МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе, качеству образования – первый проректор
_____ Хагуров Т.А.
28 мая 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.04.02

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА

Направление подготовки
02.03.01 Математика и компьютерные науки
Направленность (профиль)
Математическое и компьютерное моделирование
Форма обучения очная
Квалификация бакалавр

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 784646E3066E8274355AC2198BDD2E1D
Владелец: Хагуров Темыр Айтечевич
Действителен: с 25.07.2022 до 18.10.2023

Краснодар 2021

Рабочая программа дисциплины «Численное моделирование в задачах тепломассоперено-са» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стан-дартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.01 Математи-ка и компьютерные науки (с двумя профилями подготовки)

Программу составил:
доцент, канд. физ.-мат. наук,
Бунякин А. В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры
математических и компьютерных методов, протокол № 10 от 08.04.2021.

Заведующий кафедрой
математических и компьютерных методов Лежнев А. В.

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики
и компьютерных наук, протокол № 3 от 12.05.2021.

Председатель УМК факультета математики
и компьютерных наук Шмалько С. П.

Рецензенты:

Савенко И. В., коммерческий директор ООО «РосГлавВино»

Никитин Ю. Г., доцент кафедры теоретической физики и компьютерных технологий ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Численное моделирование в задачах тепломассопереноса»: состоит в обучении применению современных математических методов для решения задач естествознания (физике, механике жидкости и газа, теории упругости), их технических приложений, так как математические модели такого рода являются широко распространенными. Получение высшего профессионального образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности с применением современных математических методов.

Предмет изучения дисциплины «Численное моделирование в задачах тепломассопереноса»: математические модели процессов и объекты, состояние которых переменно в пространстве и во времени.

1.2 Задачи дисциплины

Основные задачи изучения дисциплины «Численное моделирование в задачах тепломассопереноса»:

– Ознакомление студентов с методологическими подходами, позволяющими строить адекватные математические модели в задачах естествознания, использовать математическое описание физических явлений;

– ознакомление с некоторыми широко распространенными моделями физики (в основном механики) и основными методами исследования этих моделей.

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численное моделирование в задачах тепломассопереноса» относится к обязательной части блока Б.1 «Дисциплины (модули)». В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 3 курсе по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации – зачёт.

Предшествующими дисциплинами, необходимыми для изучения данной дисциплины, являются «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Теория функций действительного переменного», «Линейная алгебра», «Алгебра», «Аналитическая геометрия», «Геометрия», «Программирование», «Математические пакеты и их применение в естественнонаучном образовании».

Последующими дисциплинами, для изучения которых необходима данная дисциплина, являются «Математический практикум», «Численные методы», «Компьютерное моделирование».

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Численное моделирование в задачах тепломассопереноса» направлен на формирование у обучающихся следующих компетенций.

Код и наименование индикатора* достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 – Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий	
ПК-1.1 – Демонстрирует навыки решения задач математического анализа, ли-	Знает основные методы критического анализа и основы системного подхода как общенаучного метода

Код и наименование индикатора* достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
нейной алгебры и аналитической геометрии, используя фундаментальные знания, полученные в области данных математических дисциплин	Умеет анализировать задачу, используя основы критического анализа и системного подхода
	Умеет осуществлять поиск необходимой для решения поставленной задачи информации, критически оценивая надежность различных источников информации
ПК-1.2 – Демонстрирует навыки программирования подготовленных алгоритмов решения вычислительных задач, разработки структуры и программирования реляционных баз данных, а также экспертных систем	Знает принципы, критерии, правила построения суждения и оценок
	Умеет формировать собственные суждения и оценки, грамотно и логично аргументируя свою точку зрения
	Умеет применять теоретические знания в решении практических задач
ПК-1.3 – Владеет сетевыми технологиями, в том числе, основами теории нейронных сетей	Знает основные принципы построения вычислительной технологии сетевого типа
	Умеет выбрать программное обеспечение для решения поставленной задачи, в том числе – топологию нейронной сети
	Владеет методиками отладки сетевых программ
ПК-1.4 – Собирает и анализирует научно- техническую информацию с учетом базовых представлений, полученных в области фундаментальной математики, механики, естественных наук, программирования и информационных технологий	Знает основные функции математических пакетов программ для проведения символических вычислений
	Умеет проводить формальные доказательства математических результатов на основе аксиоматически заданных свойств объектов и операций
	Владеет навыками обеспечения корректности выполнения алгебраических операций компьютерными средствами
ПК-3 – Способен математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	
ПК-3.1 – Демонстрирует навыки доказательства теорем существования и единственности решения классических задач линейной алгебры, теории обыкновенных дифференциальных уравнений и теории уравнений математической физики)	Знает основные понятия, методы и результаты алгебры, дифференциальных уравнений (обыкновенных и с частными производными)
	Умеет решать типовые задачи алгебры, дифференциальных уравнений (обыкновенных и с частными производными
	Владеет навыками применения методов компьютерных вычислений
ПК-3.2 – Демонстрирует навыки доказательств устойчивости решений дифференциальных задач в классической и обобщенной постановках	Знает основные типы устойчивости (неустойчивости) задач для обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений с частными производными
	Умеет применять основные методы исследования устойчивости численного решения, например – по спектральному признаку
	Владеет методиками исследования на устойчивость численного алгоритма
ПК-3.3 – Демонстрирует навыки исследования вычислительной устойчивости решений алгебраических систем и дискретных аналогов дифференциальных задач	Знает основы методологии преподавания абстрактной алгебры
	Умеет систематизировано излагать основные понятия, методы и результаты абстрактной алгебры
	Владеет навыками преподавания основ компьютерной алгебры

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётных единицы (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Виды работ		Всего, часов	6 семестр, часов
Контактная работа, в том числе:		**79.2**	**79.2**
Аудиторные занятия (всего):		**63.2**	**63.2**
занятия лекционного типа		18	18
лабораторные занятия		34	34
практические занятия		–	–
семинарские занятия		–	–
Иная контактная работа:		–	–
Контроль самостоятельной работы (КСР)		11	11
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:		**44.8**	**44.8**
Подготовка к лабораторным работам		30	30
Подготовка к текущему контролю		14,8	14,8
Контроль:		–	–
Подготовка к зачёту		–	–
Общая трудоемкость	**часов**	**108**	**108**
	в том числе контактная работа	**79,2**	**79,2**
	зач. ед.	**3**	**3**

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины представлены в таблице.

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Вне-аудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	Задачи естествознания и математическое моделирование физических процессов. Основные задачи математической физики (задача распространения тепла, задачи о диффузии в многокомпонентной среде).	30,8	6	–	10	14,8
2	Элементы теории потенциала. Полные системы потенциалов. Постановка краевых задач. Алгоритмы решения задач математической физики по методам потенциалов.	22	4	–	8	10
3	Моделирование нестационарных физических процессов. Уравнения в частных производных со старшим оператором Лапласа.	22	4	–	8	10
4	Типы систем дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка и специфика методов, применяемых для нахождения множеств их решений.	22	4		8	10
	ИТОГО по разделам дисциплины	96,8	18	–	34	33,6
	КСР	11	–	–	–	11
	ИКР	0,2	–	–	–	0,2
	Подготовка к текущему контролю	–	–	–	–	–
	Общая трудоемкость по дисциплине	108	18	–	34	44,8

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента.

2.3 Содержание разделов дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	Задачи естествознания и математическое моделирование физических процессов. Основные задачи математической физики (задача распространения тепла, задачи о диффузии в многокомпонентной среде).	1.1 Математическая физика. Постановка краевых задач. Существование и единственность решения. 1.2 Корректность и некорректность. Обратные задачи. 1.3. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных. Уравнение теплопроводности и диффузии. Стационарные процессы и эллиптические уравнения.	УО
2	Элементы теории потенциала. Полные системы потенциалов. Постановка краевых задач. Алгоритмы решения задач математической физики по методам потенциалов.	2.1 Интегральные операторы теории потенциала. Фундаментальное решение уравнения Лапласа. 2.2 Потенциалы простого и двойного слоя, объемный потенциал. 2.3. Потенциал Робена. Интегральные операторы. 2.4. Представление функций потенциалами. Лемма Новикова.	УО, ПО
3	Моделирование нестационарных физических процессов. Уравнения в частных производных со старшим волновым оператором.	3.1 Полнота сдвигов фундаментального решения уравнения Лапласа в подпространстве гармонических функций. 3.2. Системы потенциалов полные на границе области. Полнота модифицированных систем, полученных из фундаментального решения. 3.3 Граничное управление температурой.	УО, ПО
4	Типы систем дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка и специфика методов, применяемых для нахождения множеств их решений.	4.1 Системы параболического типа (методы классификации и примеры). 4.2. Системы эллиптического типа (методы классификации и примеры). 4.3. Системы смешанного типа (примеры).	УО, ПО

2.3.2 Лабораторные работы

Распределение лабораторных работ по разделам дисциплины представлено в таблице. Формами текущего контроля являются устный опрос (УО) и письменный опрос (ПО).

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	Решение основных задач математической физики (задача распространения тепла, задачи о диффузии в многокомпонентной среде).	1.1 Постановка краевых задач. Существование и единственность решения. 1.2 Корректность и некорректность. Обратные задачи. 1.3. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных. Уравнение теплопроводности и диффузии. Стационарные процессы и эллиптические уравнения.	УО, ПО
2	Применение теории потенциала. Полные системы потенциалов. Постановка краевых задач. Алгоритмы решения задач математической физики по методам потенциалов.	2.1 Интегральные операторы теории потенциала. Фундаментальное решение уравнения Лапласа. 2.2 Потенциалы простого и двойного слоя, объемный потенциал. 2.3. Потенциал Робена. Интегральные операторы. 2.4. Представление функций потенциалами. Лемма Новикова.	УО, ПО
3	Нестационарные физические процессоы (гидроудар и гидравлический прыжок). Уравнения в частных производных со старшим оператором Лапласа.	4.1 Системы параболического типа (методы классификации и примеры). 4.2. Системы эллиптического типа (методы классификации и примеры). 4.3. Системы смешанного типа (примеры).	УО, ПО

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Выполнение курсовых работ (проектов) учебным планом не предусмотрено.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Самостоятельная работа студентов по дисциплине включает следующие виды деятельности:

- проработку и анализ лекционного материала;
- изучение учебной литературы;

- поиск информации в сети Интернет по различным вопросам;
- решение задач по темам курса;
- работу с вопросами для самопроверки;
- подготовку к контрольной работе;
- подготовку к зачёту.

Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины представлен в таблице.

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка и анализ лекционного материала; решение задач по темам курса; работа с вопросами для самопроверки	«Методические указания по организации самостоятельной работы студентов», утвержденные кафедрой информационных и образовательных технологий, протокол № 1 от 31 августа 2017 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– в форме аудиофайла;

– в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме;

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме;

– в форме электронного документа;

– в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, лабораторные работы, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Для более эффективного восприятия материала часть лекций и лабораторных работ проводится с применением мультимедийного оборудования – комплекса аппаратно-

программных средств, позволяющих пользователю работать с графикой, текстом, звуком, видео и др., организованными в виде единой информационной среды.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Перечень вопросов для контроля СРС и подготовки к зачёту.

1. Математическое моделирование процессов тепломассопереноса.
2. Математическая физика. Постановка краевых задач. Существование и единственность решения. Корректность и некорректность.
3. Обратные задачи. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных.
4. Уравнение теплопроводности, диффузии и фильтрации.
5. Нестационарные процессы и параболические уравнения.
6. Элементы теории потенциала. Интегральные операторы теории потенциала
7. Фундаментальное решение уравнения Лапласа. Потенциалы простого и двойного слоя, объемный потенциал.
8. Потенциал Робена. Интегральные операторы.

Представление функций потенциалами. Лемма Новикова. Полные системы потенциалов

9. Полнота сдвигов фундаментального решения уравнения Лапласа в подпространстве гармонических функций.
10. Системы потенциалов полные на границе области. Полнота модифицированных систем, полученных из фундаментального решения.
11. Алгоритмы задач математической физики. Алгоритм задачи Робена.
12. Внутренняя и внешняя задача Дирихле для уравнения Лапласа и Пуассона.
13. Внутренняя задача и внешняя задача Неймана для уравнения Лапласа и уравнения Пуассона.
14. Граничное управление температурой. Бигармоническое уравнение.
15. Моделирование физических процессов. Задачи математической физики.
16. Примеры задач математической физики. Задача распространения тепла.
17. Обратная задача для уравнения теплопроводности.
18. Основные типы дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. Постановка краевых задач.
19. Алгоритмы расчета по явным и неявным численным схемам для уравнения теплопроводности.

20. Алгоритмы решения задач об управлении температурой.

Примеры типовых заданий для текущего контроля успеваемости.

С использованием линейного закона теплопроводности смоделировать следующие явления:

1. В задаче плоскопараллельной теплопроводности область имеет границы в виде прямоугольника. На четырех сторонах его заданы разные температуры. Начальное состояние – это нулевая температура внутри области. Описать алгоритм нахождения распределения температуры по пространству и со временем. Коэффициент теплопроводности, плотность и теплоемкость среды заданы. Использовать линейный закон Фурье.

2.Однородный бесконечный стержень нагрет до «половины» (до нуля слева) одной температурой, а – справа – другой. Найти распределите тепла в пространстве и со временем, зная коэффициент теплопроводности, плотность, теплоемкость среды и используя линейный закон Фурье.

3.В задаче плоскопараллельной теплопроводности распределение температуры инвариантно относительно поворота на любой угол вокруг оси цилиндрической системы координат (так называемая – круговая симметрия). На двух цилиндрах заданных радиусов, имеющих одну ось симметрии (вышеуказанную), температуры заданы и неизменны во времени. Начальное состояние характеризуется одинаковой температурой, равной той, что задана на внешнем цилиндре. Найти распределение температуры в области между цилиндрами в зависимости от радиуса и со временем. Коэффициент теплопроводности, плотность и теплоемкость среды заданы и одинаковы в области между цилиндрам. Использовать линейный закон Фурье.

4.Условие аналогично предыдущей задаче, но только распределение температуры инвариантно относительно поворота на любую ось, проходящую через нуль, а вместо цилиндров – концентрические сферы, вместо цилиндрической системы координат – сферическая (так называемая – шаровая симметрия).

Критерии оценивания по зачету.

Оценка «Зачтено» выставляется при условии, что студент проявил знания основного минимума изученного материала в объеме, необходимом для последующего обучения. Практическое задание выполнено, возможно, имеются отдельные неточности и ошибки.

Оценка «Не зачтено» выставляется при условии, что обнаружены существенные пробелы в знании основного материала, практическое задание выполнено не в полном объёме, имеются существенные ошибки, окончательных ответов не получено.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5 ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

5.1 Учебная литература

Основная литература:

1. Сабитов, К.Б. Уравнения математической физики [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Москва: Физматлит, 2013. – 352 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59660

2. Темам Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред: учебное пособие / Темам Р., Миранвиль А. — Электрон. дан. — М.: "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2017. — 323 с. – ISBN 978-5-00101-494-2- [Электронный ресурс] – URL: https://e.lanbook.com/book/94110 (06.04.2018).

3. Рябенький, В. С. Введение в вычислительную математику [Электронный ресурс] / В. С. Рябенький. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 288 с. - (Физтеховский учебник). - ISBN 978-5-9221-0926-0. – Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/544692

Дополнительная литература:

1. Присекин, В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел: учебник / В.Л. Присекин, Г.И. Расторгуев. – НГТУ, 2009. - 240 с. ISBN 978-5-7782-1287-9. — [Электронный ресурс]. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=436040

2. Александров, Д.В. Введение в гидродинамику : учебное пособие / Д.В. Александров, А.Ю. Зубарев, Л.Ю. Искакова. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2012. - 112 с. - ISBN 978-5-7996-0785-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239521

3. Митрофанова, О.В. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-электрических установок / О.В. Митрофанова. - Москва: Физматлит, 2010. - 286 с. - ISBN 978-5-9221-1223-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68969

5.2 Периодическая литература

1. Bunyakin A.V., Chernyshenko S.I., Stepanov G.Yu. Invisid Batchelor – model flow past an airfoil with a vortex trapped in a cavity // J.Fluid Mech. – 1996. – Vol. 323. – P. 367 – 376. http://dx.doi.org/10.1017/S002211209600095X

2. Bunyakin A.V., Chernyshenko S.I., Stepanov G.Yu. High – Reynolds – number Prandtl – Batchelor – model flow past an aerofoil with a vortex trapped in a cavity // J.Fluid Mech. – 1998. – Vol. 358. – P. 283 – 297. http://dx.doi.org/10.1017/S0022112097008203

3. Бунякин А.В. Ламинарный пограничный слой при обтекании крылового профиля с круговой выемкой // Изв. РАН Мех. жидк. и газа – 1998. – №2. – С. 52 – 57.

4. Бунякин А.В. Вихревая ячейка с вращающимся внутри цилиндром на поверхности крылового профиля при больших числах Рейнольдса // Изв. РАН Мех. жидк. и газа. – 2001. – № 4. – С. 87 – 92.

5. Sandoval M., Chernyshenko S. Extension of the Prandtl – Batchelor theorem to three-dimensional flows slowly varying in one direction // Journal of Fluid Mechanics 2010. V. 654. P. 351 – 361

5.3 Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» https://urait.ru/
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» https://www.book.ru
4. ЭБС «ЛАНЬ» https://e.lanbook.com

Профессиональные базы данных:

1. Научная электронная библиотека (НЭБ) http://www.elibrary.ru/
2. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) https://rusneb.ru/
3. «Лекториум ТВ» http://www.lektorium.tv/
4. Университетская информационная система РОССИЯ http://uisrussia.msu.ru

Ресурсы свободного доступа:

1. КиберЛенинка (http://cyberleninka.ru/);
2. Федеральный портал «Российское образование» http://www.edu.ru/;
3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» http://window.edu.ru/;
4. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов http://school-collection.edu.ru/ .
5. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (http://fcior.edu.ru/);
6. Служба тематических толковых словарей http://www.glossary.ru/;
7. Словари и энциклопедии http://dic.academic.ru/;
8. Образовательный портал «Учеба» http://www.ucheba.com/;

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения http://moodle.kubsu.ru
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций http://mschool.kubsu.ru/
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий http://mschool.kubsu.ru;
4. Электронный архив документов КубГУ http://docspace.kubsu.ru/

5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" http://icdau.kubsu.ru/

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При проработке учебного материала рекомендуется:

– повторить и уяснить определения и свойства объектов, операций и отношений, встречающиеся в формулировке теорем и постановке задач;

– записать в математической форме термины, связанные с рассматриваемой темой и встречающиеся в формулировке теорем и постановке задач;

– провести графическую интерпретацию встречающиеся объектов, операций и отношений,

– для громоздких выражений ввести компактные обозначения.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Распределение видов материально-технического обеспечения по видам занятий представлено в таблице.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (302Н, 303Н, 308Н, 309Н, 505А, 507А)	Мебель: учебная мебель. Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	средство подготовки презентаций MS PowerPoint; математический пакет MathCAD
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций (301Н, 309Н, 316Н, 320Н)	Мебель: учебная мебель. Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер с доступом к сети «Интернет» и в электронную информационно-образовательную среду организации	Интернет-браузеры для просмотра сайтов в сети Интернет; средство подготовки презентаций MS PowerPoint; математический пакет MathCAD
Учебные аудитории для проведения текущей и промежуточной аттестации (301Н, 302Н, 303Н, 307Н, 308Н, 308На, 309Н, 310Н, 312Н, 314Н, 316Н, 318Н, 320Н)	Мебель: учебная мебель. Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Математический пакет MathCAD

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возмож-

ностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, вебкамеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Интернет-браузеры для просмотра сайтов в сети Интернет; средство подготовки презентаций MS PowerPoint
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (301Н, 302Н, 303Н, 307Н, 308Н, 308На, 309Н, 310Н, 312Н, 314Н, 316Н, 318Н, 320Н)	Мебель: учебная мебель. Подключение к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации	Интернет-браузеры для просмотра сайтов в сети Интернет; средство подготовки презентаций MS PowerPoint