Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ганеев Винер Валиахметович
Должность: Директор
Дата подписания: 02.11.2026 14:28:19
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

Модели подземной гидродинамики
(наименование дисциплины)

ОПОП ВО программа бакалавриата
01.03.02 Прикладная математика и информатика
шифр и наименование направления подготовки (специальности)

направленность (профиль, специализация)

Математическое моделирование и управление процессами и системами
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 01.03.02 Прикладная математика и информатика профиль Математическое моделирование и управление процессами и системами, 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: формирование знаний, умений и навыков в области подземной гидродинамики, необходимых для выявления естественнонаучной сущности физических процессов и решения теоретических и практических задач на базе фундаментальных основ механики сплошных сред и численных методов анализа процессов и явлений, происходящих в пористых средах и горных породах.

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 применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует навыки выполнения стандартных действий, решения типовых задач с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых математических и естественнонаучных дисциплин.
		ОПК-1.2. Демонстрирует навыки использования основных понятий, фактов, концепций, принципов математики, информатики и естественных наук для решения практических задач, связанных с прикладной математикой и информатикой.
		ОПК-1.3. Применяет фундаментальные знания для решения практических задач и использует их в профессиональной деятельности.
ОПК-3	Способенприменятьимодифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Строит адекватные математические модели реальных процессов, объектов и систем в соответствии предметной области.
		ОПК-3.2. Модифицирует математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности.
		ОПК-3.3. Применяет математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности

2. Структура и трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зачетные единицы (з.е.), 108 академических часов.

Таблица 2 – Объем дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов	Количество часов в семестре
Общая трудоемкость дисциплины	108	8 семестр - 108
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	54	8 семестр - 54
в том числе:		
лекции	24	8 семестр - 24
лабораторные занятия	0	
практические занятия	30	8 семестр - 30
Другие виды работ в соответствии с УП:		
контрольная работа	0	
консультации	0	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	54	8 семестр - 54
Из них:		
контроль	0	
ФКР:		
зачет	0	
зачет с оценкой	0.2	8 семестр - 1
курсовая работа (проект)	0	
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.	СРС, час.	
4 курс / 8 семестр						
1	Физические свойства пластовых жидкостей и газов. Законы фильтрации.					
1.1	Физические свойства пластовых жидкостей и газов. Плотность, удельный вес, вязкость жидкостей и газов. Растворимость газа в нефти, давление насыщения. Зависимость основных свойств жидкости и газа от температуры и давления. Реологические свойства нефти. Вязкопластичные жидкости.	2	2		10	Решение задач
1.2	Структурно-физические свойства коллекторов.	2	2		10	Кейс-задания

	Условия залегания нефти, воды и газа в естественном грунте, сложность описания естественного грунта. Модели естественного грунта: идеальный, фиктивный и реальный грунты. Математическое описание моделей грунтов. Эффективный диаметр реального грунта и методы его определения. Емкостные характеристики пористых сред: коэффициенты пористости и просветности и их взаимосвязь. Формула Слихтера.					
1.3	Законы фильтрации. Экспериментальное изучение движения жидкости в пористой среде. Понятие о скорости фильтрации и действительной скорости движения жидкости. Линейный закон Дарси. Фильтрационные параметры пористых сред: коэффициенты фильтрации и проницаемости. Связь между емкостными и фильтрационными параметрами пористых сред (между коэффициентами пористости и проницаемости). «Верхняя» и «нижняя» границы существования линейного закона фильтрации. Нелинейные законы фильтрации. Эмпирические формулы нелинейных законов фильтрации. Обобщенные формулы законов фильтрации.	4	4		4	Тестирование, Кейс-задания
2	Установившееся движение жидкости и газа.					
2.1	Установившееся движение несжимаемых жидкостей при нелинейных законах фильтрации. Одномерный (плоскопараллельный) и плоскорадиальный фильтрационные потоки: расход, распределение давления по длине потока, зависимость расхода от перепада давления, индикаторная диаграмма. Приток жидкости к скважине при существовании двух за-конов фильтрации	2	2		4	Решение задач
2.2	Установившееся безнапорное движение жидкостей в пористых средах. Понятие о грунтовых потоках: напор, свободная поверхность, живое сечение потока. Приток жидкости к галерее при линейном и нелинейном законах фильтрации: расход, распределение напора, уравнение свободной поверхности	2	2		2	Решение задач

2.3	Установившееся напорное движение несжимаемой жидкости в пористых средах Классификация фильтрационных потоков. Установившееся движение жидкости в одномерном (плоскопараллельном) потоке: расход, распределение давления по длине потока, распределение скоростей вдоль линии тока. Установившееся плоскорадиальное движение несжимаемой жидкости (приток к стоку и движение от источника): расход, распределение давления по длине потока, распределение скоростей вдоль линий тока, индикаторная диаграмма, коэффициент продуктивности скважины. Сферически-радиальное движение несжимаемой жидкости к стоку: расход, распределение давления по длине потока. Графические методы отображения фильтрационных полей.	2	2		2	Решение задач
2.4	Установившееся движение сжимаемых (упругих капельных) жидкостей и газов. Уравнение состояния сжимаемой капельной жидкости. Общее уравнение установившегося движения сжимаемой жидкости при линейном законе фильтрации. Методы описания установившегося движения сжимаемых жидкостей, функция Лейбензона. Понятие о массовой скорости и массовом расходе. Одномерный и плоскорадиальный потоки сжимаемой жидкости. Объемный и массовый расходы. Распределение плотности жидкости вдоль линии тока. Установившееся движение газа. Идеальный и реальный газы. Уравнения состояния газа. Вид функции Лейбензона для установившегося движения газа. Индикаторная диаграмма. Понятие об абсолютно свободном дебите газовой скважины. Исследование газовых скважин. Фильтрационные параметры и методы их определения. Определение дебита газовой скважины, индикаторные диаграммы газовых скважин.	2	2		6	Решение задач
2.5	Установившееся движение неоднородных жидкостей Гомогенные и гетерогенные смеси. Многокомпонентные и многофазные жидкости. Природные и техногенные	2	4		6	Решение задач

	неоднородные жидкости: окклюзии и эмульсии, газированные жидкости; механизм их образования и особенности течения в пористых средах. Понятия о насыщенности, фазовой проницаемости и относительной фазовой проницаемости. Движение газонефтяной окклюзии, физические и гидродинамические причины устойчивости окклюзии. Методы описания движения окклюзии. Понятие об установившемся потоке газонефтяной смеси, газовый фактор. Функция Христиановича. Формулы для расхода жидкой и газовой фаз. Движение водонефтяных эмульсий: зависимость относительных фазовых проницаемостей от насыщенности. Пендулярная и фуникулёрная водонасыщенность пористой среды. Уравнения движения жидкости при переменной насыщенности. Понятие об обводнённости пласта и обводнённости продукции скважины. Уравнение движения газоводонефтяных смесей.					
3	Дифференциальные уравнения подземной гидродинамики. Движение жидкости по несовершенным скважинам и неоднородных пластах.					
3.1	Приток жидкости к несовершенным скважинам. Понятие о несовершенной скважине. Несовершенство по степени и по характеру вскрытия. Способы учета гидродинамического несовершенства скважин. Вычисление дебита несовершенной скважины, понятие о приведённом радиусе скважины.	2	4		2	Кейс-задания
3.2	Дифференциальные уравнения подземной гидродинамики. Вывод общего уравнения неразрывности и дифференциальных уравнений движения капельных жидкостей, идеального и реального газов, неоднородных жидкостей (уравнение Фурье). Фильтрационное поле и его характеристика. Понятие о стационарном поле скорости фильтрации (уравнение Лапласа). Методы решения дифференциальных уравнений движения жидкости и газа; сущность метода смены	2	2		4	Решение задач

	стационарных состояний.					
3.3	Движение жидкости в неоднородном пласте. Виды и характер неоднородности, модели неоднородного пласта. Движение жидкости в слоисто-неоднородном пласте (одномерный и плоскорадиальный потоки): расход и распределение давления вдоль линии тока. Движение жидкости в зонально-неоднородном пласте (одномерный и плоскорадиальный потоки): расход и распределение давления вдоль линии тока. Понятие о призабойной зоне скважины. Принципы описания фильтрационных процессов в экранированных пластах.	2	4		3.8	Решение задач
4	Дифференцированный зачет			1	0.2	
Итого по 4 курсу 8 семестру		24	30	1	54	
Итого по дисциплине		24	30	1	54	

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

Тестовые задания

Описание тестовых заданий: тестовые задания включают тесты закрытого типа (с одним правильным ответом), тесты на установлении последовательности и на установление соответствия. Оценка за выполнение тестовых заданий выставляется на основании процента заданий, выполненных студентами в процессе прохождения промежуточного и рубежного контроля знаний

1. Что означает термин флюид?	1. смесь жидкости и газа 2. смесь нефти и газа 3. всякая текучая среда
2. Какая система называется однофазовой?	1. поверхность раздела выделить нельзя 2. поверхность раздела выделяется 3. движение флюида происходит по всем осям X,Y,Z
3. Что подразумевается под термином «фильтрация»?	1. размеры пустот, по которым происходит фильтрация 2. движение жидкостей и газов через твердые поры или трещины 3. вид пустот, по которым происходит фильтрация

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения тестовых заданий

Описание методики оценивания выполнения тестовых заданий: оценка за выполнение тестовых заданий ставится на основании подсчета процента правильно выполненных тестовых заданий.
Критерии оценки (в баллах)*:*
- **9-10** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 81 – 100 %;
- **7-8** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 61 – 80 %;
- **4-6** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 41 – 60 %;
- **до 4** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 40 %;

Решение задач

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

1. Какой плотностью должен быть глинистый раствор, закачиваемый в скважину для того, чтобы не было фонтанирования флюида через устьевую арматуру, если глубина скважины от устья до забоя 1800 м. Пластовое давление, измеренное прибором Рпл = 20,8 МПа.
2. На какую высоту будет фонтанировать скважина, если открыть устьевую арматуру Глубина скважины Н = 320 м. Манометр, установленный в устье скважины, показывает давление Р =0,032 МПа. В забое вода плотностью r = 1000 кг/м3.
3. Определите динамическую пористость породы объемом 6•108 м3, если объем, занятый подвижной жидкостью 3•102 м3.

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.

Кейс-задания

Описание кейс-заданий: кейс-задание представляет собой ситуационную задачу, требующую осмысления, анализа, а затем решения. Решение кейс-задания должно быть аргументированным, содержать пояснения.
1. Определить величину удельной поверхности песка (поверхности песчинок, заключенных в 1 м3 песчаного пласта), пористость которого m = 25% и эффективный диаметр песчинок 0.2 мм . Найти также число частиц в единице объема пласта, принимая их форму сферической.
2. Показать, что пористость m и просветность n фиктивного грунта не зависят от диаметра частиц, слагающих грунт. Рассмотреть случай, когда угол грани ромбоэдра θ = 90o.
3. Определить пористость и перосветность ячейки фиктивного грунта (по Слихтеру) в случае, когда угол грани ромбоэдра $\theta=90^0$.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения кейс-заданий

Описание методики оценивания: при оценке решения кейс-задания наибольшее внимание должно быть уделено тому, насколько полно раскрыто содержание материала, четко и правильно даны ли определения, раскрыто содержание понятий, верно ли использованы научные термины, использованы ли аргументированные доказательства, опыт деятельности, использованы ли ранее приобретенные знания, раскрыты ли причинно-следственные связи, насколько высок уровень умения оперирования научными категориями, анализа информации, владения навыками практической деятельности.
Критерии оценки (в баллах) (должны строго соответствовать рейтинг плану по макс. и мин. колич. баллов и только для тех, кто учится с использованием модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов):

- **2** балла выставляется студенту, если задание грамотно проанализировано, установлены причинно-следственные связи, демонстрируются умения работать с источниками информации, владение навыками практической деятельности, найдено оптимальное решение кейс-задание;
- **1** балл выставляется студенту, если задание проанализировано поверхностно, не установлены причинно-следственные связи, демонстрируются слабые умения работать с источниками информации, неуверенное владение навыками практической деятельности, найдено решение кейс-задания, но имеет значительные недочеты;
- **0** баллов выставляется студенту, если задание не проанализировано, не установлены причинно-следственные связи, демонстрируется отсутствие умения работать с источниками информации, не сформированы навыки практической деятельности, решение кейс-задания не найдено.

Дифференцированный зачет

Примерные вопросы к дифзачету, 4 курс / 8 семестр

1. Понятие о пористой среде. Важнейшие характеристики порового коллектора (по-ристость, просветность, проницаемость). Законы фильтрации. Линейный закон фильтрации (закон Дарси).
2. Дифференциальное уравнение движения. Закон Дарси в дифференциальной форме.
3. Причины нарушения закона Дарси и пределы его применимости. Анализ и интер-претация экспериментальных данных.
4. Нелинейные законы фильтрации.
5. Понятие о математической модели решения задач подземной гидромеханики. По-нятие о структурных моделях пористых сред.
6. Дифференциальное уравнение неразрывности. Его физический смысл и основное назначение.
7. Основные зависимости параметров пористой среды и флюидов от давления.
8. Уравнение Лейбензона. Для неустановившегося движения жидкости в пористой среде.
9. Уравнение Лейбензона. Для неустановившегося движения газа в пористой среде.
10. Функция Лейбензона. Уравнение неустановившейся фильтрации однородного флюида по закону Дарси.
11. Начальные и граничные условия при решении задач теории фильтрации.
12. Модели одномерных фильтрационных потоков.
13. Основные формулы прямолинейно - параллельной фильтрации несжимаемой жид-кости и совершенного газа.
14. Основные формулы плоскорадиальной фильтрации несжимаемой жидкости и со-вершенного газа.
15. Основные формулы радиально – сферической фильтрации несжимаемой жидкости и совершенного газа.
16. Основные формулы плоскорадиальной фильтрации несжимаемой жидкости и со-вершенного газа по степенному закону.
17. Основные формулы плоскорадиальной фильтрации несжимаемой жидкости и со-вершенного газа по двучленному закону.
18. Основные формулы прямолинейно – параллельного потока несжимаемой жидко-сти и совершенного газа в неоднородных пластах (слоисто-неоднородный пласт и зонально - неоднородный пласт).
19. Основные формулы плоскорадиального потока несжимаемой жидкости с совер-шенного газа в неоднородных пластах (слоисто-неоднородный пласт и зонально - неоднородный пласт).
20. Потенциал точечного источника и стока на плоскости.
21. Приток жидкости к группе скважин в пласте с удаленным контуром питания.
22. Приток жидкости к скважине в пласте с прямолинейным контуром питания.

23. Приток жидкости к бесконечной цепочке (линейной батарее) скважин. Метод эквивалентных фильтрационных сопротивлений.
24. Приток жидкости к кольцевым батареям скважин. Метод эквивалентных фильтра-ционных сопротивлений.
25. Характеристика потока в условиях нелинейного закона фильтрации.
26. Типовые гидродинамические характеристики пласта.
27. Определение параметров пласта при установившемся процессе фильтрации жид-кости.
28. Определение параметров пласта при неустановившемся процессе фильтрации жидкости.
29. Понятие о несовершенстве скважин. Фильтрационное сопротивление скважины. Скин фактор.
30. Неустановившееся движение упругой жидкости в деформируемой пористой среде.
31. Установившееся движение однородной несжимаемой жидкости в неоднородных пористых средах.
32. Установившееся нерадиальное движение несжимаемой жидкости при линейном законе фильтрации.
33. Понятие об интерференции скважин.

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:

8 семестр - дифзачет.

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. Бабаян, Э.В. Буровая гидравлика : учебное пособие / Э.В. Бабаян. — Электрон. дан. — Вологда : "Инфра-Инженерия", 2018. — 156 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/108646
2. Козырь, И.Е. Практикум по гидравлике [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / И.Е. Козырь, И.Ф. Пикалова, Н.В. Ханов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 176 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/72985
3. 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.

5.2. Дополнительная учебная литература

1. Павловский, В.А. Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Павловский, Д.В. Никущенко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 368 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/103064.
2. 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. Браузер Google Chrome - Бесплатная лицензия https://www.google.com/intl/ru_ALL/chrome/privacy/eula_text.html
2. LIBREOFFICE - Договор №0301400003023000002 от 14.03.2023 (бессрочный)
3. Операционная система Astra Linux - Договор 0301400003023000002 от 14 марта 2023 бессрочно

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

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Аудитория 231(ФМ)	Лекционная, Семинарская, Для курсового проектирования, Для консультаций, Для контроля и аттестации, Для лабораторных занятий, Для практических занятий	Доска, коммутатор, компьютер, мебель.
Аудитория 301 Читальный зал (электронный каталог)(ФМ)	Для самостоятельной работы	Компьютер, мебель, принтер, сканер hp scanyet g2410. Программное обеспечение 1. Браузер Google Chrome 2. LIBREOFFICE
Аудитория 311 а(ФМ)	Для хранения оборудования	Компьютер, терминал видео конференц-связи lifesizeicon 600 camera 10x цифровой , учебно-методическая литература. Программное обеспечение 1. LIBREOFFICE 2. Браузер Google Chrome
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