разработчик программы	*подписано ЭЦП*	Запивахина М.Н.
Руководитель образовательной программы	*подписано ЭЦП*	Бигаева Л.А.

1. Цель дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

1.1. Цель дисциплины

Цель изучения дисциплины: обобщение, углубление и систематизация знаний, умений и навыков магистрантов для разработки математических моделей и проведения их анализа при решении задач в области механики многофазных систем.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 1. – Результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной
код компетенции	наименование компетенции	
ОПК-1	Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1. Анализирует проблемы в области фундаментальной и прикладной математики
		ОПК-1.2. Формулирует задачи исследования.
		ОПК-1.3. Решает актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики
ОПК-2	Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1. Использует результаты прикладной математики для освоения, адаптации новых методов решения задач в области своих профессиональных интересов.
		ОПК-2.2. Реализует и совершенствует новые методы, решения прикладных задач в области профессиональной деятельности.
		ОПК-2.3. Проводит качественный и количественный анализ полученного решения с целью построения оптимального варианта.
ОПК-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Формулирует цели моделирования при решении прикладных задач профессиональной деятельности.
		ОПК-3.2. Разрабатывает математические модели при решении прикладных задач в области профессиональной деятельности
		ОПК-3.3. Анализирует математические модели при решении прикладных задач профессиональной деятельности

2. Структура и трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетные единицы (з.е.), 144 академических часов.

Таблица 2 – Объем дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов	Количество часов в семестре
Общая трудоемкость дисциплины	144	1 семестр - 72 2 семестр - 72
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	60	1 семестр - 30 2 семестр - 30
в том числе:		
лекции	24	1 семестр - 12 2 семестр - 12
лабораторные занятия	0	
практические занятия	36	1 семестр - 18 2 семестр - 18
Другие виды работ в соответствии с УП:		
контрольная работа	0	
консультации	0	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	84	1 семестр - 42 2 семестр - 42
Из них:		
контроль	0	
ФКР:		
зачет	0	
зачет с оценкой	0.2	2 семестр - 1
курсовая работа (проект)	2	2 семестр - 1
экзамен	0	

3 Содержание дисциплины

Таблица 3 – Содержание дисциплины

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Виды деятельности					Форма текущего контроля успеваемости
		Лек, час.	П, час.	ДЗ, час.	КуР, час.	СРС, час.	
1 курс / 1 семестр							
1	Механика сплошных многофазных сред Механика сплошных многофазных сред (феноменологическая теория). Пространственное осреднение в механике гетерогенных сред. Общий вид осредненных уравнений сохранения.	2	2			4	Решение задач
2	Механика дисперсных смесей и насыщенных жидкостью пористых сред Уравнения механики дисперсных смесей и насыщенных жидкостью пористых сред.	4	4			10	Решение задач

	Механика процессов околодисперсных частиц, капель и пузырьков. Тепло- и массобмен около капли, частицы и пузырька.						
3	Элементы акустики дисперсных систем Элементы акустики дисперсных систем	4	6			14	Решение задач
4	Основные задачи механики гетерогенных сред Основные задачи механики гетерогенных сред	2	6			14	Решение задач
Итого по 1 курсу 1 семестру		12	18			42	
1 курс / 2 семестр							
1	Основные понятия динамики гетерогенных систем Основные понятия динамики гетерогенных систем	2	4			6	Решение задач
2	Равновесные по скоростям модели Равновесные по скоростям модели	4	6			9.8	Решение задач
3	Уравнение импульсов для равновесной по скоростям смеси Уравнение импульсов для равновесной по скоростям смеси	4	4			12	Решение задач
4	Уравнение систем для равновесной газожидкостной смеси Уравнение систем для равновесной газожидкостной смеси	2	4			12	Решение задач
5	Дифференцированный зачет			1		0.2	
6	Курсовая работа				1	2	
Итого по 1 курсу 2 семестру		12	18	1	1	42	
Итого по дисциплине		24	36	1	1	84	

Таблица 4 – Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Наименование семинарских и практических работ	Объем, час.

4. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины. Баллы, выставляемые за конкретные виды деятельности представлены ниже.

Контрольные задания для проведения текущего контроля успеваемости

Решение задач

Решение задач способствует формированию умений и навыков относящихся к конкретной сфере деятельности

1. Масса жидкости движется так, что траектории частиц расположены на поверхностях коаксиальных цилиндров. Записать уравнение неразрывности.
2. Частицы жидкости движутся в плоскости, проходящей через ось z. Записать уравнение неразрывности.
3. Траектории частиц жидкости расположены на конусах, коаксиальных с осью z и имеющих общую вершину. Показать, что уравнение неразрывности в сферических координатах можно записать в виде:
4. С какой силой действует вода на прямоугольную плотину высотой и шириной, когда водохранилище заполнено водой доверху?

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания решения задач

Описание методики оценивания выполнения решения задачи: уделяется внимание выбранному алгоритму, рациональному способу решения, правильному применению формул, получению верного ответа.
Критерии оценки
5 баллов выставляется студенту, если: составлен правильный алгоритм решения задачи, в логическом рассуждении, в выборе формул и решении нет ошибок, получен верный ответ, задача решена рациональным способом.
4 баллов выставляется студенту, если: составлен правильный алгоритм решения задачи, в логическом рассуждении и решении нет существенных ошибок; правильно сделан выбор формул для решения; есть объяснение решения, но задача решена нерациональным способом или допущено не более двух несущественных ошибок, получен верный ответ.
3 баллов выставляется студенту, если: задача понята правильно, в логическом рассуждении нет существенных ошибок, но допущены существенные ошибки в выборе формул или в математических расчетах; задача решена не полностью или в общем виде.
1 баллов выставляется студенту, если: задача решена неправильно.
0 баллов выставляется студенту, если: задача не решена.

Курсовая работа

Описание курсовой работы: курсовая работа, как правило, включает теоретическую часть — изложение позиций и подходов, сложившихся в науке по данному вопросу, и аналитическую (практическую часть) — содержащую анализ проблемы на примере конкретной ситуации (на примере предприятия, экологической проблемы или иного объекта). Курсовая работа в обязательном порядке содержит оглавление, введение, в котором формулируются цель и задачи, теоретический раздел, практический раздел, иногда проектную часть, в которой студент отражает

проект решения рассматриваемой проблемы, заключение, список литературы, и приложения по необходимости. Объем курсовой работы может варьироваться.
1. Механика многоскоростных континуумов. Особенности описания гомогенных и гетерогенных смесей. Диффузионное приближение.
2. Уравнения движения гетерогенной среды с фазовыми переходами. Межфазный обмен импульсом и энергией. Термодинамика гетерогенной среды с фазовыми переходами.
3. Уравнения, описывающие микродвижение в гетерогенных смесях. Уравнения, описывающие процессы на межфазных границах. Осредненные параметры по фазам и межфазным поверхностям и их свойства.
4. Осредненные уравнения импульсов фаз и энергии фаз. Главный вектор межфазных сил давления.
5. Уравнение энергии пульсационного движения фазы. Об осреднении уравнений момента импульса фаз.
6. Уравнения механики дисперсных смесей. Уравнение сохранения.
7. Монодисперсная смесь сжимаемых фаз с вязкой сжимаемой несущей жидкостью при отсутствии хаотического и внутреннего движения дисперсных частиц.
8. Монодисперсная газовзесь с хаотическим движением и столкновением твердых дисперсных частиц.
9. Уравнения механики насыщенных жидкостью пористых сред. Пористая среда, насыщенная жидкостью или газом.
10. Об уравнениях состояния фаз в газо- и парожидкостных смесях. Обтекание твердой сферы. Обтекание капли и пузырька. Дробление.
11. Основные уравнения, описывающие сферически симметричные процессы движения, тепло- и массобмена вокруг капли или пузырька.
12. Динамика и теплообмен при пульсациях газового пузырька без фазовых переходов. Динамика, тепло- и массообмен при пульсациях парового пузырька с фазовыми переходами.
13. Волновое уравнение для равновесных систем. Волновые уравнения в рамках равновесных моделей.
14. Акустика суспензий. Дисперсионный анализ. Акустика пузырьковой жидкости. Дисперсия звука из-за вязкости. Дисперсия из-за межфазного теплообмена.
15. Кипящая жидкость. Об устойчивости кипящей жидкости.
16. Акустика тумана. Основные макро-уравнения. Газокапельная смесь. Парокапельная смесь. Об акустике каналов с проницаемыми стенками.
17. Уравнение для нелинейных волн в пузырьковой жидкости и некоторые решения. Бегущая волна. Ударная волна. Уединенная волна. Уравнение Кортевега-де Фриза.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения курсовой работы

Описание методики оценивания выполнения курсовой работы: оценка за выполнение курсовой работы ставится на основании качества содержания работы (достижение сформулированной цели и решение задач, полнота раскрытия темы, системность подхода, отражение знаний литературы и различных точек зрения по теме, нормативно-технологических документов, аргументированное обоснование выводов и предложений); соблюдение графика выполнения курсовой работы; за качество доклада на защите курсовой работы.
Критерии оценки (в баллах*):*
5 баллов (отлично) - выставляется студенту, если: содержание соответствует выбранной теме; главы и параграфы соответствуют содержанию курсовой работы; в наличии выводы по подразделам и разделам; изложение логично, грамотно; работа выполнена самостоятельно; имеются практические рекомендации; работа оформленна в соответствии с требованиями; студент аргументировано ответил на все вопросы при публичной защите работы.
4 балла (хорошо) - выставляется студенту, если: содержание соответствует выбранной теме; главы и параграфы недостаточно соответствуют содержанию курсовой работы; в наличии выводы по подразделам и разделам; есть недочеты в логике изложения, грамотности; работа выполнена

самостоятельно; имеются практические рекомендации; работа оформленна в соответствии с требованиями; студент аргументировано ответил не на все вопросы при публичной защите работы.
3 балла (удовлетворительно) - выставляется студенту, если: содержание не в полной мере соответствуе выбранной теме; главы и параграфы недостаточно соответствуют содержанию курсовой работы; нет выводов по подразделам и разделам; есть недочеты в логике изложения, грамотности; низкая самостоятельность выполнения работы; имеются практические рекомендации; оформление работы меет значительные недочеты; студент ответил не на все вопросы при публичной защите работы.
2 балла (неудовлетворительно) - выставляется студенту, если: содержание не соответствует выбранной теме; главы и параграфы не соответствуют содержанию курсовой работы; нет выводов по подразделам и разделам; отсутствует логика в изложении, есть значительные недочеты в грамотности; самостоятельность в выполнении работы крайне низкая; отсутствуют практические рекомендации; оформление работы меет значительные недочеты; студент не ответил на вопросы при публичной защите работы.

Дифференцированный зачет

Примерные вопросы к дифзачету, 1 курс / 2 семестр

1. Механика многоскоростных континуумов. Особенности описания гомогенных и гетерогенных смесей. Диффузионное приближение.
2. Уравнения движения гетерогенной среды с фазовыми переходами. Межфазный обмен импульсом и энергией. Термодинамика гетерогенной среды с фазовыми переходами.
3. Уравнения, описывающие микродвижение в гетерогенных смесях. Уравнения, описывающие процессы на межфазных границах. Осредненные параметры по фазам и межфазным поверхностям и их свойства.
4. Осредненные уравнения импульсов фаз и энергии фаз. Главный вектор межфазных сил давления.
5. Уравнение энергии пульсационного движения фазы. Об осреднении уравнений момента импульса фаз.
6. Уравнения механики дисперсных смесей. Уравнение сохранения.
7. Монодисперсная смесь сжимаемых фаз с вязкой сжимаемой несущей жидкостью при отсутствии хаотического и внутреннего движения дисперсных частиц.
8. Монодисперсная газовзесь с хаотическим движением и столкновением твердых дисперсных частиц.
9. Уравнения механики насыщенных жидкостью пористых сред. Пористая среда, насыщенная жидкостью или газом.
10. Об уравнениях состояния фаз в газо- и парожидкостных смесях. Обтекание твердой сферы. Обтекание капли и пузырька. Дробление.
11. Основные уравнения, описывающие сферически симметричные процессы движения, тепло- и массобмена вокруг капли или пузырька.
12. Динамика и теплообмен при пульсациях газового пузырька без фазовых переходов. Динамика, тепло- и массообмен при пульсациях парового пузырька с фазовыми переходами.
13. Волновое уравнение для равновесных систем. Волновые уравнения в рамках равновесных моделей.
14. Акустика суспензий. Дисперсионный анализ. Акустика пузырьковой жидкости. Дисперсия звука из-за вязкости. Дисперсия из-за межфазного теплообмена.
15. Кипящая жидкость. Об устойчивости кипящей жидкости.
16. Акустика тумана. Основные макро-уравнения. Газокапельная смесь. Парокапельная смесь. Об акустике каналов с проницаемыми стенками.
17. Уравнение для нелинейных волн в пузырьковой жидкости и некоторые решения. Бегущая волна. Ударная волна. Уединенная волна. Уравнение Кортевега-де Фриза.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания ответа на дифференцированном зачете

При оценке ответа на дифференцированном зачете максимальное внимание должно уделяться тому, насколько полно раскрыто содержание материала, четко и правильно даны определения, раскрыто содержание понятий, верно ли использованы научные термины, насколько ответ самостоятельный, использованы ли ранее приобретенные знания, раскрыты ли раскрыты причинно-следственные связи, насколько высокий уровень умения оперирования научными категориями, анализа информации, владения навыками практической деятельности.

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.

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.

Задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме:

2 семестр - дифзачет, 2 семестр - курсовая работа.

Проверяемыми на промежуточной аттестации элементами содержания являются темы дисциплины.

Для проверки *знаний* используются вопросы и задания в различных формах.

Умения, навыки (или опыт деятельности) и компетенции проверяются с помощью компетентностно-ориентированных задач (ситуационных, производственных или кейсового характера) и различного вида конструкторов.

Все задачи являются многоходовыми. Некоторые задачи, проверяющие уровень сформированности компетенций, являются многовариантными. Часть умений, навыков и компетенций прямо не отражена в формулировках задач, но они могут быть проявлены обучающимися при их решении.

В каждый вариант включаются задания по каждому проверяемому элементу содержания во всех перечисленных выше формах и разного уровня сложности. Такой формат позволяет

объективно определить качество освоения обучающимися основных элементов содержания дисциплины и уровень сформированности компетенций.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине при использовании модульно-рейтинговой системы

Критериями оценивания при модульно-рейтинговой системе являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины:

Шкалы оценивания:

Рейтинг-план дисциплины

Таблица перевода баллов текущего контроля в баллы рейтинга

	5	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	5	3	2	2	1	1	1	1	1	1
2		5	4	3	2	2	2	2	2	1
3			5	4	3	3	3	2	2	2
4				5	4	4	3	3	3	2
5					5	5	4	4	3	3
6						5	5	4	4	3
7							5	5	4	4
8								5	5	4
9									5	5
10										5

Рейтинг-план дисциплины представлен в Приложении 1.

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

5.1. Основная учебная литература

1. Ландау Л.Д. Теоретическая физика:в 3-х т.: учеб. пособ. для студ. физич. спец. ун-тов/Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц .-3-е изд., испр. и доп.-М.:Наука. Т. 1:Механика .-1973 .-208 с.
2. Глазков В.В. Динамика многофазных систем: учебное пособие. - Спб: Лань, 2018. - 168 с. https://e.lanbook.com/reader/book/107283/#2

5.2. Дополнительная учебная литература

1. Нигматуллин, Р. И. Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 010701 "Фундаментальная математика и механика" и 010800 "Механика и математическое моделирование" / Р. И. Нигматуллин .— Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2014 .— 639

5.3. Другие учебно-методические материалы

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

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

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/.
2. Электронная библиотечная система «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/.
3. Университетская библиотека онлайн biblioclub.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/.
4. Электронная библиотека УУНиТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elib.bashedu.ru/.
5. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rsl.ru/.
6. Национальная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://xn--90ax2c.xn--p1ai/viewers/.
7. Национальная платформа открытого образования npoed.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://npoed.ru/.
8. Электронное образование Республики Башкортостан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://edu.bashkortostan.ru/.
9. Информационно-правовой портал Гарант.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.garant.ru/.

Программное обеспечение

1. LIBREOFFICE - Договор №0301400003023000002 от 14.03.2023 (бессрочный)
2. Операционная система Astra Linux - Договор 0301400003023000002 от 14 марта 2023 бессрочно
3. Браузер Google Chrome - Бесплатная лицензия https://www.google.com/intl/ru_ALL/chrome/privacy/eula_text.html
4. Браузер Яндекс - Бесплатная лицензия https://yandex.ru/legal/browser_agreement/index.html
5. Браузер Яндекс, сервисы яндекс: метрика, wordstat - Бесплатная лицензия https://yandex.ru/legal/browser_agreement/index.html ссылка на лицензию https://yandex.ru/legal/metrica_mobile_agreement/index.html
6. Графический редактор gimp - Бесплатная лицензия GNU GPL v3 http://gimp.ru/download/gimp/

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения

Аудитория 311(ФМ)	Лекционная, Семинарская, Для курсового проектирования, Для консультаций, Для контроля и аттестации	Доска, компьютер, мебель, проектор, экран. Программное обеспечение 1. Браузер Google Chrome 2. Браузер Яндекс 3. Браузер Яндекс, сервисы яндекс: метрика, wordstat 4. Графический редактор gimp
Аудитория 406(ФМ)	Семинарская, Для консультаций, Для контроля и аттестации	Доска, мебель.
Аудитория 420(ФМ)	Для самостоятельной работы	Компьютер, мебель, нетбук, принтер, проектор, сканер mustek, учебно-методические пособия, учебно-наглядные материалы, экран. Программное обеспечение 1. LIBREOFFICE 2. Операционная система Astra Linux 3. Браузер Google Chrome
Читальный зал(ФМ)	Для курсового проектирования, Для самостоятельной работы	Компьютер, ксерокс, мебель, принтер, учебно-методические материалы. Программное обеспечение 1. LIBREOFFICE 2. Операционная система Astra Linux