

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»
Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Некорректные и обратные задачи математического моделирования»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: Пестов Л.Н., д.ф.-м.н, профессор

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины **«Некорректные и обратные задачи математического моделирования»**.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Некорректные и обратные задачи математического моделирования».

Целью изучения дисциплины «Некорректные и обратные задачи математического моделирования» является формирование профессиональной компетенции (ПК-1) способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты.

Задачами дисциплины являются:

- Знакомство с основными типами некорректных задач и подходами к их решению;
- Знакомство с математическими моделями, приводящими к обратным и некорректным задачам;
- Знакомство с современными направлениями исследований в области теории обратных и некорректных задач.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. - Применяет фундаментальные знания научного познания и системного подхода в профессиональной деятельности УК-1.2. - Проводит критический анализ проблемных ситуаций и вырабатывает стратегию действий	В результате освоения дисциплины студент должен Знать: - понятия корректной и некорректной задачи, регуляризирующего алгоритма для решения некорректных задач; -современные подходы к решению прикладных некорректных задач; -примеры классических некорректных задач естествознания.
ПК-1 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты	ПК-1.1. - Планирует проведение научных исследований в разных предметных областях ПК-1.2. - Создает математические модели для проведения научных исследований в разных предметных областях ПК-1.3. - Разрабатывает компьютерные модели и анализирует полученные новые научные и прикладные результаты	Уметь: -строить регуляризирующие алгоритмы на основе аппроксимирующих семейств и находить оценки погрешности этих алгоритмов; -сводить некорректные задачи для уравнений математической физики к интегральным уравнениям; -формулировать для некорректных задач итерационные и вариационные методы регуляризации. Владеть навыками: -представления некорректной задачи в виде операторного или дифференциально операторного уравнения в подходящих пространствах; -выбора методов регуляризации для типовых классов прикладных некорректных задач.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «**Некорректные и обратные задачи математического моделирования**» относится к Части, формируемый участниками образовательных отношений, и входит в Блок 1. Дисциплины (модули) подготовки обучающихся ООП магистратуры по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», профиль «Математическое и компьютерное моделирование».

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Понятие о корректных и некорректных задачах	Абстрактные вычислительные задачи в метрических пространствах. Понятие задачи с приближёнными входными данными. Определение корректной и некорректной задачи, связь с непрерывными отображениями метрических пространств. Прямые и обратные задачи
2	Регуляризирующие алгоритмы	Определение регуляризирующего алгоритма. Регуляризуемые задачи. Регуляризуемость корректных задач. Критерий регуляризуемости. Примеры нерегуляризуемых задач
3	Оценки погрешности регуляризирующих алгоритмов. Условно-корректные задачи	Априорные и апостериорные оценки погрешности регуляризирующих. Относительно непрерывные и равномерно непрерывные отображения метрических пространств. Условно-корректные задачи.

		Регуляризуемость условно-корректных задач. Критерий существования регуляризующего алгоритма, допускающего априорные оценки погрешности. Регуляризующие алгоритмы, не использующие информацию об уровне погрешности входных данных. Вето Бакушинского
4	Примеры некорректных задач в бесконечномерных пространствах. Линейные операторные уравнения	Выбор пространства входных данных и пространства решений задачи. Основные функциональные пространства и сходимости в них. Задача дифференцирования функции в различных парах пространств. Интегральные уравнения Фредгольма первого и второго рода. Обратные задачи математической физики. Сведение ретроспективной обратной задачи теплопроводности к интегральному уравнению Фредгольма первого рода. Линейные операторные уравнения, условия их корректности и условной корректности
5	Априорная информация об искомом решении. Метод невязки. Метод квазирешений	Априорная информация об искомом решении. Условная корректность задач на компактах. Примеры компактных и предкомпактных множеств в функциональных пространствах. Метод невязки и метод квазирешений, их обоснование. Условие истокорпредставимости.
6	Саморегуляризация задачи численного дифференцирования	Общая схема построения регуляризующих алгоритмов на основе аппроксимирующих семейств. О дискретизации и численных методах решения корректных задач. Методы саморегуляризации. Саморегуляризация задачи численного дифференцирования. Саморегуляризация интегральных уравнений Вольтерра первого рода. Метод Апарцина-Бакушинского.
7	Метод Тихонова. Априорный выбор параметра регуляризации	Сведение операторного уравнения к задаче оптимизации. Свойства слабой сходимости в гильбертовом пространстве. Метод Тихонова для нелинейных операторных уравнений с априорным выбором параметра регуляризации и его обоснование
8	Метод Тихонова для линейных операторных уравнений. Оценки погрешности метода Тихонова	Операторные исчисления. Оценки погрешности метода Тихонова для линейных операторных уравнений в гильбертовом пространстве при условии истокорпредставимости.
9	Апостериорный выбор параметра регуляризации по невязке. Применение метода Тихонова к решению интегральных уравнений Фредгольма первого рода	Апостериорный способ выбора параметра регуляризации в методе Тихонова по невязке и его обоснование. Сведение интегральных уравнений Фредгольма первого рода к интегральным уравнениям Фредгольма второго рода с помощью метода Тихонова. Метод квадратур для решения интегральных уравнений Фредгольма второго рода
10	Методы решения линейных и нелинейных операторных уравнений	Класс методов регуляризации линейных операторных уравнений в гильбертовом пространстве. Итеративно регуляризованный метод Гаусса-Ньютона для решения нелинейных операторных уравнений

11	Дифференциально-операторные уравнения. Некорректные задачи Коши. Метод квазиобращения	Линейные дифференциально-операторные уравнения. Корректность и равномерная корректность задачи Коши. Сильно непрерывные и аналитические полугруппы операторов. Единственность решения некорректной задачи Коши. Метод квазиобращения
12	Обратные задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений	Основные виды обратных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Теоремы единственности
13	Обратные задачи для уравнений с частными производными	Обратные задачи для гиперболических уравнений с частными производными. Обратные задачи для параболических уравнений с частными производными. Обратные задачи для эллиптических уравнений с частными производными

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Понятие о корректных и некорректных задачах	План темы: 1. Абстрактные вычислительные задачи в метрических пространствах. Понятие задачи с приближёнными входными данными 2. Определение корректной и некорректной задачи, связь с непрерывными отображениями метрических пространств 3. Прямые и обратные задачи
2	Регуляризующие алгоритмы	План темы: 1. Определение регуляризующего алгоритма 2. Регуляризуемые задачи. Регуляризуемость корректных задач 3. Критерий регуляризуемости 4. Примеры нерегуляризуемых задач
3	Оценки погрешности регуляризующих алгоритмов. Условно-корректные задачи	План темы: 1. Априорные и апостериорные оценки погрешности регуляризующих 2. Относительно непрерывные и равномерно непрерывные отображения метрических пространств 3. Условно-корректные задачи. Регуляризуемость условно-корректных задач 4. Критерий существования регуляризующего алгоритма, допускающего априорные оценки погрешности 5. Регуляризующие алгоритмы, не использующие информацию об уровне погрешности входных данных. Вето Бакушинского
4	Примеры некорректных задач в бесконечномерных	План темы:

	пространствах. Линейные операторные уравнения	1. Выбор пространства входных данных и пространства решений задачи. Основные функциональные пространства и сходимость в них 2. Задача дифференцирования функции в различных парах пространств 3. Интегральные уравнения Фредгольма первого и второго рода 4. Обратные задачи математической физики. Сведение ретроспективной обратной задачи теплопроводности к интегральному уравнению Фредгольма первого рода 5. Линейные операторные уравнения, условия их корректности и условной корректности
5	Априорная информация об искомом решении. Метод невязки. Метод квазирешений	План темы: 1. Априорная информация об искомом решении 2. Условная корректность задач на компактах 3. Примеры компактных и предкомпактных множеств в функциональных пространствах Метод невязки и метод квазирешений, их обоснование 5. Условие истокопредставимости
6	Саморегуляризация задачи численного дифференцирования	План темы: 1. Общая схема построения регуляризующих алгоритмов на основе аппроксимирующих семейств 2. О дискретизации и численных методах решения корректных задач 3. Методы саморегуляризации. Саморегуляризация задачи численного дифференцирования 4. Саморегуляризация интегральных уравнений Вольтерра первого рода. Метод Апарцина-Бакушинского
7	Метод Тихонова. Априорный выбор параметра регуляризации	План темы: 1. Сведение операторного уравнения к задаче оптимизации 2. Свойства слабой сходимости в гильбертовом пространстве 3. Метод Тихонова для нелинейных операторных уравнений с априорным выбором параметра регуляризации и его обоснование
8	Метод Тихонова для линейных операторных уравнений. Оценки погрешности метода Тихонова	План темы: 1. Операторные исчисления 2. Оценки погрешности метода Тихонова для линейных операторных уравнений в гильбертовом пространстве при условии истокопредставимости
9	Апостериорный выбор параметра регуляризации по невязке. Применение метода Тихонова к решению интегральных уравнений Фредгольма первого рода	План темы: 1. Апостериорный способ выбора параметра регуляризации в методе Тихонова по невязке и его обоснование 2. Сведение интегральных уравнений Фредгольма первого рода к интегральным уравнениям Фредгольма второго рода с помощью метода Тихонова 3. Метод квадратур для решения интегральных уравнений Фредгольма второго рода

10	Методы решения линейных и нелинейных операторных уравнений	План темы: 1. Класс методов регуляризации линейных операторных уравнений в гильбертовом пространстве 2. Итеративно регуляризованный метод Гаусса-Ньютона для решения нелинейных операторных уравнений
11	Дифференциально-операторные уравнения. Некорректные задачи Коши. Метод квазиобращения	План темы: 1. Линейные дифференциально-операторные уравнения 2. Корректность и равномерная корректность задачи Коши 3. Сильно непрерывные и аналитические полугруппы операторов 4. Единственность решения некорректной задачи Коши 5. Метод квазиобращения
12	Обратные задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений	План темы: 1. Основные виды обратных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Теоремы единственности
13	Обратные задачи для уравнений с частными производными	План темы: 1. Обратные задачи для гиперболических уравнений с частными производными 2. Обратные задачи для параболических уравнений с частными производными 3. Обратные задачи для эллиптических уравнений с частными производными

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ (при наличии)

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Понятие о корректных и некорректных задачах	План темы: 1. Простейшие примеры корректных и некорректных задач 2. Квазирешения некорректных задач
2	Регуляризирующие алгоритмы	1. Примеры регуляризирующих алгоритмов
3	Оценки погрешности регуляризирующих алгоритмов. Условно-корректные задачи	1. Относительно непрерывные и равномерно непрерывные отображения в метрических пространствах. Условно-корректные задачи 2. Априорные оценки погрешности регуляризирующих алгоритмов
4	Примеры некорректных задач в бесконечномерных пространствах. Линейные операторные уравнения	1. Примеры корректных, условно-корректных, некорректных задач в бесконечномерных пространствах 2. Задача дифференцирования функции в различных парах пространств 3. Пространства Соболева. Теоремы вложения
5	Априорная информация об искомом решении. Метод невязки. Метод квазирешений	1. Компактные и предкомпактные множества в функциональных пространствах
6	Саморегуляризация задачи численного дифференцирования	1. Построение регуляризирующих алгоритмов на основе аппроксимирующих.

		2. Саморегуляризация задачи численного дифференцирования
7	Метод Тихонова. Априорный выбор параметра регуляризации	Оценки погрешности метода Тихонова с априорным выбором параметра регуляризации для линейных операторных уравнений с вполне непрерывным оператором при условии истощающей представимости
8	Метод Тихонова для линейных операторных уравнений. Оценки погрешности метода Тихонова	Линейные дифференциально-операторные уравнения. Корректность и равномерная корректность задачи Коши. Некорректные задачи Коши. Метод квазиобращения.
9	Обратные задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений	Основные виды обратных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений и методы их решения
10	Обратные задачи для уравнений с частными производными	Основные виды обратных задач для гиперболических, параболических и эллиптических уравнений с частными производными, методы их решения

На практических занятиях решаются задачи по теме занятия.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Понятие о корректных и некорректных задачах	УК-1 ПК-1	решение задач
Регуляризирующие алгоритмы	УК-1 ПК-1	решение задач
Оценки погрешности регуляризирующих алгоритмов. Условно-корректные задачи	УК-1 ПК-1	решение задач
Примеры некорректных задач в бесконечномерных	УК-1 ПК-1	решение задач

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируе мой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
пространствах. Линейные операторные уравнения		
Априорная информация об искомом решении. Метод невязки. Метод квазирешений	УК-1 ПК-1	решение задач
Саморегуляризация задачи численного дифференцирования	УК-1 ПК-1	решение задач
Метод Тихонова. Априорный выбор параметра регуляризации	УК-1 ПК-1	решение задач
Метод Тихонова для линейных операторных уравнений. Оценки погрешности метода Тихонова	УК-1 ПК-1	решение задач
Апостериорный выбор параметра регуляризации по невязке. Применение метода Тихонова к решению интегральных уравнений Фредгольма первого рода	УК-1 ПК-1	решение задач
Методы решения линейных и нелинейных операторных уравнений	УК-1 ПК-1	решение задач
Дифференциально-операторные уравнения. Некорректные задачи Коши. Метод квазиобращения	УК-1 ПК-1	решение задач
Обратные задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений	УК-1 ПК-1	решение задач
Обратные задачи для уравнений с частными производными	УК-1 ПК-1	решение задач

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем оценки результатов выполнения заданий практических (семинарских) занятий, самостоятельной работы, предусмотренных учебным планом и посещения занятий/активность на занятиях.

Вариант 1.

1. Всегда ли можно использовать метод квазилинеаризации Прони для определения параметров суммы спадающих экспонент ?

а). Этот метод опробован более чем 200-летней практикой. Конечно, можно.

- б). Можно, если экспонент мало, а погрешность входных данных мала.
- в). Если провести предварительную селекцию данных, то — можно всегда.
- г). В сочетании с полиномиальным сглаживанием — вполне можно, даже для реальных погрешностей.
- д). Метод представляет лишь сугубо теоретический интерес, на практике он в чистом виде неприменим вовсе.

2. Решаем некое интегральное уравнение методом регуляризации Тихонова. Допустим, нами получено такое решение:

По физическому смыслу задачи ее решение должно быть гладким всюду. Как следует видоизменить метод, чтобы получить разумное решение?

- а). Надо увеличить значение параметра α .
- б). Надо уменьшить значение параметра α .
- в). Надо увеличить значения весовых функций в области разболтки.
- г). Надо уменьшить значения весовых функций в области разболтки.
- д). Когда устойчивость решения зависит от значения его аргумента и неодинакова в ОДЗ, то уже ничего не поможет.

3. Величина $\text{cond}(A)$ задачи $Ax = y$ оказалась большой. Какую полезную информацию мы способны из этого извлечь?

- а). Задача $Ax = y$ обусловлена плохо. Решать ее точными методами не стоит.
- б). Задача $Ax = y$, возможно, обусловлена плохо. Решать ее точными методами не стоит.
- в). Знания одной лишь величины $\text{cond}(A)$ недостаточно для оценки обусловленности задачи. Необходимо знать и погрешность входных данных.
- г). Величина $\text{cond}(A)$ имеет сугубо теоретический интерес, а для вычислительной практики ее знание не дает полезной информации.

Вариант 2.

1. Известно, что нормальная СЛАУ обусловлена хуже исходной. Тем не менее, при арегуляризации мы переходим от исходной СЛАУ к нормальной (квадратично ухудшая обусловленность), которую затем и регуляризируем. Почему мы не регуляризируем исходную СЛАУ сразу?

- а). А и в самом деле, почему? Ведь ничто не мешает непосредственной регуляризации исходной СЛАУ, лишь бы она была полной.
- б). Матрица нормальной СЛАУ вида $A^T A$ является положительно определенной. Тогда прибавление к диагональным элементам матрицы положительного α снижает меру обусловленности.
- в). Переход к нормальной матрице не ухудшает обусловленности, а в остальном верно б).
- г). Если матрица СЛАУ симметрична, то возможна и непосредственная а-регуляризация.
- д). Если матрица СЛАУ положительно определена, то возможна и непосредственная арегуляризация.

2. В методе Левенберга-Марквардта получено α . О чем это свидетельствует?

- а). Погрешность эксперимента в действительности больше, чем мы считаем.
- б). Вид аппроксимирующей формулы выбран неудачно.
- в). Достигнут не глобальный, а локальный минимум.
- г). Значение коэффициента вязкости m взято слишком большим.
- д). Значение коэффициента вязкости m взято слишком малым.
- е). Среди вышеперечисленных вариантов нет правильного.
- ж). Возможен любой из вышеперечисленных вариантов.

3. В каком методе (методах) используется неявный параметр регуляризации?
- а). Таких методов нет.
 - б). В МНК.
 - в). В методе деконволюции Джанссона.
 - г). При инверсной фильтрации.
 - д). В МРТ.
 - е). В методе квазирешений Иванова.
 - ж). При решении плохо обусловленных задач Коши.
 - з). При решении обратной задачи квантовой механики методом параметризации потенциала

Вариант 3.

1. Какие преимущества дает масштабирование СЛАУ МНК?
- а). Уменьшается относительное отличие в величинах неизвестных.
 - б). Нормальная матрица СЛАУ МНК делается диагональной.
 - в). Все неизвестные делаются равными.
 - г). Снижается мера обусловленности матрицы СЛАУ МНК.
 - д). Матрица плана делается ортогональной.
 - е). Возникает возможность решения СЛАУ МНК итерационными методами.
 - ж). Возрастает точность результата решения СЛАУ методом Гаусса.
2. Есть ли такие СЛАУ, для которых допустима непосредственная а-регуляризация без предварительной нормализации?
- а). Таких СЛАУ нет, нормализация нужна всегда.
 - б). Для СЛАУ, матрицы которых симметричны, допустима непосредственная а-регуляризация.
 - в). Для СЛАУ, матрицы которых положительно определены, допустима непосредственная арегуляризация.
 - г). Непосредственная а-регуляризация возможна для любых полных СЛАУ.
3. Перед проведением линейного МНК (погрешность эксперимента 2%) проделана следующая процедура: мы аппроксимировали одну из функций базиса всеми остальными. Невязка такой аппроксимации оказалась равной 0,2%. О чем это свидетельствует?
- а). МНК обусловлен хорошо, его параметры определяются достоверно.
 - б). МНК обусловлен плохо, достоверность определения его параметров будет низкой.
 - в). Если в проведенной аппроксимации параметры при некоторых базисных функциях оказались близкими к нулю, то данные функции можно считать порождающими мультиколлинеарность и, в принципе, исключить из базиса.
 - г). Если в проведенной аппроксимации параметры при некоторых базисных функциях не оказались близкими к нулю, то данные функции можно считать порождающими мультиколлинеарность и, в принципе, исключить из базиса.
 - д). По данным такой предварительной аппроксимации нельзя дать никакого прогноза обусловленности МНК и степени мультиколлинеарности его базиса.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы к зачету

- 1. Прямые и обратные задачи.
- 2. Термины и определения.
- 3. Условия корректности обратных задач по Адамару.
- 4. Анализ примеров корректных и некорректных по Адамару задач из области деятельности инженера в сфере радиоэлектроники и инфокоммуникаций.

5. Стадии и этапы жизненного цикла радиоэлектронных и телекоммуникационных средств.
6. Анализ и синтез схмотехнических и конструкторско-технологических решений при проектировании, производстве, испытаниях и эксплуатации электронных средств.
7. Задачи диагностики при оценке технического состояния и остаточного ресурса электронных средств.
8. Методы диагностирования электронных средств, основанные на моделировании
9. Классификация методов обнаружения неисправностей.
10. Сравнительный анализ методов.
11. Математическое и диагностическое моделирование электронных средств.
12. Математическая модель диагностирования параметрических отказов элементов электронных средств.
13. Математическая модель диагностирования внезапных отказов.
14. Тестовые структуры.
15. Обратные задачи диагностирования по электрическим, тепловым и механическим характеристикам.
16. Их общность и отличия.
17. Метод регуляризации Тихонова А.Н. для решения некорректных обратных задач
18. Операторы целевой функции метода регуляризации.
19. Регуляризирующий оператор.
20. Стабилизирующий оператор.
21. Оператор ограничитель.
22. Коэффициент регуляризации.
23. Зависимость коэффициента регуляризации от погрешности измерения.
24. Анализ методов многопараметрической оптимизации.
25. Учет ограничений при решении многопараметрических экстремальных задач.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать,	хорошо		71-85

	широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Голушко, С. К. Прямые и обратные задачи механики упругих композитных пластин и оболочек вращения: Монография / С.К. Голушко, Ю.В. Немировский. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 432 с. (Механика). ISBN 978-5-9221-0948-2, 100 экз. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/178256> (дата обращения: 04.01.2025). – Режим доступа: по подписке.
2. Ватульян, А. О. Прямые и обратные задачи для однородных и неоднородных упругих и электроупругих тел: монография / Ватульян А.О., Соловьев А.Н. - Ростов-на-Дону:Издательство ЮФУ, 2008. - 176 с. ISBN 978-5-9275-0500-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/556761> (дата обращения: 04.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Обратные и некорректные задачи: учебник / А.О. Ватульян, О.А. Беляк, Д.Ю. Сухов и др. - Ростов н/Д: Издательство ЮФУ, 2011. - 232 с. ISBN 978-5-4358-0908-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/550370> (дата обращения: 04.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025

- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Перспектив» (Договор с ООО Перспектив, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»**
Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Нечеткие модели и методы»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: Мищук Б.Р., к.ф.-м.н, доцент

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины «**Нечеткие модели и методы**».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Нечеткие модели и методы».

Целью изучения дисциплины «Нечеткие модели и методы» является формирование устойчивых знаний и приобретение базовых умений и навыков в области проектирования интеллектуальных систем, основанных на «мягких вычислениях».

Зонтичный термин «мягкие вычисления» интерпретируется формулой

Мягкие вычисления = нечеткие системы + нейронные сети + генетические алгоритмы

Задачами дисциплины являются:

- изучение теоретических (математических) основ «мягких вычислений»;
- изучение моделей представления неопределенных знаний;
- изучение современных нейросетевых технологий и эволюционных вычислений;
- освоение методов проектирования мягких систем.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. - Применяет фундаментальные знания научного познания и системного подхода в профессиональной деятельности УК-1.2. - Проводит критический анализ проблемных ситуаций и вырабатывает стратегию действий	В результате освоения дисциплины студент должен Знать - теоретические основы создания мягких систем ИИ; - модели представления неопределенных знаний и рассуждений в условиях неопределенности, в том числе вероятностный подход, основанный на байесовских сетях, и нечеткие модели, основанные на теории нечетких множеств и нечетком выводе; - базовые технологии аналитической обработки данных; - основные методы математической и прикладной статистики, технологии машинного обучения Уметь: - моделировать нечеткую систему средствами инструментария нечеткой логики; - моделировать нейронные сети различных типов, в том числе многослойный нелинейный перцептрон и алгоритм обратного распространения ошибки, сеть Кохонена и алгоритм обучения без учителя; Вметь навыки и (или) опыт деятельности (владеть):
ПК-1 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты	ПК-1.1. - Планирует проведение научных исследований в разных предметных областях ПК-1.2. - Создает математические модели для проведения научных исследований в разных предметных областях ПК-1.3. - Разрабатывает компьютерные модели и анализирует полученные новые научные и прикладные результаты	

		- средствами инструментария нечеткой логики системы Matlab для моделирования нечеткой системы; - средствами создания нейронных сетей различных типов
--	--	---

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Нечеткие модели и методы» относится к Части, формируемый участниками образовательных отношений, и входит в Блок 1. Дисциплины (модули) подготовки обучающихся ООП магистратуры по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», профиль «Математическое и компьютерное моделирование».

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Основы нечеткого анализа	Нечеткие множества, нечеткие величины, нечеткие числа. Основные типы нечетких чисел. Операции над нечеткими числами. Сравнение нечетких чисел. Понятие нечеткой функции. Примеры прикладных задач с нечеткой информацией. Задача нечеткой кластеризации.
2	Лингвистическая модель представления информации	Лингвистическая переменная. Лингвистическая шкала. Принцип «нечеткого большинства» и

		лингвистические кванторы. Лингвистические операторы агрегирования информации. Нечеткие системы: структура, база знаний, механизм вывода.
3	Нечеткая логика	Понятие нечеткого высказывания и нечеткого предиката. Нечеткие предикаты. Основные логические операции с нечеткими высказываниями. Логическое отрицание нечетких высказываний. Логическая конъюнкция нечетких высказываний. Логическая дизъюнкция нечетких высказываний. Нечеткая импликация. Нечеткая эквивалентность. Правила нечетких продукций. Прямой и обратный методы вывода заключений в системах нечетких продукций
4	Системы нечеткого вывода	Базовая архитектура систем нечеткого вывода. Основные этапы нечеткого вывода. Формирование базы правил систем нечеткого вывода. Фаззификация (Fuzzification). Агрегирование (Aggregation). Активизация (Activation). Аккумуляция (Accumulation). Дефаззификация (Defuzzification). Основные алгоритмы нечеткого вывода. Алгоритм Мамдани (Mamdani). Алгоритм Цукamoto (Tsukamoto). Алгоритм Ларсена (Larsen). Алгоритм Сугено (Sugeno). Примеры использования систем нечеткого вывода в задачах управления
5	«Нечеткая кластеризация в Fuzzy Logic Toolbox»	Общая характеристика задач кластерного анализа. Задача нечеткой кластеризации и алгоритм ее решения. Общая формальная постановка задачи нечеткого кластерного анализа. Уточненная постановка задачи нечеткой кластеризации. Алгоритм решения задачи нечеткой кластеризации методом нечетких с-средних. Средства решения задачи нечеткой кластеризации в пакете Fuzzy Logic ToolBox.
6	Генетические алгоритмы	Генетические алгоритмы и традиционные методы оптимизации. Классический генетический алгоритм. Модификации классического генетического алгоритма. Эволюционные алгоритмы в нейронных сетях
7	Гибридные нейронные сети и методы их обучения	Модуль нечетко-нейронного управления. Представление модуля нечеткого управления в виде стандартной нейронной сети. Модуль нечеткого управления с возможностью коррекции правил.
8	Примеры реализации нейронных сетей и нечетких сетей	Нечеткие нейронные сети на основе самоорганизации. Аппроксимация нелинейной кривой с помощью сети TSK. Сети Кохонена. Модели распознавания образов на основе сети TSK. Адаптивный алгоритм самоорганизации нечеткой сети

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1	Основы нечеткого анализа	Лекция 1. Нечеткие множества, нечеткие величины, нечеткие числа.
2	Лингвистическая модель представления информации	Лекция 2. Нечеткие системы: структура, база знаний, механизм вывода.
3	Нечеткая логика	Лекция 3. Нечеткая логика: основные понятия
4	Системы нечеткого вывода	Лекция 4. Базовая архитектура систем нечеткого вывода.
5	«Нечеткая кластеризация в Fuzzy Logic Toolbox»	Лекция 5. Общая характеристика задач кластерного анализа.
6	Генетические алгоритмы	Лекция 6. Генетические алгоритмы и традиционные методы оптимизации.
7	Гибридные нейронные сети и методы их обучения	Лекция 7. Модуль нечетко-нейронного управления.
8	Примеры реализации нейронных сетей и нечетких сетей	Лекция 8. Примеры реализации нейронных сетей и нечетких сетей

Рекомендуемый перечень тем *лабораторных работ (при наличии)*

1. Изучение методов нечеткого логического вывода с помощью инструментальных средств
2. Применение нейронных сетей для решения задач аппроксимации функций, классификации и оптимизации
3. Решение задачи кластеризации с помощью нейросетевого моделирования
4. Применение генетических алгоритмов для решения задач оптимизации
5. Изучение принципа поиска решения в пространстве состояний

На практических занятиях решаются задачи по теме занятия.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы,

лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируе мой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основы нечеткого анализа	УК-1 ПК-1	решение задач
Лингвистическая модель представления информации	УК-1 ПК-1	решение задач
Нечеткая логика	УК-1 ПК-1	решение задач
Системы нечеткого вывода	УК-1 ПК-1	решение задач
«Нечеткая кластеризация в Fuzzy Logic Toolbox»	УК-1 ПК-1	решение задач
Генетические алгоритмы	УК-1 ПК-1	решение задач
Гибридные нейронные сети и методы их обучения	УК-1 ПК-1	решение задач
Примеры реализации нейронных сетей и нечетких сетей	УК-1 ПК-1	решение задач

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем оценки результатов выполнения заданий практических (семинарских) занятий, самостоятельной работы, предусмотренных учебным планом и посещения занятий/активность на занятиях.

Примерный перечень заданий

Задание 2.

Разработать систему моделирующих функций в среде Matlab, позволяющих создавать, обучать и имитировать работу нечеткой нейронной сети заданного типа. Разработать демонстрационный пример использования.

1. Разработать систему моделирующих функций в среде Matlab, позволяющих создавать, обучать и имитировать работу нечеткой нейронной сети типа NNFLC. Разработать демонстрационный пример использования нечеткого нейронного контроллера NNFLC для решения задач управления.

2. Разработать систему моделирующих функций в среде Matlab, позволяющих создавать, обучать и имитировать работу нечеткой нейронной сети типа NNDFR. Разработать демонстрационный пример использования нечеткого нейронного классификатора NNDFR для решения задач управления.

3. Разработать систему моделирующих функций в среде Matlab, позволяющих создавать, обучать и имитировать работу нечеткой нейронной сети типа GARLIC. Разработать демонстрационный пример использования нечеткого нейронного идентификатора GARLIC для решения задач управления.

4. Разработать систему моделирующих функций в среде Matlab, позволяющих создавать, обучать и имитировать работу нечеткой нейронной сети типа FUN. Разработать

демонстрационный пример использования нечеткой нейронной сети FUN для решения задач извлечения базы правил (редукции базы правил).

5. Разработать систему моделирующих функций в среде Matlab, позволяющих создавать, обучать и имитировать работу нечеткой нейронной продукционной сети Ванга-Менделя. Разработать демонстрационный пример использования нечеткой нейронной продукционной сети Ванга-Менделя.

6. Разработать систему моделирующих функций в среде Matlab, позволяющих создавать, обучать и имитировать работу нечеткой нейронной продукционной сети Такаги-Сугэно-Канга. Разработать демонстрационный пример использования нечеткой нейронной продукционной сети Такаги-Сугэно-Канга.

7. Разработать систему моделирующих функций в среде Matlab, позволяющих создавать, обучать и имитировать работу нечетких автоматов. Разработать демонстрационный пример использования нечетких автоматов.

8. Разработать систему моделирующих функций в среде Matlab, позволяющих создавать и имитировать работу нечетких сетей Петри с нечеткостью задания начальной маркировки. Разработать демонстрационный пример использования нечетких сетей Петри с нечеткостью задания начальной маркировки.

9. Разработать систему моделирующих функций в среде Matlab, позволяющих создавать и имитировать работу нечетких сетей Петри с нечеткостью задания начальной маркировки и срабатывания переходов. Разработать демонстрационный пример использования нечетких сетей Петри с нечеткостью задания начальной маркировки и срабатывания переходов.

10. Разработать систему моделирующих функций в среде Matlab, позволяющих создавать и имитировать работу нечетких сетей Петри с нечеткостью задания начальной маркировки, времен задержки маркеров в позициях и времен срабатывания активных переходов. Разработать демонстрационный пример использования нечетких сетей Петри с нечеткостью задания начальной маркировки, времен задержки маркеров в позициях и времен срабатывания активных переходов.

11. Разработать систему моделирующих функций в среде Matlab, позволяющих создавать, обучать и имитировать работу нечетких продукционных когнитивных карт. Разработать демонстрационный пример использования нечетких продукционных когнитивных карт.

12. Разработать систему моделирующих функций в среде Matlab, позволяющих создавать, обучать и имитировать работу нечетких реляционных когнитивных карт. Разработать демонстрационный пример использования нечетких реляционных когнитивных карт.

Примерный вариант лабораторной работы Лабораторная работа 1 (пример задания)

Задание.

Представить декларативное знание о понятии «Квартира» четырьмя моделями представления знаний:

1. в виде семантической сети.
2. в виде фреймов.
3. в виде логической модели.
4. в виде продукционной модели.

Квартира состоит из:

1. Кухня.
2. Гостиная.
3. Прихожая.

4. Спальня.
5. Детская.
6. Санитарный узел (туалет).
7. Ванная комната.
8. Кладовка.
9. Гардеробная.
10. Комната отдыха (игровая комната).
11. Спортивная комната (тренажерная).
12. Бытовая комната.

Дополнительные задания: компьютерный класс; компьютерный клуб.

Порядок выполнения и результаты.

Студенты по вариантам (вариант - часть квартиры) самостоятельно выполняют задание в рабочей тетради (лучше сначала на черновиках). Используется конспект лекций или рекомендуемая литература. Семантическая сеть должна содержать не менее 20 вершин с разными типами связей. Фреймовая модель должна содержать не менее 6 фреймов, связанных двумя типами связи. В продукции отразить все составляющие. В процессе работы каждый студент предоставляет преподавателю составленные модели.

Преподаватель со студентом обсуждают и уточняют модели, при необходимости модели дорабатываются. Затем обучаемые составляют общую семантическую сеть и сеть фреймов понятия «Квартира» на доске и зарисовывают ее в тетрадь. Результат: четыре модели (согласно варианта) и две общие модели в рабочей тетради.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы к зачету

1. Нечеткие множества, нечеткие величины, нечеткие числа.
2. Основные типы нечетких чисел.
3. Операции над нечеткими числами.
4. Сравнение нечетких чисел.
5. Понятие нечеткой функции.
6. Примеры прикладных задач с нечеткой информацией.
7. Задача нечеткой кластеризации.
8. Лингвистическая переменная.
9. Лингвистическая шкала.
10. Принцип «нечеткого большинства» и лингвистические кванторы.
11. Лингвистические операторы агрегирования информации.
12. Нечеткие системы: структура, база знаний, механизм вывода.
13. Понятие нечеткого высказывания и нечеткого предиката.
14. Нечеткие предикаты.
15. Основные логические операции с нечеткими высказываниями.
16. Логическое отрицание нечетких высказываний.
17. Логическая конъюнкция нечетких высказываний.
18. Логическая дизъюнкция нечетких высказываний.
19. Нечеткая импликация. Нечеткая эквивалентность.
20. Правила нечетких продукций.
21. Прямой и обратный методы вывода заключений в системах нечетких продукций
22. Базовая архитектура систем нечеткого вывода.
23. Основные этапы нечеткого вывода.
24. Формирование базы правил систем нечеткого вывода.
25. Фаззификация (Fuzzification). Агрегирование (Aggregation).

26. Активизация (Activation). Аккумуляция (Accumulation).
27. Дефазификация (Defuzzification).
28. Основные алгоритмы нечеткого вывода.
29. Алгоритм Мамдани (Mamdani).
30. Алгоритм Цукамото (Tsukamoto).
31. Алгоритм Ларсена (Larsen).
32. Алгоритм Сугено (Sugeno).
33. Примеры использования систем нечеткого вывода в задачах управления.
34. Общая характеристика задач кластерного анализа.
35. Задача нечеткой кластеризации и алгоритм ее решения.
36. Общая формальная постановка задачи нечеткого кластерного анализа.
37. Уточненная постановка задачи нечеткой кластеризации.
38. Алгоритм решения задачи нечеткой кластеризации методом нечетких с-средних.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий</i>	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения</i>	хорошо		71-85

Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Прикладные нейро-нечеткие вычислительные системы и устройства : монография / М.В. Бобырь, С.Г. Емельянов, А.Е. Архипов, Н.А. Милостная. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 263 с. — DOI 10.12737/1900641. - ISBN 978-5-16-017976-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1900641> (дата обращения: 25.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Батыршин, И. З. Нечеткие гибридные системы. Теория и практика : пособие / И. З. Батыршин, А. О. Недосекин, А. А. Стецко [и др.] ; под ред. Н. Г. Ярушкиной. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 208 с. - ISBN 978-5-9221-0786-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/544667> (дата обращения: 25.01.2025). – Режим доступа: по подписке.
2. Емельянов, С. Г. Автоматизированные нечетко-логические системы управления : монография / С.Г. Емельянов, В.С. Титов, М.В. Бобырь. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 175 с. — (Научная мысль). - ISBN 978-5-16-009759-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2125657> (дата обращения: 25.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Перспектив» (Договор с ООО Перспектив, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математические модели гидродинамики»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий» Ишанов С.А.

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины «**Математические модели гидродинамики**».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Математические модели гидродинамики».

Основной целью курса «Математические модели гидродинамики» является овладение студентами структурой методики построения алгоритмов, усвоение технологии программирования при разработке системного и прикладного программного обеспечения, ввод студентов в круг понятий и задач, связанных с общей структурой информационного обеспечения задач обработки данных с использованием компьютеров.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. – Применяет фундаментальные знания научного познания и системного подхода в профессиональной деятельности УК-1.2. – Проводит критический анализ проблемных ситуаций и вырабатывает стратегию действий	После окончания изучения дисциплины магистранты должны: - иметь представление: - об основных методах компьютерного моделирования в гидродинамике; - о современных средствах автоматизированного анализа и систематизации научных данных; - о современных компьютерных технологиях для подготовки научных публикаций и презентаций;
ПК-1 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты	ПК-1.1.- Планирует проведение научных исследований в разных предметных областях ПК-1.2. – Создает математические модели для проведения научных исследований в разных предметных областях ПК-1.3. - Разрабатывает компьютерные модели и анализирует полученные новые научные и прикладные результаты	- о современных высокоразрешающих методах расчета задач гидродинамики. - знать: - корректную постановку задач для различных моделей гидродинамики; - иерархию современных моделей гидродинамики; - принципы построения методов приближенного решения уравнений в частных производных различных типов;

ПК-2 - Способен разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.1. - Разрабатывает концептуальные и теоретические модели ПК-2.2. - Проводит экспериментальную проверку концептуальных и теоретических моделей	- способы конструирования расчетных сеток для задач гидродинамики; - явные, неявные методы приближенного решения уравнений в частных производных - метод дробных шагов решения уравнений математической физики; - особенности численного моделирования неравновесных течений гидродинамики. - уметь: - корректно ставить начально-краевую задачи для уравнений гидродинамики; - разрабатывать методы приближенного решения дифференциальных уравнений; - исследовать аппроксимацию и устойчивость разностных схем для уравнений в частных производных, в том числе с помощью средств компьютерной алгебры; - искать научную информацию и библиографические данные в сети Интернет; - обрабатывать результаты расчетов и оформлять их в виде графиков, научных отчетов и статей; - владеть практическими навыками выполнения расчетов модельных задач с использованием языков программирования высокого уровня и современных пакетов компьютерных программ.
---	--	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «**Математические модели гидродинамики**» представляет собой дисциплину обязательной части ОПОП.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной

внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе, может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Гидродинамические модели	Уравнения Навье – Стокса. Разностные методы решения задач гидродинамики. Методы расщепления. Решение задач в переменных «функция тока - завихренность». Задачи гидродинамики в постановке «мелкого моря».
2	Вычислительная гидродинамика	Исторический обзор. Существование и единственность решений. Предварительные замечания об аппроксимации, сходимости и устойчивости решений
3	Уравнения движения несжимаемой жидкости в декартовой системе координат	Уравнения движения для физических переменных. Уравнение переноса вихря и уравнение для функции тока в случае плоских течений. Консервативная форма уравнений. Уравнения в безразмерных переменных. Одномерные модельные уравнения переноса.
4	Основные численные методы расчета движений несжимаемой жидкости	Методы решения уравнения переноса вихря. Некоторые основные конечно-разностные формулы. Разложение в ряды Тейлора. Основные конечно-разностные формулы; полиномиальная аппроксимация. Основные конечно-разностные формулы; интегральный метод. Метод контрольного объема. Свойство консервативности. Описание неустойчивости. Исследование устойчивости. Исследование устойчивости методом дискретных возмущений. Анализ устойчивости по фон Нейману. Анализ устойчивости по Хёрту. Краткий обзор и оценка различных критериев устойчивости. Метод фон Неймана для многомерных задач. Одношаговые

		явные схемы; схема “чехарда со средней точкой”. Схема “чехарда” Дюфорта- Франкела. Первая схема с разностями против потока. Ошибки, обусловленные схемной искусственной вязкостью. Свойство транспортности. Транспортные и консервативные разностные схемы. Вторая схема с разностями против потока. Схемы Адамса - Бэшфорта и Крокко. Схема Лейта; фазовые ошибки, ошибки, обусловленные неразличимостью, расщепление по времени. Неявные схемы. Многошаговые явные схемы. Неявные схемы метода чередующихся направлений. Явные схемы метода чередующихся направлений. Схема “классики” . Схемы четвертого порядка точности Робертса - Вейса и Кроули. Схема Фромма с нулевой средней фазовой ошибкой. Схема Аракавы. Замечания о схемах для расчета стационарных течений. Замечания к оценке методов; ошибки, связанные со свойствами схемы; компактные разностные схемы.
5	Методы решения уравнений для функции тока	Метод Ричардсона и метод Либмана. Метод релаксации невязки Саусвелла. Метод последовательной верхней релаксации: Тактика и стратегия; Неявные схемы метода чередующихся направлений. Другие итерационные методы. Метод расчета распространения вектора ошибки. Методы, использующие ряды Фурье. Аппроксимации высших порядков. Об оценке рассмотренных методов. Граничные условия для уравнения переноса вихря и уравнения для функции тока. 0 первостепенной важности численных граничных условий. Стенка в расчетной сетке первого типа. Стенка в других расчетных сетках: Линия симметрии; Верхняя граница; Условия на входной границе потока; Условия на выходной границе потока. Пилообразные осцилляции в конечно-разностном решении. Парадокс, связанный с влиянием условий на выходной границе потока. Соотношение вычислительных и аналитических граничных условий. Условия “на бесконечности” . Угловые точки. Граничные условия в вершине выпуклого угла. Сходимость и точность в вершине выпуклого угла. Критерии сходимости и начальные условия.
6	Расчет давления	Численное интегрирование для определения давления. Уравнение Пуассона для давления. Граничные условия второго рода для давления. Итерационные методы решения. Характерная величина для отсчета давления. Расчет температуры и концентрации. Основные уравнения. Учет диссипации. Конечно-разностное представление диссипативной функции. Граничные условия для температуры и концентрации. Источниковые члены и жесткие уравнения. Методы решения уравнений

		для простейших физических переменных . Основные уравнения. Граничные условия для простейших физических переменных. Метод маркеров и ячеек. Другие методы решения уравнений для простейших физических переменных.
7	Уравнения расчёта температуры и концентрации в декартовой системе координат	Основные трудности. Традиционная форма уравнений. Консервативная форма уравнений. Дополнительные соотношения. Безразмерный вид консервативных уравнений. Сокращенная запись уравнений. Основные схемы расчета. Использование неявных схем. Схемы с явной искусственной вязкостью
8	Метод конечных элементов в гидродинамике (МКЭ)	Методы взвешенных невязок и вариационная формализация: основные определения, «слабые» формулировки, задачи с начальными условиями, квадратичные функционалы, метод Релея-Ритца, дополнительные условия. локальные функции, матрицы элементов, система уравнений, решение системы, программа решения уравнения Лапласа. Интерполяционные функции: треугольные элементы и непрерывность первого порядка, прямоугольные элементы, функции с непрерывностью второго порядка.
8	Решение основных задач гидродинамики МКЭ	Решения уравнения Пуассона: функционал, функции формы, L-координаты, учет граничных условий первого и второго рода, глобальные и локальные источники, алгоритм и программная реализация решения стационарной задачи тепло-, и массопереноса. МКЭ решения уравнения диффузии (решение уравнения параболического типа): разностное приближение нестационарного слагаемого и «фиктивный» источник, матрица демпфирования учета нестационарного эффекта, общая алгебраическая система уравнений для сеточных значений и ее решение. Уравнения гидродинамики для функции тока (задача обтекания крыла невозмущенным потоком) и система уравнений модели дрейфовых течений в рамках теории мелкого моря: учет сложных интегро-дифференциальных условий на границах неодносвязных областей
10	Методы решения уравнений для простейших физических переменных	Проблема замыкания системы уравнений гидродинамики. Особенности уравнения состояния жидкости и расчёт прибрежных течений. Решения уравнений Навье - Стокса циркуляции вязкой жидкости в двухмерных областях: учет сложной геометрии, параметризация зависимости от глубины бассейна, учет анемобарических факторов.

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа
(предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Темы лекций
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Рекомендуемая тематика практических занятий:

1. Решение систем линейных алгебраических уравнений
2. Решение СЛАУ с матрицами сложных структур
3. Неявные разностные схемы и метод прогонки
4. Решение задачи Дирихле уравнения Пуассона
5. Решение уравнения переноса (диффузии)
6. Генерация сеток метода конечных элементов
7. Решение задачи Дирихле уравнения Пуассона методом конечных элементов
8. Решение уравнения переноса (диффузии) методом конечных элементов
9. Решение волновых уравнений методом конечных элементов
10. Решение полной системы гидродинамических уравнений в переменных вихрь/функция тока

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и

применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно

связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контроли- руемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля

Примеры вопросов для устного опроса:

1.

Примерные вопросы тестов:

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Вода и её свойства.
2. Основные уравнения динамики жидкости. Уравнения Навье – Стокса.

3. Уравнение неразрывности. Субстанциональная производная. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости.
4. Уравнение количества движения. Массовые и поверхностные силы.
5. Уравнение энергии.
6. Замыкание системы уравнений динамики жидкости: уравнение состояния.
7. Ламинарное и турбулентное течение. Уравнения Рейнольдса для турбулентных течений. Уравнение неразрывности в форме Рейнольдса. Уравнения движения в форме Рейнольдса.
8. Моделирование турбулентности. Гипотезы замыкания. Вихревая вязкость. Модели Рейнольдсовых напряжений.
9. Уравнения Эйлера (движение жидкости без вязкости). Баротропные течения. Уравнение Бернулли.
10. Вычислительная гидродинамика. Область исследований. Уравнения движения жидкости в декартовой системе координат. Граничные условия.
11. Уравнение переноса вихря и уравнение для функции тока в случае плоских течений
12. Основные численные методы расчёта движений несжимаемой жидкости.
13. Методы решения уравнения переноса вихря. Транспортные и консервативные разностные схемы.
14. Методы решения уравнений для функции тока. Уравнение Пуассона. Метод Рундсона и метод Либмана.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими	хорошо		71-85

	большей степени самостоятельности и инициативы	теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1.

Дополнительная литература

1.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Перспектив» (Договор с ООО Перспектив, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое моделирование и анализ в экономике»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий» Степанов А.В.

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины «**Математическое моделирование и анализ в экономике**».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Математические модели гидродинамики».

Основной целью курса «Математическое моделирование и анализ в экономике» является освоение студентами основных методов количественного анализа основных математических методов в экономике, оценка финансовых рисков, моделирование экономических процессов.

Задачи освоения дисциплины.

- изложение основ экономико-математического моделирования;
- изучение основных существующих эконометрических моделей;
- получение практических навыков создания экономико-математических моделей;
- изучение математического аппарата, применяемого в экономике;
- изучение теории хеджирования финансовых рисков;
- знакомство со стандартными компьютерными программами, выполняющими наиболее распространенные финансовые расчеты.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. – Применяет фундаментальные знания научного познания и системного подхода в профессиональной деятельности УК-1.2. – Проводит критический анализ проблемных ситуаций и вырабатывает стратегию действий	После окончания изучения дисциплины магистранты должны: - уметь решать важные в практическом отношении проблемы (учет инфляции, конверсия валюты, сбалансированные изменения условий контрактов), - владеть практическими навыками расчета потоков платежей, в частности, в страховых расчетах,
ПК-1 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты	ПК-1.1.- Планирует проведение научных исследований в разных предметных областях ПК-1.2. – Создает математические модели для проведения научных исследований в разных предметных областях ПК-1.3. - Разрабатывает компьютерные модели и анализирует полученные новые научные и прикладные результаты	- на основе существующей экономической проблемы грамотно провести математическое моделирование данной задачи, - по условию решаемой экономической проблемы выбирать математический метод, наиболее подходящий для ее решения, - для каждого математического метода, применяемого для решения экономических задач,

ПК-2 - Способен разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.1. - Разрабатывает концептуальные и теоретические модели ПК-2.2. - Проводит экспериментальную проверку концептуальных и теоретических моделей	рационально использовать средства вычислительной техники, - иметь способность работы с информацией из различных источников, включая сетевые ресурсы сети Интернет, для решения, - понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат.
--	---	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование и анализ в экономике» представляет собой дисциплину обязательной части ОПОП.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе, может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Методы линейной алгебры и аналитической геометрии в экономике	Основные принципиальные положения определения целевой функции при моделировании экономических систем. Матричные вычисления в экономике.

		Модель Леонтьева многоотраслевой экономики. Продуктивные модели Леонтьева. Модель международной торговли. Классификация экономико-математических систем. Этапы процесса построения экономико-экономических моделей. Принципы построения экономико-математических моделей
2	Методы дифференциального исчисления в экономике	Функция потребления. Средняя и предельная производительность. Эластичность. Использование дифференциальных уравнений при решении экономических задач
3	Методы линейного программирования в экономике	Линейное программирование. Симплекс-метод. Транспортная задача. Классификация задач линейного программирования. Балансовая модель производства и потребления. Общая задача линейного программирования.
4	Методы теории игр в экономике	Конфликтные ситуации. Стратегии. Платежная матрица. Максимины. Решения игр в смешанных стратегиях. Игры с природой. Критерий Лапласа. Другие критерии.
5	Некоторые экономические задачи, решаемые методами динамического программирования	Оптимизационные задачи. Принцип оптимальности Белмана. Постановка задачи линейного программирования. Целевые функции.
6	Основные понятия теории статистики	Понятие статистического наблюдения и этапы его проведения. Формы статистического наблюдения. Основные правила составления статистических таблиц. Классификация статистических графиков. Требования к их построению.
7	Основные понятия теории статистики. Анализ динамических рядов	Основные понятия анализа динамических рядов. Типы рядов. Показатели анализа динамики: абсолютное и относительное изменение, коэффициент роста и прироста, темп прироста, средний уровень ряда. Определение основной тенденции развития (тренд).
8	Регрессионно-корреляционный анализ	Этапы построения регрессионной модели. Оценка параметров парной линейной регрессии. Проверка адекватности регрессионной модели. Т-критерий Стьюдента. Коэффициент эластичности.

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Темы лекций
1	Методы линейной алгебры и аналитической геометрии в экономике	Лекция 1. Основные принципиальные положения определения целевой функции при моделировании экономических систем. Лекция 2. Матричные вычисления в экономике.

		Лекция 3. Экономико-математические системы
2	Методы дифференциального исчисления в экономике	Лекция 4. Использование дифференциальных уравнений при решении экономических задач
3	Методы линейного программирования в экономике	Лекция 5. Линейное программирование. Симплекс-метод. Лекция 6. Классификация задач линейного программирования. Лекция 7. Общая задача линейного программирования.
4	Методы теории игр в экономике	Лекция 8. Конфликтные ситуации. Лекция 9. Игры с природой.
5	Некоторые экономические задачи, решаемые методами динамического программирования	Лекция 10. Оптимизационные задачи.
6	Основные понятия теории статистики	Лекция 11. Понятие статистического наблюдения и этапы его проведения. Лекция 12. Классификация статистических графиков. Требования к их построению.
7	Основные понятия теории статистики. Анализ динамических рядов	Лекция 13. Основные понятия анализа динамических рядов. Лекция 14. Определение основной тенденции развития (тренд).
8	Регрессионно-корреляционный анализ	Лекция 15. Этапы построения регрессионной модели. Лекция 16. Оценка параметров парной линейной регрессии. Лекция 17. Проверка адекватности регрессионной модели. Т-критерий Стьюдента. Коэффициент эластичности.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
1	Методы линейной алгебры и аналитической геометрии в экономике	Матричные вычисления в экономике.. Модель международной торговли. Классификация экономико-математических систем. Этапы процесса построения экономико-экономических моделей. Принципы построения экономико-математических моделей. Основные принципиальные положения определения целевой функции при моделировании экономических систем.
2	Методы дифференциального исчисления в экономике	Функция потребления. Средняя и предельная производительность. Эластичность. Использование дифференциальных уравнений при решении экономических задач
3	Методы линейного программирования в экономике	Модель межотраслевого баланса В.В. Леонтьева: математический и экономический смысл. Балансовая модель производства и потребления. Общая задача линейного программирования.

		Классификация задач линейного программирования. Транспортная задача. Решения задач линейного программирования и транспортной задачи с помощью электронных таблиц MS Excel.
4	Методы теории игр в экономике	Платежная матрица. Максимины. Решения игр в смешанных стратегиях. Критерий Лапласа. Критерий Вальда. Критерий макимального оптимизма. Критерий Сэвиджа. Критерий Гурвица.
5	Некоторые экономические задачи, решаемые методами динамического программирования	Постановка задачи динамического программирования. Функция Беллмана. Исследование целевых функций.
6	Основные понятия теории статистики	Понятие статистического наблюдения и этапы его проведения. Формы статистического наблюдения. Основные правила составления статистических таблиц. Классификация статистических графиков. Требования к их построению.
7	Анализ динамических рядов	Основные понятия анализа динамических рядов. Типы рядов. Показатели анализа динамики: абсолютное и относительное изменение, коэффициент роста и прироста, темп прироста, средний уровень ряда. Определение основной тенденции развития (тренд).
8	Регрессионно-корреляционный анализ	Этапы построения регрессионной модели. Оценка параметров парной линейной регрессии. Проверка адекватности регрессионной модели. Т-критерий Стьюдента. Коэффициент эластичности.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации

преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Методы линейной алгебры и аналитической геометрии в экономике	УК-1 ПК-1	Тестирование,
Методы дифференциального исчисления в экономике	УК-1 ПК-1	
Методы линейного программирования в экономике	УК-1 ПК-1	
Методы теории игр в экономике	УК-1 ПК-1	
Некоторые экономические задачи, решаемые методами динамического программирования	УК-1 ПК-1	
Основные понятия теории статистики	УК-1 ПК-1	
Анализ динамических рядов	УК-1 ПК-1	
Регрессионно-корреляционный анализ	УК-1 ПК-1	

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля

Варианты контрольной работы

Варианты контрольных работ																
№ п/п	Наименование темы	Тематика контрольных работ														
1	Тема 3. Методы линейного программирования в экономике	Задача 1. Найти оптимальное решение прямой и двойственной задач: целевая функция: $W = -3x_1 - 4x_2 \rightarrow \min$ при ограничениях: $x_1; x_2 \geq 0$, $x_1 \geq 10$, $x_2 \geq 5$, $x_1 + x_2 \leq 20$, $-x_1 + 4x_2 \leq 20$, Задача 2. Будет ли продуктивна модель Леонтьева с матрицей <table><tr><td></td><td>0,22</td><td>0,0</td><td>0,5</td></tr><tr><td></td><td>0,0</td><td>0,34</td><td>0,0</td></tr><tr><td>1.</td><td>0,5</td><td>0,0</td><td>0,3</td></tr></table>				0,22	0,0	0,5		0,0	0,34	0,0	1.	0,5	0,0	0,3
	0,22	0,0	0,5													
	0,0	0,34	0,0													
1.	0,5	0,0	0,3													
2	Тема 6. Основные понятия теории статистики	1. Вероятность поломки каждого из 50 работающих станков равна 0,08. Какова вероятность одновременной поломки более 3 станков?														

		2. Вероятность того, что клиент банка не вернёт заём в период экономического подъёма, равна 0,04 и 0,13-в период экономического кризиса. Предположим, что вероятность того, что начнётся период экономического роста, равна 0,65. Чему равна вероятность невозвращения полученного кредита? 3. При введении вакцины против полиомиелита иммунитет создается в 99.99% случаях. Определите вероятность Р того, что из 10000 вакцинированных детей заболеют 1. 4. Вероятность того, что изделие окажется высшего сорта, равна 0,8. Какова вероятность того, что при контроле качества 100 изделий окажется ровно 82 изделия высшего сорта?
--	--	--

Тематика рефератов

1. Социально-экономическая система как объект моделирования.
2. Аналитические методы исследований в решении экономических задач
1. Классификация экономико- математических моделей: признаки, виды моделей и область применения.
3. Этапы и процесс экономико-математического моделирования.
2. Математическая модель задачи линейного программирования: элементы модели, стандартная и каноническая модели.
3. Формализация экономико-математической модели: виды целевой функции; система ограничений.
4. Оптимизация экономических систем: постановка задачи оптимизации, критерии оптимизации, оптимальное решение, оптимум.
4. Формализация оптимизационной модели.
5. Оптимизационные модели ресурсов предприятия.
6. Модели оптимизации производственной мощности предприятия.

Примерные вопросы тестов:

Примерные тестовые задания (ДЕ 2)

1. Точкой спроса называют ...
 - a) решение задачи потребительского выбора;
 - b) значение функции спроса при данной цене;
 - c) зависимость цен от дохода.

2. Данную систему называют ...

$$\begin{cases} u(\bar{x}) = \prod_{i=1}^n (x_i - a_i)^{a_i}; x_i > a_i; a_i > 0; i = \overline{1, n} \\ I > \sum_{i=1}^n p_i a_i \end{cases}$$

- a) моделью Стоуна;
- b) уравнением Слуцкого;
- c) моделью Кобба-Дугласа.

3. Функция спроса является ...

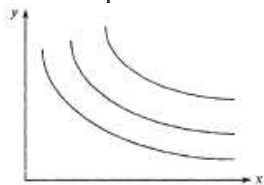
- a) функцией цен и дохода;
- b) зависимостью спроса при данной цене;
- c) решением задачи потребительского выбора.

4. Показатели степеней характеризуют ...

$$u(\bar{x}) = \prod_{i=1}^n (x_i - a_i)^{\alpha_i}$$

- a) относительную «ценность» соответствующих товаров для потребителя;
- b) эластичность функции спроса по цене;
- c) зависимость цен от дохода.

5. Изображенные на рисунке кривые безразличия относятся к типу ...



- a) линейных;
- b) неоклассических;
- c) с полным взаимодополнением благ.

6. Аномальные товары называют также товарами ...

- a) Гиффина;
- b) Стоуна;
- c) Слуцкого.

7. Коэффициент эластичности спроса по цене показывает ...

- a) на сколько процентов уменьшится (увеличится) спрос, если цена товара увеличится (уменьшится) на 1%;
- b) на сколько процентов уменьшится (увеличится) спрос, если цена товара уменьшится (увеличится) на 1%;
- c) на сколько процентов уменьшится (увеличится) спрос, если цена товара останется неизменной.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Проанализировать хозяйственную деятельность предприятия, оказывающего экспедиторские услуги.
2. Оценить в общих чертах региональный хозяйственный механизм некоторого субъекта Российской Федерации.
3. Подготовить предложения по ликвидации конфликта в организации, связанным с загруженностью.
4. Охарактеризовать социально-демографическую ситуацию в некотором субъекте Российской Федерации.
5. Провести исследование влияния поступления импортных товаров на жизненный уровень населения Калининградской области.
6. Оценить риск вложения денежных средств в некоторое коммерческое предприятие.
7. Этапы создания математической модели некоторого экономического процесса.
8. Проанализировать объемы продаж оптовой базы за последние пять лет.
9. Проанализировать деятельность бензоколонки за последний год с точки зрения ее функционирования.
10. Разработать стратегию внедрения фирмы на новый товарный рынок.
11. Проанализировать влияние инфляции на реальные доходы населения.

12. Проанализировать объемы перевозок, осуществлённых автотранспортными предприятиями города, за несколько последних лет.
13. Оценить с помощью экономико-математических методов влияние роста заработной платы на покупку недвижимости в Калининградской области.
14. Рассчитать с помощью экономико-математических методов объем производства определенных товаров на некотором предприятии.
15. Рассчитать с помощью экономико-математических методов тенденцию относительно имеющихся объемов производства продукции за несколько лет.
16. Организовать статистическое наблюдение по вопросу объединения нескольких факультетов университета в один.
17. Оценить с помощью экономико-математических методов пропускную способность Калининградского морского порта.
18. Провести работу по оптимальному распределению экспедиторов на имеющееся количество автотранспортных средств в организации с помощью экономико-математических методов.
19. Проанализировать экономическую деятельность фирмы по производству мебели с помощью экономико-математических методов.
20. Оценить правильность выбранной стратегии развития фирмы, сформированной с помощью экономико-математических методов.
21. Налоги и инфляция.
22. Потоки платежей и их основные параметры.
23. Ренты постнумерандо и пренумерандо.
24. Риск и диверсификация.
25. Ипотечные ссуды.
26. Измерение доходности финансовых операций.
27. Виды облигаций и их рейтинг.
28. Измерение доходности облигаций.
29. Характеристики эффективности производственных инвестиций.
30. Финансовый и оперативный лизинг.
31. Форфейтная операция.
32. Сущность опциона. Основные понятия. Модель Блека-Шоулза.
33. Страхование жизни. Нетто-премии с личным страхованием.
34. Расчет премий и пенсий. Сберегательные схемы.
35. Принцип минимакса решения игровых задач.
36. Игровые модели в условиях коммерческого риска.
37. Транспортная задача.
38. Задача коммивояжера.
39. Формирование оптимального штата фирмы.
40. Модели финансовых и товарных потоков.
41. Модели инфляции в коммерческих операциях.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i>	отлично	зачтено	86-100

		Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает</i> <i>нижесостоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер [и др.] ; под. ред. П. В. Трусова. - Москва : Логос, 2020. - 440 с. - ISBN 978-5-98704-637-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1211604> (дата обращения: 17.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Безруков, А. И. Математическое и имитационное моделирование : учебное пособие / А. И. Безруков, О. Н. Алексенцева. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 227 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-012709-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1005911> (дата обращения: 17.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Прспект» (Договор с ООО Прспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Динамическое программирование»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий» Кащенко Н.М.

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины **«Динамическое программирование»**.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Динамическое программирование».

Основной целью курса «Динамическое программирование» является изучение основных задач, решаемых посредством теории динамического программирования, методов их решения и приложений к созданию алгоритмов.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- сформировать у магистрантов практические навыки применения методов решения задач и их приложений к созданию алгоритмов;
- получение системного представления о математическом и алгоритмическом фундаменте динамического программирования;
- получение знаний об основных методах решения задач оптимизации в математике, физике, экономике;
- получение знаний о цикле разработки алгоритмов решения и их реализации;
- приобретение навыков по созданию, верификации и применениям метода динамического программирования.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. – Применяет фундаментальные знания научного познания и системного подхода в профессиональной деятельности УК-1.2. – Проводит критический анализ проблемных ситуаций и вырабатывает стратегию действий	После окончания изучения дисциплины магистранты должны: знать: основные элементы теории дискретного и непрерывного динамического программирования; методы декомпозиции дискретных и непрерывных задач; алгоритмы решения рекуррентных уравнений; методы оптимизации разных классов задач; основные классы задач оптимизации; методы построения уравнения Беллмана для дискретных и непрерывных задач; рекурсивные и табличные алгоритмы решения уравнений Беллмана. Уметь: строить уравнение Беллмана; по рекуррентным соотношениям строить алгоритмы решения;
ПК-1 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты	ПК-1.1.- Планирует проведение научных исследований в разных предметных областях ПК-1.2. – Создает математические модели для проведения научных исследований в разных предметных областях ПК-1.3. - Разрабатывает компьютерные модели и анализирует полученные новые научные и прикладные результаты	

ПК-2 - Способен разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.1. - Разрабатывает концептуальные и теоретические модели ПК-2.2. - Проводит экспериментальную проверку концептуальных и теоретических моделей	реализовывать эти алгоритмы на одном из языков программирования. строить уравнение Беллмана; Владеть: Методами оптимизации дискретных и непрерывных задач разных классов.
--	---	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «**Динамическое моделирование**» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе, может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Экстремальные задачи и методы их решения.	Математическое программирование. Постановка задачи оптимизации. Классификация методов оптимизации. Процессы нахождения экстремума.

2	Метод динамического программирования в задачах дискретной оптимизации.	Принцип динамического программирования. Основные рекуррентные соотношения динамического программирования. Решение методом динамического программирования дискретных оптимизационных задач
3	Классические задачи, решаемые методом динамического программирования.	Динамическое программирование. Формальная формулировка задачи динамического программирования. Принцип оптимальности Беллмана. История. Классические задачи динамического программирования. План решения задачи методом динамического программирования. Примеры типичных задач, решаемых при помощи динамического программирования: числа Фибоначчи, черепашка, подпалиндром, наибольшая общая подпоследовательность, наибольшая возрастающая подпоследовательность, наикратчайшие пути через сети, оптимизация метода динамического программирования.
4	Системы и процессы.	Системы. Многошаговые процессы. Редукция информации. Рекуррентные соотношения. Бесконечные процессы. Процессы с заданными правилами остановки. Нестационарные процессы.
5	Дискретные и непрерывные задачи.	Непрерывные процессы. Траекторный процесс. Неоднородная атмосфера. Причинность. Стохастичность. Корреляция. Вариационное исчисление. Геометрическая интерпретация. Уравнение эйконала (в R^2).
6	Динамическое программирование и линейное программирование.	Задачи оптимизации производства услуг. Задача оптимального распределения ресурсов.
7	Задачи поиска оптимальных путей на графах с неотрицательными весами ребер.	Алгоритм Флойда – Уоршелла. Алгоритм Дейкстры. Сравнение алгоритма Флойда – Уоршелла и алгоритма Дейкстры.
8	Динамическое программирование в экономических задачах.	Задача планирования рабочей силы. Задача замены оборудования. Задача инвестирования. Задача о загрузке. Алгоритм обратной прогонки. Алгоритм прямой прогонки. Анализ чувствительности решения. Оптимальность по Парето.
8	Оптимальное управление.	Постановка задачи оптимального управления. Формулировка принципа максимума. Теорема (принцип максимума Понтрягина). Примеры применения принципа максимума.
10	Особенности решения задач динамического программирования.	Задача о замощении домино. Задача о симпатичных узорах. Связь динамического программирования и регулярных выражений. Задача триангуляции.
11	Применение метода динамического программирования к задачам синтеза	Задачи обслуживания множеств заявок. Однопроцессорные задачи синтеза расписаний обслуживания конечных детерминированных потоков заявок. Задачи синтеза расписаний

	расписаний обслуживания.	обслуживания для систем с параллельными и последовательными процессорами. Задачи оптимального обслуживания стационарных объектов, расположенных в одномерной зоне.
12	Труднорешаемые задачи. Полиномиально разрешимые конкретизации, приближенные и эвристические алгоритмы	Полиномиально разрешимые и NP-трудные задачи. Полиномиально разрешимые подклассы труднорешаемых задач. Принципы построения приближенных и эвристических алгоритмов. Эвристические алгоритмы для задач синтеза расписаний обслуживания.

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Темы лекций
1	Экстремальные задачи и методы их решения.	Лекция 1. Математическое программирование.
2	Метод динамического программирования в задачах дискретной оптимизации.	Лекция 2. Принцип динамического программирования.
3	Классические задачи, решаемые методом динамического программирования.	Лекция 3. Формальная формулировка задачи динамического программирования.
4	Системы и процессы.	Лекция 4. Системы. Многошаговые процессы.
5	Дискретные и непрерывные задачи.	Лекция 5. Непрерывные процессы.
6	Динамическое программирование и линейное программирование.	Лекция 6. Задачи оптимизации производства услуг.
7	Задачи поиска оптимальных путей на графах с неотрицательными весами ребер.	Лекция 7. Алгоритм Флойда – Уоршелла и Дейкстры.
8	Динамическое программирование в экономических задачах.	Лекция 8. Задача планирования рабочей силы. Задача замены оборудования. Задача инвестирования. Задача о загрузке. Лекция 9. Алгоритмы прямой и обратной прогонки.
9	Оптимальное управление.	Лекция 9. Постановка задачи оптимального управления.
10	Особенности решения задач динамического программирования.	Лекция 10. Связь динамического программирования и регулярных выражений.

11	Применение метода динамического программирования к задачам синтеза расписаний обслуживания.	Лекция 11. Задачи обслуживания множеств заявок.
12	Труднорешаемые задачи. Полиномиально разрешимые конкретизации, приближенные и эвристические алгоритмы	Лекция 12. Полиномиально разрешимые и NP-трудные задачи. Лекция 13. Принципы построения приближенных и эвристических алгоритмов. Эвристические алгоритмы для задач синтеза расписаний обслуживания.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

1. Постановка задачи оптимизации. Процессы нахождения экстремума.
2. Принцип оптимальности Беллмана. Классические задачи динамического программирования.
3. Дискретные системы и процессы.
4. Непрерывные системы и процессы.
5. Линейное программирование.
6. Оптимальные путей на графах с неотрицательными весами ребер.
7. Оптимальность по Парето.
8. Оптимальное управление.
9. Особенности решения задач динамического программирования. Задача триангуляции.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем,

в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Экстремальные задачи и методы их решения.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Метод динамического программирования в задачах дискретной оптимизации.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Классические задачи, решаемые методом динамического программирования.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Системы и процессы.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Дискретные и непрерывные задачи.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Динамическое программирование и линейное программирование.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Задачи поиска оптимальных путей на графах с неотрицательными весами ребер.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Динамическое программи- рование в экономических задачах.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Оптимальное управление.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Особенности решения задач динамического программирования.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Применение метода динамического программирования к задачам синтеза расписаний обслуживания.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Труднорешаемые задачи. Полиномиально разрешимые конкретизации, приближенные и эвристические алгоритмы	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Примерные вопросы тестов:

1. В процессе динамического программирования раньше всех планируется
первый шаг
последний шаг +
как сказано в условии задачи
предпоследний шаг
2. В задачах динамического программирования шаговое управление должно
выбираться
с учетом последствий в будущем +
с учетом предшествующих шагов
и то, и другое
наилучшим для данного шага
лучше, чем предыдущее
3. Задача о загрузке рюкзака является задачей Программирования
нелинейного
параметрического
динамического +
линейного
целочисленного
4. В задачах теории игр говорят, что игра имеет седловую точку, если
нижняя цена игры меньше верхней
нижняя цена игры равна верхней +
нижняя цена игры больше верхней
нижняя цена игры не больше верхней
нижняя цена игры не меньше верхней
5. Игра называется игрой с нулевой суммой, если
выигрыш игрока А равен 0
выигрыш игрока В равен 0
сумма выигрышей игроков равна 0 +
выигрыш переходит от одного игрока другому
выигрыш приходит извне игры
6. В задачах теории игр та стратегия, которая соответствует нижней цене игры,
называется
Максиминной +
минимаксной
оптимальной
нижней
лучшей
7. В задачах теории игр элементы платежной матрицы
положительные
целые
дробные +
любые
неотрицательные
8. В играх с «природой» критерий, учитывающий возможность как наихудшего, так
и наилучшего для человека поведения природы, называется критерием

Вальда
Сэвиджа
Гурвица +
вероятностным критерием

9. Динамическое программирование – это метод оптимизации многошаговых задач в условиях
отсутствия обратной связи (последствия) и аддитивности целевой функции +
учета обратной связи (последствия) и аддитивности целевой функции
отсутствия обратной связи (последствия) и неаддитивности целевой функции
10. Метод динамического программирования применяется для решения
многошаговых задач +
задач, которые нельзя представить в виде последовательности отдельных шагов
только задач линейного программирования
задач макроэкономики
11. Динамическое программирование не характеризуется следующими условиями задача
оптимизации определяется как многошаговый процесс управления
выбор управления на каждом шаге зависит только от состояния системы до этого шага
без влияния на предыдущие шаги
состояние системы после k-ого шага управления зависит только от предшествующего
состояния на k-1 шаге и управления на k-ом шаге
целевая функция всей задачи равна сумме целевых функций на каждом шаге
на каждом шаге управление зависит от конечного числа управляющих переменных, а
состояние – от конечного числа параметров
нахождение многоугольника допустимых решений +
12. Путь в сетевом графике – это
любая непрерывная последовательность работ и событий +
последовательность работ и событий, начинающаяся от исходного события и
заканчивающаяся завершающим событием
совокупность работ и событий,
начинающаяся с какого-либо начального события и заканчивающаяся каким-либо
конечным событием
13. Полный путь сетевого графика – это
последовательность работ и событий, начинающаяся от исходного события и
заканчивающаяся завершающим событием +
любая непрерывная последовательность работ и событий
совокупность работ и событий, начинающаяся с какого-либо начального события и
заканчивающаяся каким-либо конечным событием
14. Критический путь сетевого графика – это
полный путь с максимальной продолжительностью +
полный путь с минимальной продолжительностью
расчетный полный путь со средней продолжительностью
15. Исходное событие сетевого графика – это
событие, не имеющее предшествующих работ и событий +
любое начальное событие
момент начала какого-либо процесса

16. Завершающее событие – это событие не имеющее последующих работ и событий + любое конечное событие
момент завершения какого-либо процесса

17. Начальное событие – это момент завершения какого-либо процесса, начиная с которого происходит выполнение одной или нескольких работ + исходное событие
момент завершения какого-либо процесса с определенным результатом

18. Конечное событие – это момент завершения одной или нескольких работ, предшествующих событию + завершающее событие
событие, определяющее конец полного пути

19. Система массового обслуживания включает следующие элементы входящий поток требований или заявок на обслуживание
очередь
обслуживающее устройство
выходящий поток, обслуженных требований
входящий поток требований или заявок на обслуживание, очередь, обслуживающее устройство, выходящий поток, обслуженных требований +

20. Средняя доля пришедших заявок, обслуживаемых системой, называется интенсивность потока обслуживаний
абсолютная пропускная способность
относительная пропускная способность +
интенсивность нагрузки

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Экстремальные задачи и методы их решения.
2. Математическое программирование.
3. Постановка задачи оптимизации.
4. Формальная формулировка задачи динамического программирования.
5. Принцип оптимальности Беллмана.
6. План решения задачи методом динамического программирования. Числа Фибоначчи.
7. Системы. Многошаговые процессы.
8. Системы. Бесконечные процессы.
9. Системы. Процессы с заданными правилами остановки.
10. Непрерывные процессы.
11. Траекторные процессы.
12. Стохастические процессы. Корреляция.
13. Вариационное исчисление.
14. Динамическое программирование и линейное программирование.
15. Задачи оптимизации производства услуг.
16. Задача оптимального распределения ресурсов.
17. Алгоритм Флойда – Уоршелла.

18. Алгоритм Дейкстры.
19. Динамическое программирование в экономических задачах.
20. Задача планирования рабочей силы.
21. Задача замены оборудования.
22. Задача инвестирования.
23. Задача о загрузке.
24. Алгоритм обратной прогонки и алгоритм прямой прогонки.
25. Анализ чувствительности решения.
26. Оптимальность по Парето.
27. Постановка задачи оптимального управления.
28. Формулировка принципа максимума.
29. Теорема (принцип максимума Понтрягина). Пример применения принципа максимума.
30. Особенности решения задач динамического программирования.
31. Связь динамического программирования и регулярных выражений.
32. Задача триангуляции.
33. Применение метода динамического программирования к задачам синтеза расписаний обслуживания.
34. Задачи обслуживания множеств заявок.
35. Полиномиально разрешимые и NP-трудные задачи.
36. Полиномиально разрешимые подклассы труднорешаемых задач.
37. Эвристические алгоритмы для задач синтеза расписаний обслуживания.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности,	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических	хорошо		71-85

	нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Тим Рафгарден. Совершенный алгоритм. Жадные алгоритмы и динамическое программирование. - Санкт-Петербург : Питер, 2020. - 256 с. - ISBN 978-5-4461-1445-0. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/367982/reading> (дата обращения: 05.01.2025). - Текст: электронный.

Дополнительная литература

1. Окулов С. М. Динамическое программирование. — 3-е издание, электрон. — (Развитие интеллекта школьников) / С.М. Окулов, О.А. Пестов. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 299 с. - ISBN 978-5-00101-683-0. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/373286/reading> (дата обращения: 05.01.2025). - Текст: электронный.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Проспект» (Договор с ООО Проспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Имитационное моделирование»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: к.т.н., доцент ОНК «Институт высоких технологий» Толстель О.В.

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины «**Имитационное моделирование**».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Имитационное моделирование».

Основной целью курса «Имитационное моделирование» является изучение методов и моделей имитационного моделирования и развитие практических навыков решения задач по моделированию экономических, социальных и производственно-технологических систем для формирования, принятия и реализации управленческих решений

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. – Применяет фундаментальные знания научного познания и системного подхода в профессиональной деятельности УК-1.2. – Проводит критический анализ проблемных ситуаций и вырабатывает стратегию действий	После окончания изучения дисциплины магистранты должны: Знать: основы имитационного моделирования, необходимые для создания прикладных программ; математические методы решения профессиональных задач; Уметь: строить имитационные модели и применять их для прогнозирования различных явлений, осуществления их качественного и количественного анализа, выработки управленческих решений.
ПК-1 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты	ПК-1.1.- Планирует проведение научных исследований в разных предметных областях ПК-1.2. – Создает математические модели для проведения научных исследований в разных предметных областях ПК-1.3. - Разрабатывает компьютерные модели и анализирует полученные новые научные и прикладные результаты	Владеть: методами автоматизированного разработки имитационных моделей, сбора и обработки результатов, необходимыми для профессиональной деятельности.

ПК-2 - Способен разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.1. - Разрабатывает концептуальные и теоретические модели ПК-2.2. - Проводит экспериментальную проверку концептуальных и теоретических моделей	
--	---	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Имитационное моделирование» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе, может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Имитационные модели, процесс имитационного моделирования (базовые определения	Введение в имитационное моделирование. Имитационные модели, область применения и основные определения. Структура процесса имитационного моделирования

2	Математический аппарат имитационного моделирования	Применение теории вероятностей и математической статистики к имитационному моделированию. Виды вероятностных распределений, используемых в имитационном моделировании. Статистические проблемы имитационного моделирования. Системность имитационного моделирования. Условие системности имитационного моделирования. Модели общих систем. Возможности интеграции имитирующих моделей с помощью моделей общих систем.
3	Основные методологические подходы к построению имитационных моделей	Имитационные модели систем. Дискретные Имитационные модели. Непрерывные имитационные модели. Методологии имитационного моделирования. Принципы и методы построения имитационных моделей. Аналитический метод, метод статистического моделирования (Монте-Карло), комбинированный подход.
4	Современные универсальные компьютерные среды и языки имитационного моделирования	Компьютерные среды моделирования. Построение моделей в компьютерных средах для производственно-технологических и социально-экономических систем. Виды применяемых систем и примеры формирования имитирующих моделей. Возможности использования имитационных языков. Сведения о современных программных продуктах в этой области.
5	Компьютерное имитационное моделирование экономических, социальных и производственно-технологических систем	Моделирование прогнозирования объема продаж. Алгоритм построения прогноза объема реализации для продукции с сезонным характером продаж. Имитационное моделирование инвестиционных рисков. Установление взаимосвязи между исходными и выходными показателями в виде математических уравнений или неравенств. Законы распределения вероятностей для ключевых параметров модели. Компьютерная имитация значений ключевых параметров модели. Расчет основных характеристик распределений исходных и выходных показателей. Анализ полученных результатов и принятие решения. Имитационное моделирование операций с ценными бумагами. Фактор времени и оценка потоков платежей. Долгосрочные обязательства с фиксированным доходом. Краткосрочные и коммерческие ценные бумаги. Имитационные модели для построения системы согласованных тарифов и цен. Общее и особенное в методиках формирования тарифов и цен на услуги субъектов разных отраслей естественных монополий. Имитационные модели для построения системы согласованных тарифов. Сведения о современных программных продуктах в этой области и обучение их применению. Имитационные модели систем массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания. Основная задача

		теории систем массового обслуживания. Модели потоков событий. Применение прикладных пакетов программ для моделирования СМО
--	--	--

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Имитационные модели, процесс имитационного моделирования (базовые определения)	Лекция 1. Введение в имитационное моделирование.
2	Математический аппарат имитационного моделирования	Лекция 2. Применение теории вероятностей и математической статистики к имитационному моделированию. Лекция 3. Системность имитационного моделирования.
3	Основные методологические подходы к построению имитационных моделей	Лекция 4. Имитационные модели систем. Лекция 5. Методологии имитационного моделирования.
4	Современные универсальные компьютерные среды и языки имитационного моделирования	Лекция 6. Компьютерные среды моделирования. Лекция 7. Виды применяемых систем и примеры формирования имитирующих моделей. Лекция 8. Сведения о современных программных продуктах в этой области.
5	Компьютерное имитационное моделирование экономических, социальных и производственно-технологических систем	Лекция 9. Моделирование прогнозирования объема продаж. Лекция 10. Компьютерная имитация значений ключевых параметров модели. Лекция 11. Имитационные модели для построения системы согласованных тарифов и цен. Лекция 12. Имитационные модели систем массового обслуживания. Лекция 13. Применение прикладных пакетов программ для моделирования СМО

Рекомендуемая тематика практических занятий:

1. Имитационные модели, процесс имитационного моделирования (базовые определения)
2. Математический аппарат имитационного моделирования
3. Основные методологические подходы к построению имитационных моделей
4. Современные универсальные компьютерные среды и языки имитационного моделирования
5. Компьютерное имитационное моделирование экономических, социальных и производственно-технологических систем

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Имитационные модели, процесс имитационного моделирования (базовые определения)	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Математический аппарат имитационного моделирования	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Основные методологические подходы к построению имитационных моделей	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Современные универсальные компьютерные среды и языки имитационного моделирования	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Компьютерное имитационное моделирование экономических, социальных и производственно-технологических систем	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Примерные вопросы тестов:

Имитационное моделирование - это:

- (1) процесс построения и изучения физических моделей
- (2) процессы функционирования системы, которые записываются в виде некоторых функциональных соотношений (алгебраических, дифференциальных, интегральных уравнений)
- (3) процесс построения и изучения математических моделей

Какой случайный процесс, из ниже перечисленных, называют марковским?

- (1) это тот процесс, у которого вероятность перехода системы в новое состояние зависит от того, когда система перешла в это состояние
- (2) это тот процесс, у которого вероятность перехода системы в новое состояние зависит только от состояния системы в настоящий момент**
- (3) это тот процесс, у которого вероятность перехода системы в новое состояние зависит от того, каким образом система перешла в данное состояние

Что определяет план эксперимента?

- (1) способы накопления и статистической обработки результатов моделирования**
- (2) объем вычислений на компьютере**
- (3) порядок проведения вычислений на компьютере**
- (4) увеличение информативности каждого наблюдения
- (5) создание структурной основы процесса исследования
- (6) сокращение общего времени моделирования

Что, из ниже перечисленного, относится к характеристике рассеивания?

- (1) матожидание
- (2) срединное значение
- (3) дисперсия**
- (4) среднее арифметическое
- (5) среднее квадратическое отклонение**

На какие абстрактные элементы, может быть декомпозирована реальная система?

- (1) одноканальные устройства
- (2) объекты аппаратной категории**
- (3) многоканальные устройства

Какая группа позволяет провести стратегическое планирование эксперимента?

- (1) Fraction**
- (2) Result
- (3) Factors

К объекту "Модель" командой INCLUDE подключаются:

- (1) потоки данных
- (2) текстовые объекты с набором операторов модели**
- (3) дополнительные модули и библиотеки

Моделирование - это:

- (1) замещения одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала**
- (2) создание определенной новой модели для тестирования какого-либо объекта
- (3) материальный объект той или иной природы по отношению к оригиналу

На какие классы делятся марковские процессы?

- (1) дискретные и непрерывные марковские процессы**
- (2) детерминированные и стохастические марковские процессы
- (3) непрерывные и структурные марковские процессы

Какие языки программирования, из ниже перечисленных, являются языками моделирования?

- (1) C++
- (2) **симпас**
- (3) **GPSS**
- (4) модуля

Объекты: выходные переменные, входные переменные и уровни факторов являются объектами:

- (1) тактического планирования
- (2) **стратегического планирования**
- (3) комплекс по планированию

Какое свойство оценки записывают в виде

$$P(|\bar{\Theta} - M[\Theta]| < \varepsilon) \rightarrow 1$$

- (1) несмещенность
- (2) **состоятельность**
- (3) эффективность

Выберите не верные утверждения:

- (1) многоканальные устройства используются одновременно несколькими транзактами
- (2) **одноканальные устройства могут быть использованными одновременно несколькими транзактами**
- (3) каждому объекту соответствуют атрибуты, описывающие его состояние в данный момент времени

К основным целям моделирования относятся следующие:

- (1) **прогноз**
- (2) **оптимизация**
- (3) разграничение

Если переходные вероятности не зависят от времени, то это:

- (1) стохастическая марковская цепь
- (2) **однородная марковская цепь**
- (3) непрерывная марковская цепь

Если плотность вероятности

$f(x)$ непрерывной случайной величины определяется по формуле: , то непрерывная случайная величина имеет:

- (1) **равномерное распределение в интервале [a, b]**
- (2) статистически независимые числа
- (3) минимальное машинное время и минимальный объем памяти

Оценка имеет характеристику:

- (1) дисперсию
- (2) вероятность события Р
- (3) **среднее квадратическое отклонение**
- (4) коэффициент корреляции

Поток данных - это:

- (1) файловые потоки
- (2) **последовательность текстовых строк, используемых процессом моделирования**

(3) односвязный индекс, который указывает позицию строки для считывания или записи

Какие модели, из ниже перечисленных, различают по признаку "характер моделируемой стороны объекта"?

- (1) стохастические
- (2) функциональные;**
- (3) непрерывные
- (4) структурные;**
- (5) информационные;**

При каком способе, из ниже перечисленных, случайные числа формируются специальным устройством?

- (1) табличный способ
- (2) аппаратный способ**
- (3) алгоритмический способ

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Место имитационного моделирования в исследованиях экономических систем.
2. Этапы построения имитационных моделей.
3. Сбор информации о системе, формулирование проблемы и определение целей исследования.
4. Структура представления данных в имитационных моделях.
5. Виды оценок и методы оценивания параметров имитационной модели.
6. Общие положения проверки гипотез о согласии.
7. Разработка концептуальной модели: логико-математическое описание моделируемой системы в соответствии с формулировкой проблемы.
8. Создание имитационной модели средствами системы моделирования.
9. Испытание и исследование имитационной модели с использованием исходных данных моделирования.
10. Проведение направленного вычислительного эксперимента на имитационной модели.
11. Анализ и интерпретация результатов имитационного моделирования.
12. Аналитический метод имитационного моделирования.
13. Метод статистических испытаний.
14. Комбинированный метод построения имитационных моделей.
15. Параметры и переменные имитационной модели.
16. Классификация имитационных моделей в зависимости от типа модельного времени.
17. Принцип Δt в имитационном моделировании.
18. Принцип особых состояний.
19. Датчики случайных величин.
20. Метод середины квадрата.
21. Мультипликативный конгруэнтный метод.
22. Требования к базовым датчикам и их проверка
23. Имитация случайного события.
24. Имитация сложного события.
25. Имитация сложного события, состоящего из зависимых событий.
26. Имитация событий, составляющих полную группу.
27. Моделирование дискретных случайных величин
28. Моделирование непрерывных случайных величин

29. Метод обратной функции.
30. Метод Неймана (режекции).
31. Алгоритм получения значений нормально распределенной случайной величины.
32. Алгоритм получения случайной величины, распределенной по Пуассону.
33. Имитация нестационарных случайных процессов.
34. Имитация стационарных СП.
35. Статистические проблемы имитационного моделирования.
36. Условие системности имитационного моделирования.
37. Модели общих систем.
38. Возможности интеграции имитирующих моделей с помощью моделей общих систем.
39. Дискретные имитационные системы.
40. Непрерывные имитационные системы.
41. Принципы и методы построения имитационных моделей.
42. Аналитический метод построения имитационной модели.
43. Метод статистического моделирования.
44. Комбинированный подход.
45. Сетевое имитационное моделирование, входные и выходные спецификации.
46. Построение моделей в компьютерных средах для производственно-технологических и социально-экономических систем.
47. Виды применяемых систем и примеры формирования имитирующих моделей.
48. Возможности использования имитационных языков. Сведения о современных программных продуктах в этой области и обучение их применению.
49. Моделирование прогнозирования объема продаж.
50. Имитационное моделирование операций с ценными бумагами.
51. Имитационное моделирование инвестиционных рисков.
52. Имитационные модели для построения системы согласованных тарифов.
53. Современные программные продукты в области построения системы согласованных тарифов.
54. Проблема взаимосвязанной имитации процессов в совокупности производственно-технологических и социально-экономических систем.
55. Планирование имитационного эксперимента. Стратегии запуска и правила остановки.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных</i>	отлично	зачтено	86-100

		методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения</i>	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Безруков, А. И. Математическое и имитационное моделирование : учебное пособие / А. И. Безруков, О. Н. Алексенцева. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 227 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-012709-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1005911> (дата обращения: 29.01.2025). – Режим доступа: по подписке.
2. Сосновики, Г. К. Компьютерное моделирование. Практикум по имитационному моделированию в среде GPSS World : учебное пособие / Г. К. Сосновики, Л. А. Воробейчиков. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. — 112 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-00091-035-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1049590> (дата обращения: 29.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Кобелев, Н. Б. Имитационное моделирование: Учебное пособие / Н.Б. Кобелев, В.А. Половников, В.В. Девятков; Под общ. ред. Н.Б. Кобелева. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 368 с. - ISBN 978-5-905554-17-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/961800> (дата обращения: 29.01.2025). – Режим доступа: по подписке.
2. Девятков, В. В. Имитационные исследования в среде моделирования GPSS STUDIO : учебное пособие / В.В. Девятков, Т.В. Девятков, М.В. Федотов ; под общ. ред. В.В. Девяткова. — Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2020. — 283 с. - ISBN 978-

5-9558-0595-5. - Текст: электронный. - URL:
<https://znanium.com/catalog/product/1046042> (дата обращения: 29.01.2025). – Режим
доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Проспект» (Договор с ООО Проспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Численное моделирование в механике сплошных сред»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий» Гриценко В.А.

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины «**Численное моделирование в механике сплошных сред**».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Численное моделирование в механике сплошных сред».

Основной целью курса «Численное моделирование в механике сплошных сред» является изучение теории математического моделирования применительно к естественнонаучным задачам, этапов построения математической модели и формулировки задачи, методов решения и оценки адекватности модели на основе сравнения с экспериментальными данными.

В курсе изучаются стандартные подходы к построению математических моделей, рассматриваются математические модели, основанные на фундаментальных законах сохранения и описывающие процессы различной природы.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. – Применяет фундаментальные знания научного познания и системного подхода в профессиональной деятельности УК-1.2. – Проводит критический анализ проблемных ситуаций и вырабатывает стратегию действий	После окончания изучения дисциплины магистранты должны: Знать: - основные методы математического моделирования и численных методов; - текущее состояние современных научных достижений в области математического моделирования. Уметь: - применять полученные теоретические знания для решения новых практических задач;
ПК-1 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты	ПК-1.1.- Планирует проведение научных исследований в разных предметных областях ПК-1.2. – Создает математические модели для проведения научных исследований в разных предметных областях ПК-1.3. - Разрабатывает компьютерные модели и анализирует полученные новые научные и прикладные результаты	- генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач. Владеть: - навыками обработки информации и математического анализа полученных данных; - практическими навыками построения математических моделей реальных задач.

ПК-2 - Способен разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.1. - Разрабатывает концептуальные и теоретические модели ПК-2.2. - Проводит экспериментальную проверку концептуальных и теоретических моделей	
--	---	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численное моделирование в механике сплошных сред» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе, может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в механику сплошных сред. Законы	Математический аппарат механики сплошных сред. Представление движения сплошной среды.

	сохранения в механике. Математические модели жидкой среды.	Деформации и напряжения. Массовые и объёмные силы.
2		Законы сохранения в механике. Математические модели жидкой среды. Идеальная жидкость. Несжимаемая вязкая жидкость.
3		Сжимаемость. Основные уравнения и упрощающие предположения. Уравнения состояния. Уравнения Навье–Стокса. Термодинамические эффекты в сплошных средах. Диссипация энергии.
4		Типы границ области течений. Граничные условия. Параметрический анализ постановок краевых задач. Критерии подобия.
5		Модели термогравитационной и термоконцентрационной конвекции. Моделирование фазовых переходов.
6		Примеры постановок задач конвекции. Примеры точных решений задач конвекции. Методы исследования устойчивости решений. Анализ характеристик движущейся жидкой среды на основе точных решений.
7		Обзор численных методов решения задач гидродинамики и конвекции
8		Параметрический анализ уравнений термоконцентрационной и термогравитационной конвекции. Анализ характерных масштабов явлений конвективного теплообмена.
9		Построение точных решений уравнений конвекции. Апробация разных типов граничных условий
10		Исследование устойчивости точных решений. Метод нормальных мод. Дисперсионные соотношения. Селекция мод.
11		Численные методы решения спектральных задач. Редукция исходных задач к виду, удобному для реализации методов ортогонализации, дифференциальной прогонки, Галеркина.

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в механику сплошных сред. Законы сохранения в механике.	Лекция 1. Математический аппарат механики сплошных сред. Представление движения сплошной среды. Деформации и напряжения. Массовые и объёмные силы.
2	Математические модели жидкой среды.	Лекция 2. Законы сохранения в механике. Математические модели жидкой среды. Идеальная жидкость. Несжимаемая вязкая жидкость.

3		Лекция 3. Сжимаемость. Основные уравнения и упрощающие предположения. Уравнения состояния. Уравнения Навье–Стокса. Термодинамические эффекты в сплошных средах. Диссипация энергии.
4		Лекция 4. Типы границ области течений. Граничные условия. Параметрический анализ постановок краевых задач. Критерии подобия.
5		Лекция 5. Модели термогравитационной и термоконцентрационной конвекции. Моделирование фазовых переходов.
6		Лекция 6. Примеры постановок задач конвекции. Примеры точных решений задач конвекции. Методы исследования устойчивости решений. Анализ характеристик движущейся жидкой среды на основе точных решений.
7		Лекция 7. Обзор численных методов решения задач гидродинамики и конвекции
8		Лекция 8. Параметрический анализ уравнений термоконцентрационной и термогравитационной конвекции. Анализ характерных масштабов явлений конвективного теплообмена.
9		Лекция 9. Построение точных решений уравнений конвекции. Аprobация разных типов граничных условий
10		Лекция 10. Исследование устойчивости точных решений. Метод нормальных мод. Дисперсионные соотношения. Селекция мод.
11		Лекция 11. Численные методы решения спектральных задач. Лекция 12. Редукция исходных задач к виду, удобному для реализации методов ортогонализации, дифференциальной прогонки, Галеркина.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

1. Параметрический анализ уравнений термоконцентрационной и термогравитационной конвекции.
2. Анализ характерных масштабов явлений конвективного теплообмена.
3. Построение точных решений уравнений конвекции.
4. Аprobация разных типов граничных условий
5. Исследование устойчивости точных решений.
6. Метод нормальных мод.
7. Дисперсионные соотношения.
8. Селекция мод.
9. Численные методы решения спектральных задач.
10. Редукция исходных задач к виду, удобному для реализации методов ортогонализации, дифференциальной прогонки, Галеркина.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контроли- руемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Математический аппарат механики сплошных сред. Представление движения сплошной среды. Деформации и напряжения. Массовые и объёмные силы.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Законы сохранения в механике. Математические модели жидкой среды. Идеальная жидкость. Несжимаемая вязкая жидкость.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Сжимаемость. Основные уравнения и упрощающие предположения. Уравнения состояния. Уравнения Навье–Стокса. Термодинамические эффекты в сплошных средах. Диссипация энергии.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Типы границ области течений. Граничные условия. Параметрический анализ постановок краевых задач. Критерии подобия.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Модели термогравитационной и термоконцентрационной конвекции. Моделирование фазовых переходов.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Примеры постановок задач конвекции. Примеры точных решений задач конвекции. Методы исследования устойчивости решений. Анализ характеристик движущейся жидкой среды на основе точных решений.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Обзор численных методов решения задач гидродинамики и конвекции	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Параметрический анализ уравнений термоконцентрационной и термогравитационной конвекции. Анализ характерных масштабов явлений конвективного теплообмена.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты

Построение точных решений уравнений конвекции. Аprobация разных типов граничных условий	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Исследование устойчивости точных решений. Метод нормальных мод. Дисперсионные соотношения. Селекция мод.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Численные методы решения спектральных задач. Редукция исходных задач к виду, удобному для реализации методов ортогонализации, дифференциальной прогонки, Галеркина.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Примерные вопросы тестов:

- Один из способов изучения движения сплошной среды состоит в изучении движения индивидуальных частиц континуума. Этот способ называется точкой зрения
 - Лагранжа
 - Эйлера
 - Галилея
 - Ньютона
 - Бернулли
- Линия среды, вдоль которой в данный момент времени вектор скорости направлен по касательной к ней, есть
 - Линия тока
 - Траектория
 - Изотаха
 - Вихревая линия
 - Изобара
- Один из способов изучения движения сплошной среды состоит в изучении характеристик течения в данной точке пространства, занятого этой средой. Этот способ называется точкой зрения
 - Эйлера
 - Ньютона
 - Лагранжа
 - Галилея
 - Коши

Примеры заданий

1. Движение среды происходит по закону

$$x_1 = \xi_1 \left(1 + \frac{t}{\tau}\right), \quad x_2 = \xi_2 \left(1 + 2\frac{t}{\tau}\right), \quad x_3 = \xi_3 \left(1 + \frac{t^2}{\tau^2}\right), \quad \tau = \text{const.}$$

Найти поля скорости и ускорения в лагранжевом описании. Где находится в момент $t = 3\tau$ частица, которая в момент $t = \tau$ находилась в точке пространства с координатами (a, b, c) ?

2. Рассмотреть суммы $a_{ijk} + b_{ijk}$ компонент тензоров **a** и **b** в произвольном ортонормированном базисе и показать, что они являются компонентами тензора.

3. Найдите квадрат длины элемента $dx^1 \mathbf{e}_1 + dx^2 \mathbf{e}_2 + dx^3 \mathbf{e}_3$ в эллиптической системе координат $x^1 = r, x^2 = \varphi, x^3 = z$, связанной с декартовыми координатами (x, y, z) соотношениями

$$x = \sqrt{r^2 + a^2} \cos \varphi, \quad y = r \sin \varphi, \quad r \geq 0.$$

4. В некоторой точке среды, в которой произошла малая деформация, тензор малых деформация в декартовой системе координат имеет следующую матрицу компонент

$$\begin{pmatrix} 0.01 & 0.03 & 0 \\ 0.03 & 0.01 & 0 \\ 0 & 0 & 0.01 \end{pmatrix}.$$

Найти наибольшее и наименьшее относительное удлинение материальных элементов в этой точке. Найти направление материальных элементов, которые испытали наибольшее и наименьшее относительные удлинения. Вычислить относительное изменение объёма в этой точке.

5. Скорость течения воды в канале, расположенном в северном полушарии Земли, направлена с юга на север. Объясните качественно, у какого берега канала уровень воды выше. Оценить порядок разности уровней у берегов канала Δh по сравнению с его шириной l при заданной скорости течения $v = 1$ м/с.

6. Найти собственные числа матрицы поворота на угол φ вокруг оси x^3

$$\begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Математический аппарат механики сплошных сред.
2. Представление движения сплошной среды.
3. Деформации и напряжения.
4. Массовые и объёмные силы.
5. Законы сохранения в механике.
6. Математические модели жидкой среды. Идеальная жидкость.
7. Несжимаемая вязкая жидкость.
8. Сжимаемость. Основные уравнения и упрощающие предположения.
9. Уравнения состояния.
10. Уравнения Навье–Стокса.
11. Термодинамические эффекты в сплошных средах.
12. Диссипация энергии.
13. Типы границ области течений.
14. Граничные условия.
15. Параметрический анализ постановок краевых задач. Критерии подобия.
16. Модели термогравитационной и термоконцентрационной конвекции.
17. Моделирование фазовых переходов.
18. Примеры постановок задач конвекции.
19. Примеры точных решений задач конвекции.
20. Методы исследования устойчивости решений.
21. Анализ характеристик движущейся жидкой среды на основе точных решений.
22. Обзор численных методов решения задач гидродинамики и конвекции

23. Параметрический анализ уравнений температурноконцентрационной и термогравитационной конвекции.
24. Анализ характерных масштабов явлений конвективного теплообмена.
25. Построение точных решений уравнений конвекции.
26. Аprobация разных типов граничных условий
27. Исследование устойчивости точных решений.
28. Метод нормальных мод.
29. Дисперсионные соотношения.
30. Селекция мод.
31. Численные методы решения спектральных задач.
32. Редукция исходных задач к виду, удобному для реализации методов ортогонализации, дифференциальной прогонки, Галеркина.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий</i>	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения</i>	хорошо		71-85
Удовлетворительный	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и	удовлетворительно		55-70

(достаточны й)		практически контролируемого материала			
Недостаточн ый	Отсутствие	признаков	неудовлетв орительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Мохрачева, Л. П. Типовые математические схемы моделирования. Примеры и задачи : учебное пособие / Л. П. Мохрачева. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2018. - 144 с. - ISBN 978-5-7996-2362-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1923165> (дата обращения: 05.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Математические модели природы и общества : монография / Н. Н. Калиткин, Н. В. Карпенко, А. П. Михайлов [и др.]. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 360 с. - ISBN 5-9221-0558-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/95542> (дата обращения: 05.01.2025). – Режим доступа: по подписке.
2. Куликовский, А. Г. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений / А. Г. Куликовский, Н. В. Погорелов, А. Ю. Семёнов. - 2-е изд. - Москва : Физматлит, 2012. - 656 с. - ISBN 978-5-9221-1198-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/544780> (дата обращения: 05.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Прспект» (Договор с ООО Прспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;

- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое моделирование процесса переноса»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий» Гриценко В.А.

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины «**Математическое моделирование процесса переноса**».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Математическое моделирование процесса переноса».

Основной целью курса «Математическое моделирование процесса переноса» является изучение теории математического моделирования применительно к естественнонаучным задачам, этапов построения математической модели и формулировки задачи, методов решения и оценки адекватности модели на основе сравнения с экспериментальными данными.

В курсе изучаются стандартные подходы к построению математических моделей, рассматриваются математические модели, основанные на фундаментальных законах сохранения и описывающие процессы различной природы.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. – Применяет фундаментальные знания научного познания и системного подхода в профессиональной деятельности УК-1.2. – Проводит критический анализ проблемных ситуаций и вырабатывает стратегию действий	После окончания изучения дисциплины магистранты должны: Знать: - основные методы математического моделирования и численных методов; - текущее состояние современных научных достижений в области математического моделирования. Уметь: - применять полученные теоретические знания для решения новых практических задач;
ПК-1 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты	ПК-1.1.- Планирует проведение научных исследований в разных предметных областях ПК-1.2. – Создает математические модели для проведения научных исследований в разных предметных областях ПК-1.3. - Разрабатывает компьютерные модели и анализирует полученные новые научные и прикладные результаты	- генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач. Владеть: - навыками обработки информации и математического анализа полученных данных; - практическими навыками построения математических моделей реальных задач.

ПК-2 - Способен разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.1. - Разрабатывает концептуальные и теоретические модели ПК-2.2. - Проводит экспериментальную проверку концептуальных и теоретических моделей	
--	---	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «**Динамическое моделирование**» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе, может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1		Задачи биологии и механики, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Обыкновенные дифференциальные уравнения

		как модели динамических систем: энергетическая модель сердца, модели сосуществования биологических популяций.
2		Дифференциальные уравнения механики (уравнения Ньютона и Гамильтона), линейные электрические цепи, системы управления с обратной связью.
3	Задачи естествознания, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям, к уравнениям в частных производных	Задачи механики, теории упругости, экологии, химии, электродинамики, приводящие к уравнениям в частных производных. Уравнения математической физики как модели движения сред: гиперболические уравнения, как описывающие динамические процессы, параболические уравнения, как описывающие вероятностные процессы.
4		Математические модели переноса загрязнений в окружающей среде. Законы Фика. Уравнения диффузии. Постановки задач. Аналитические решения задач переноса загрязнений.
5		Гауссова модель распространения атмосферных загрязнений. Модель загрязнения реки
6		Вывод уравнений Максвелла, телеграфного уравнения. Дисперсия волн.
7		Описание движения тел в среде с сопротивлением. Адиабатические процессы. Уравнение математического маятника. Линеаризация дифференциальных уравнений. Точные и приближённые решения.
8		Уравнения колебаний струны, стержня, мембраны. Типы граничных условий. Распространение волн в пространстве.
9		Решение уравнений переноса тепла и молекулярного переноса в рамках различных постановок начально краевых задач. Модели загрязнений

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1		Лекция 1. Задачи биологии и механики, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям.
2		Лекция 2 -3. Дифференциальные уравнения механики (уравнения Ньютона и Гамильтона), линейные электрические цепи, системы управления с обратной связью.
3		Лекция 4-5. Задачи механики, теории упругости, экологии, химии, электродинамики, приводящие к уравнениям в частных производных. Уравнения

		математической физики как модели движения сред: гиперболические уравнения, как описывающие динамические процессы, параболические уравнения, как описывающие вероятностные процессы.
4	Задачи естествознания, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям, к уравнениям в частных производных	Лекция 6-7. Математические модели переноса загрязнений в окружающей среде. Законы Фика. Уравнения диффузии. Постановки задач. Аналитические решения задач переноса загрязнений.
5		Лекция 8. Гауссова модель распространения атмосферных загрязнений. Модель загрязнения реки
6		Лекция 9. Вывод уравнений Максвелла, телеграфного уравнения. Дисперсия волн.
7		Лекция 10. Описание движения тел в среде с сопротивлением. Адиабатические процессы. Уравнение математического маятника. Линеаризация дифференциальных уравнений. Точные и приближённые решения.
8		Лекция 11. Уравнения колебаний струны, стержня, мембраны. Типы граничных условий. Распространение волн в пространстве.
9		Лекция 12. Решение уравнений переноса тепла и молекулярного переноса в рамках различных постановок начально краевых задач. Модели загрязнений

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

1. Описание движения тел в среде с сопротивлением.
2. Адиабатические процессы.
3. Уравнение математического маятника.
4. Линеаризация дифференциальных уравнений. Точные и приближённые решения.
5. Уравнения колебаний струны, стержня, мембраны.
6. Типы граничных условий.
7. Распространение волн в пространстве.
8. Решение уравнений переноса тепла и молекулярного переноса в рамках различных постановок начально краевых задач.
9. Модели загрязнений

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной

образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе

освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Задачи биологии и механики, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Обыкновенные дифференциальные уравнения как модели динамических систем: энергетическая модель сердца, модели сосуществования биологических популяций.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Дифференциальные уравнения механики (уравнения Ньютона и Гамильтона), линейные электрические цепи, системы управления с обратной связью.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Задачи механики, теории упругости, экологии, химии, электродинамики, приводящие к уравнениям в частных производных. Уравнения математической физики как модели движения сред: гиперболические уравнения, как описывающие динамические процессы, параболические уравнения, как описывающие вероятностные процессы.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Математические модели переноса загрязнений в окружающей среде. Законы Фика. Уравнения диффузии. Постановки задач. Аналитические решения задач переноса загрязнений.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Гауссова модель распространения атмосферных загрязнений. Модель загрязнения реки	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Вывод уравнений Максвелла, телеграфного уравнения. Дисперсия волн.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты

Описание движения тел в среде с сопротивлением. Адиабатические процессы. Уравнение математического маятника. Линеаризация дифференциальных уравнений. Точные и приближённые решения.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Уравнения колебаний струны, стержня, мембраны. Типы граничных условий. Распространение волн в пространстве.	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты
Решение уравнений переноса тепла и молекулярного переноса в рамках различных постановок начально краевых задач. Модели загрязнений	УК-1; ПК-1; ПК-2	Опросы, тесты

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля

Примерные вопросы тестов:

1. Математические модели "элементарных" процессов.
2. Закон сохранения массы для потока.
3. Закон сохранения количества движения для потока
4. Закон сохранения энергии для потока.
5. Модель переноса массы.
6. Модель переноса тепла.
7. Аналогия моделей переноса.
8. Теория подобия.
9. Подобное преобразование дифференциальных уравнений переноса
10. Перенос количества движения
11. Перенос тепла
12. Перенос массы
13. Экспериментальные модели процесса переноса .
14. Пример алгоритмизации моделей теплообмена

Примеры заданий

Задание 1. Перенос загрязнения в притоке реки

Содержательная постановка задачи

В притоке реки за 104 м до впадения притока в реку происходит выброс частиц химического вещества в воду в течение 5 мин. Начальное содержание частиц химического вещества в воде составляет 10%, т.е. плотность субстанции в воде равна 0.1 (мин*м) -1 в период выброса. Скорость движения частиц вещества в месте выброса определяется скоростью движения воды и равна 60 м/мин. Приток расширяется и скорость движения воды падает на 20% в месте впадения притока в реку. Дополнительно нужно учесть, что каждую минуту 1% химического вещества оседает на дно. Необходимо описать и проанализировать процесс переноса химического вещества в притоке реки.

Задание 2. Одномерное уравнение диффузии в неподвижной среде

Концептуальная постановка задачи

Цилиндр длины l , заполненный воздухом при давлении и температуре окружающей среды, открывают с одного конца в начальный момент времени, и из окружающей атмосферы, где концентрация некоторого газа равна $\phi_0 = \text{const}$, начинается диффузия газа в цилиндр. Начальная концентрация газа в цилиндре равна 0. Площадь поперечного сечения цилиндра намного меньше длина цилиндра.

Задание 2.1 (Математическая модель)

Сформулируйте математическую модель в виде первой краевой задачи (начальное условие, граничное условие Дирихле на обоих концах цилиндра) для одномерного уравнения диффузии в неподвижной среде по концептуальной постановке задачи.

Задание 3. Одномерное стационарное уравнение диффузии с точечным источником

Сформулируйте математическую модель для описания процесса выброса химического вещества (аэрозоля) промышленным предприятием на основании стационарного одномерного процесса диффузии вещества при условиях, что

- коэффициент диффузии постоянный, $D(x) = \text{const} > 0$;
- скорость потока воздушных масс атмосферы постоянная, $u(x) = \text{const}$;
- процесс поглощения атмосферой химического вещества задается коэффициентом $\sigma = \text{const} > 0$;
- точечный источник вещества мощности $Q = \text{const} > 0$, выбрасывающий в атмосферу

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Задачи биологии и механики, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям.
2. Обыкновенные дифференциальные уравнения как модели динамических систем: энергетическая модель сердца, модели сосуществования биологических популяций.
3. Дифференциальные уравнения механики (уравнения Ньютона и Гамильтона), линейные электрические цепи, системы управления с обратной связью.
4. Задачи механики, теории упругости, экологии, химии, электродинамики, приводящие к уравнениям в частных производных.
5. Уравнения математической физики как модели движения сред: гиперболические уравнения, как описывающие динамические процессы, параболические уравнения, как описывающие вероятностные процессы.
6. Математические модели переноса загрязнений в окружающей среде.
7. Законы Фика.
8. Уравнения диффузии. Постановки задач.
9. Аналитические решения задач переноса загрязнений.
10. Гауссова модель распространения атмосферных загрязнений.
11. Модель загрязнения реки
12. Вывод уравнений Максвелла, телеграфного уравнения.
13. Дисперсия волн.
14. Описание движения тел в среде с сопротивлением.
15. Адиабатические процессы.
16. Уравнение математического маятника.
17. Линеаризация дифференциальных уравнений. Точные и приближённые решения.

18. Уравнения колебаний струны, стержня, мембраны.
19. Типы граничных условий.
20. Распространение волн в пространстве.
21. Решение уравнений переноса тепла и молекулярного переноса в рамках различных постановок начально краевых задач.
22. Модели загрязнений

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Стрельников, В. В. Анализ и прогноз загрязнений окружающей среды : учебник / В.В. Стрельников, Н.В. Чернышева. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 339 с. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/1030338. - ISBN 978-5-16-019347-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2109538> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: по подписке.
2. Тютюма, В.Д. Течение вязкой сжимаемой жидкости. Концепция фонового переноса импульса : монография / В. Д. Тютюма. - Минск : Беларуская навука, 2024. - 264 с. - ISBN 978-985-08-3142-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2169115> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Шаров, Ю. И. Перенос энергии и массы : учебное пособие / Ю. И. Шаров. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 168 с. - ISBN 978-5-9729-2008-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2172506> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Прспект» (Договор с ООО Прспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Квантовые вычисления»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий» Иванов А.И.

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины «**Квантовые вычисления**».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Управление проектами».

Цель дисциплины: углубление и расширение знаний в области новейших перспективных направлений в информационных технологиях, новых принципов кодирования, обработки, передачи информации и вычислений, основанных на квантовой физике.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. – Применяет фундаментальные знания научного познания и системного подхода в профессиональной деятельности УК-1.2. – Проводит критический анализ проблемных ситуаций и вырабатывает стратегию действий	Студент, изучивший данную дисциплину, должен: • Знать соответствие между логическими цепями классических и квантовых компьютеров; принципы действия классических и квантовых компьютеров; основные элементы логических цепей классических и квантовых компьютеров; свойства необратимых и обратимых гейтов, теореме о неклонируемости кубитов и ее следствия; методы физической реализации и инициализации кубитов; свойства и способы генерации перепутанных состояний, их роль в квантовых вычислениях; особенности протоколов квантовой криптографии и основные трудности их реализации, сравнительные свойства квантовых и классических алгоритмов • Уметь истолковывать действия логических цепей классических и квантовых компьютеров, протоколов квантовой криптографии; составлять схемы логических цепей, осуществляющих квантовый параллелизм; составлять схемы логических цепей, осуществляющих квантовые вычисления, коррекцию ошибок, квантовую телепортацию и генерацию квантового секретного ключа
ПК-1 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты	ПК-1.1.- Планирует проведение научных исследований в разных предметных областях ПК-1.2. – Создает математические модели для проведения научных исследований в разных предметных областях ПК-1.3. - Разрабатывает компьютерные модели и анализирует полученные новые научные и прикладные результаты	

		• Владеть обозначениями элементов квантовых логических цепей; схемами управления кубитами; правилами составления квантовых логических цепей и навыками их изображения; приемами составления протоколов, осуществляющих квантовый параллелизм, квантовые вычисления, коррекцию ошибок, квантовую телепортацию; протоколами генерации квантового секретного ключа
--	--	---

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Квантовые вычисления» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений, блока дисциплин подготовки обучающихся.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий.

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
1	Аксиомы квантовой механики.	Наблюдаемые и операторы. Собственные значения и собственные функции операторов. Состояние системы и его эволюция. Квантовое измерение. Вероятностное толкование волновой функции. Средние значения физических величин. Соотношение неопределённостей для физических величин. Представление состояний векторами гильбертова пространства. Статистический оператор и матрица плотности. Спин электрона. Спиновые состояния. Сфера Блоха.
2	Квантовая информация.	Информация. Мера информации. Бит. Редуцированная матрица плотности. Квантовая энтропия. Эволюция измеряемой квантовой системы. Кубит. Какое количество информации можно закодировать состояниями кубита? Перепутанные состояния кубитов. ЭПР-пара. Парадокс ЭПР. Теорема о неклонировании неизвестного квантового состояния.
3	Квантовые коммуникации.	Криптографический ключ. Проблема распространения ключа. Код Вернама. RSA-код. Квантовые поляризационные состояния фотонов. Математические модели приборов квантовой оптики. Квантовая криптография, основанная на теореме Белла. Квантовые криптографические протоколы BB-84, BBM -92 и их практическая реализация. Протокол квантовой телепортации на основе измерения состояний Белла. Протокол квантовой телепортации без измерения состояний Белла.
4	Классические и квантовые логические гейты, квантовые цепи.	Основные понятия алгебры логики. Классический универсальный компьютер и логические гейты. Полусумматор, сумматор. Обратимые логические гейты. Полусумматор и сумматор на обратимых логических гейтах. Квантовые логические гейты. Контролируемые квантовые гейты. CNOT-гейт и невозможность клонирования неизвестного состояния. Универсальные наборы квантовых логических гейтов. Квантовые цепи, реализующие полусумматор и сумматор. Квантовая цепь, реализующая состояния Белла.
5	Квантовые алгоритмы.	Понятие квантового параллельного вычисления. Алгоритм Дойча. Квантовое Фурье-преобразование и нахождение периода функции. Факторизация чисел и алгоритм П. Шора. Поиск в базе данных и алгоритм Гровера.
6	Квантовая коррекция ошибок.	Мажоритарная система исправления ошибок при трёхкубитовом кодировании. Протокол коррекции амплитудной ошибки. Квантовая схема кодирования для защиты от фазовой ошибки.

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Темы лекций
1	Тема 1. Аксиомы квантовой механики.	Лекция 1. Аксиомы квантовой механики.
2	Тема 2. Квантовая информация.	Лекция 2. Квантовая информация.

3	Тема 3. Квантовые коммуникации.	Лекция 3. Квантовые коммуникации.
4	Тема 4. Классические и квантовые логические гейты, квантовые цепи.	Лекция 4. Классические и квантовые логические гейты, квантовые цепи.
5	Тема 5. Квантовые алгоритмы.	Лекция 5. Квантовые алгоритмы.
6	Тема 6. Квантовая коррекция ошибок	Лекция 6. Квантовая коррекция ошибок

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

№ п/п	Наименование Темы	Содержание темы
1	Аксиомы квантовой механики.	Определение статистического оператора и матрицы плотности. Работа со сферой Блоха.
2	Квантовая информация.	Составление схем перепутывания состояний кубита. Вычисление квантовой энтропии.
3	Квантовые коммуникации.	Работа с протоколами, основанными на теореме Белла, ВВ-84 и ВВМ-92.
4	Классические и квантовые логические гейты, квантовые цепи.	Составление схем сумматора, полусумматора. Построение квантовых цепей.
5	Квантовые алгоритмы.	Составление схем квантового преобразования Фурье, алгоритмом Дойча, алгоритмом Гровера и алгоритмом П.Шора.
6	Квантовая коррекция ошибок.	Работа с протоколом коррекции амплитудной ошибки и квантовой схемой кодирования для защиты от фазовой ошибки.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия,

практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№ п/п	Наименование темы	Тематика самостоятельных работ
1	Аксиомы квантовой механики.	Повторение теоретического материала к практическим занятиям. Решение задач домашнего задания по теме. Ознакомление с литературой по курсу. Выбор темы реферата.
2	Квантовая информация.	Повторение теоретического материала к практическим занятиям. Решение задач домашнего задания по теме. Чтение литературы по теме реферата. Подготовка краткой сводки предварительных результатов для реферата.
3	Квантовые коммуникации.	Повторение теоретического материала к практическим занятиям. Решение задач домашнего задания по теме. Подготовка основной части реферата.
4	Классические и квантовые логические гейты, квантовые цепи.	Повторение теоретического материала к практическим занятиям. Завершение основной части реферата. Подготовка к письменному опросу.
5	Квантовые алгоритмы.	Повторение теоретического материала к практическим занятиям. Подготовка презентации реферата. Подготовка к письменному опросу. Подготовка к промежуточной аттестации – зачёту.
6	Квантовая коррекция ошибок.	По данной теме самостоятельная работа не предусмотрена.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения,

контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Тема 1. Аксиомы квантовой механики.	Ук-1 ПК-1	Опрос, решение задач.
Тема 2. Квантовая информация.		Опрос, решение задач.
Тема 3. Квантовые коммуникации.		Опрос, решение задач.
Тема 4. Классические и квантовые логические гейты, квантовые цепи.		Устный опрос, решение задач,
Тема 5. Квантовые алгоритмы.		Устный опрос, решение задач,
Тема 6. Квантовая коррекция ошибок.		Устный опрос, решение задач,

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Задачи

Тема 1. Аксиомы квантовой механики

	Задача
Оценка «зачтено» - низкой уровень освоения компетенции	Изобразить условные обозначения необратимых и обратимых элементов логических цепей компьютера.

Оценка «зачтено» - повышенный уровень освоения компетенции	Показать, что произведение унитарных операторов само является унитарным оператором.
Оценка «зачтено» - высокий уровень освоения компетенции	Записать и проанализировать соотношение неопределенностей для случая совместно измеримых величин.

Тема 2. Квантовая информация

	Задача
Оценка «зачтено» - низкой уровень освоения компетенции	Изобразить базисные и суперпозиционные состояния кубита на сфере Блоха.
Оценка «зачтено» - повышенный уровень освоения компетенции	Показать, что, если статистический оператор (матрица плотности) задан в своём собственном представлении, то для вычисления квантовой энтропии такого состояния можно пользоваться классической формулой Шеннона.
Оценка «зачтено» - высокий уровень освоения компетенции	Показать, что при унитарной эволюции квантовая энтропия остаётся неизменной.

Тема 3. Квантовые коммуникации

	Задача
Оценка «зачтено» - низкой уровень освоения компетенции	Изобразить и объяснить протокол генерации секретного ключа с помощью поляризованных фотонов (протокол BB-84).
Оценка «зачтено» - повышенный уровень освоения компетенции	Изобразить и объяснить протокол телепортации кубита без измерения состояний Белла.
Оценка «зачтено» - высокий уровень освоения компетенции	Изобразить и объяснить протокол телепортации с использованием базисных функций Белла.

Тема 4. Классические и квантовые логические гейты, квантовые цепи

	Задача
Оценка «зачтено» - низкой уровень освоения компетенции	Начертить и объяснить схемы полусумматора, полного сумматора и схему сложения двоичных чисел.
Оценка «зачтено» - повышенный уровень освоения компетенции	Начертить и объяснить схему квантового двоичного суммирования.
Оценка «зачтено» - высокий уровень	Для двухкубитовой квантовой цепи, генерирующей состояния Белла и состоящей из однокубитового гейта Адамара и CNOT-гейта, в

освоения компетенции	базисе двухкубитовых состояний $ 00\rangle, 01\rangle, 10\rangle, 11\rangle$ построить оператор Белла, описывающий результат действия этой цепи.
----------------------	---

Тема 5. Квантовые алгоритмы

	Задача
Оценка «зачтено» - низкой уровень освоения компетенции	Начертить и объяснить схему квантового преобразования Фурье.
Оценка «зачтено» - повышенный уровень освоения компетенции	Привести пример работы алгоритма П. Шора.
Оценка «зачтено» - высокий уровень освоения компетенции	Привести пример работы алгоритма Гровера.

Тема 6. Квантовая коррекция ошибок

	Задача
Оценка «зачтено» - низкой уровень освоения компетенции	Изобразить и объяснить схему квантовой коррекции амплитудных ошибок квантовых вычислений.
Оценка «зачтено» - повышенный уровень освоения компетенции	Изобразить и объяснить схему квантовой коррекции фазовых ошибок квантовых вычислений.
Оценка «зачтено» - высокий уровень освоения компетенции	Изобразить и объяснить схему квантовой коррекции амплитудных и фазовых ошибок квантовых вычислений.

Примеры вопросов для устного опроса:

Тема 1. Аксиомы квантовой механики

1. Наблюдаемые и операторы.
2. Собственные значения и собственные функции операторов.
3. Состояние системы и его эволюция. Квантовое измерение. Вероятностное толкование волновой функции.
4. Средние значения физических величин.
5. Соотношение неопределённостей для физических величин.
6. Представление состояний векторами гильбертова пространства.
7. Статистический оператор и матрица плотности.
8. Спин электрона.
9. Спиновые состояния.
10. Сфера Блоха.
11. Для описания каких состояний применяется сфера Блоха?

Тема 2. Квантовая информация

1. Понятие квантовой информации.
2. Понятие меры информации.

3. Понятие бита.
4. Редуцированная матрица плотности.
5. Квантовая энтропия.
6. Эволюция измеряемой квантовой системы.
7. Понятие кубита.
8. Какое количество информации можно закодировать состояниями кубита?
9. Перепутанные состояния кубитов. ЭПР-пара. Парадокс ЭПР.
10. Теорема о неклонируемости неизвестного квантового состояния.
11. В чем принципиальное отличие квантового описания состояний кубита от описания состояний классического бита?
12. Приведите примеры реализаций кубита.
13. Приведите пример квантового состояния, которое можно клонировать.
14. Почему невозможно клонирование кубита и как это отражается на передаче квантовой информации?
15. Какой вид в обозначениях Дирака для 2-мерных кет-векторов имеет выражение для максимально перепутанных состояний двух кубитов?

Тема 3. Квантовые коммуникации

1. Криптографический ключ.
2. Проблема распространения ключа.
3. Код Вернама.
4. RSA-код.
5. Квантовые поляризационные состояния фотонов.
6. Математические модели приборов квантовой оптики.
7. Квантовая криптография, основанная на теореме Белла.
8. Квантовые криптографические протоколы BB-84, BBM -92 и их практическая реализация.
9. Протокол квантовой телепортации на основе измерения состояний Белла.
10. Протокол квантовой телепортации без измерения состояний Белла.
11. На чём основано сверхплотное кодирование?

Тема 4. Классические и квантовые логические гейты, квантовые цепи

1. Основные понятия алгебры логики.
2. Классический универсальный компьютер и логические гейты.
3. Полусумматор, сумматор.
4. Обратимые логические гейты.
5. Полусумматор и сумматор на обратимых логических гейтах.
6. Квантовые логические гейты.
7. Контролируемые квантовые гейты.
8. CNOT-гейт и невозможность клонирования неизвестного состояния.
9. Универсальные наборы квантовых логических гейтов.
10. Квантовые цепи, реализующие полусумматор и сумматор.
11. Квантовая цепь, реализующая состояния Белла.
12. NOT-гейт и гейт Адамара с помощью матриц Паули.

Тема 5. Квантовые алгоритмы

1. Понятие квантового параллельного вычисления.
2. Алгоритм Дойча.
3. Квантовое Фурье-преобразование и нахождение периода функции.
4. Факторизация чисел и алгоритм П. Шора.
5. Поиск в базе данных и алгоритм Гровера.
6. В чем состоит квантовый параллелизм вычислений?

7. Какие задачи, доступные для решения с помощью квантовых алгоритмов, практически недоступны классическим компьютерам?
8. Почему возможна абсолютно секретная квантовая генерация шифровального ключа?

Тема 6. Квантовая коррекция ошибок

1. Мажоритарная система исправления ошибок при трёхкубитовом кодировании.
2. Протокол коррекции амплитудной ошибки.
3. Квантовая схема кодирования для защиты от фазовой ошибки.
4. Какую роль в квантовой информации играет квантовая оптика?

Типовые контрольные задания:

Тема 1. Аксиомы квантовой механики

1. Изобразить условные обозначения необратимых и обратимых элементов логических цепей компьютера.
2. Показать, что произведение унитарных операторов само является унитарным оператором.
3. Записать и проанализировать соотношение неопределенностей для случая совместно измеримых величин.

Тема 2. Квантовая информация

1. Изобразить базисные и суперпозиционные состояния кубита на сфере Блоха.
2. Показать, что, если статистический оператор (матрица плотности) задан в своём собственном представлении, то для вычисления квантовой энтропии такого состояния можно пользоваться классической формулой Шеннона.
3. Показать, что при унитарной эволюции квантовая энтропия остаётся неизменной.

Тема 3. Квантовые коммуникации

1. Изобразить и объяснить протокол генерации секретного ключа с помощью поляризованных фотонов (протокол BB-84).
2. Изобразить и объяснить протокол телепортации кубита без измерения состояний Белла.
3. Изобразить и объяснить протокол телепортации с использованием базисных функций Белла.

Тема 4. Классические и квантовые логические гейты, квантовые цепи

1. Начертить и объяснить схемы полусумматора, полного сумматора и схему сложения двоичных чисел.
2. Начертить и объяснить схему квантового двоичного суммирования.
3. Для двухкубитовой квантовой цепи, генерирующей состояния Белла и состоящей из однокубитового гейта Адамара и CNOT-гейта, в базисе двухкубитовых состояний $|00\rangle$, $|01\rangle$, $|10\rangle$, $|11\rangle$ построить оператор Белла, описывающий результат действия этой цепи.

Тема 5. Квантовые алгоритмы

1. Начертить и объяснить схему квантового преобразования Фурье.
2. Привести пример работы алгоритма П. Шора.
3. Привести пример работы алгоритма Гровера.

Тема 6. Квантовая коррекция ошибок

1. Изобразить и объяснить схему квантовой коррекции амплитудных ошибок

- квантовых вычислений.
2. Изобразить и объяснить схему квантовой коррекции фазовых ошибок квантовых вычислений.
 3. Изобразить и объяснить схему квантовой коррекции амплитудных и фазовых ошибок квантовых вычислений.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Наблюдаемые и операторы.
2. Собственные значения и собственные функции операторов.
3. Состояние системы и его эволюция. Квантовое измерение. Вероятностное толкование волновой функции.
4. Средние значения физических величин.
5. Соотношение неопределённостей для физических величин.
6. Представление состояний векторами гильбертова пространства.
7. Статистический оператор и матрица плотности.
8. Спин электрона.
9. Спиновые состояния.
10. Сфера Блоха.
11. Понятие квантовой информации.
12. Понятие меры информации.
13. Понятие бита.
14. Редуцированная матрица плотности.
15. Квантовая энтропия.
16. Эволюция измеряемой квантовой системы.
17. Понятие кубита.
18. Перепутанные состояния кубитов. ЭПР-пара. Парадокс ЭПР.
19. Теорема о неклонированности неизвестного квантового состояния.
20. Приведите примеры реализаций кубита.
21. Приведите пример квантового состояния, которое можно клонировать.
22. Криптографический ключ.
23. Проблема распространения ключа.
24. Код Вернама.
25. RSA-код.
26. Квантовые поляризационные состояния фотонов.
27. Математические модели приборов квантовой оптики.
28. Квантовая криптография, основанная на теореме Белла.
29. Квантовые криптографические протоколы BB-84, BBM -92 и их практическая реализация.
30. Протокол квантовой телепортации на основе измерения состояний Белла.
31. Протокол квантовой телепортации без измерения состояний Белла.
32. Основные понятия алгебры логики.
33. Классический универсальный компьютер и логические гейты.
34. Полусумматор, сумматор.
35. Обратимые логические гейты.
36. Полусумматор и сумматор на обратимых логических гейтах.
37. Квантовые логические гейты.
38. Контролируемые квантовые гейты.
39. CNOT-гейт и невозможность клонирования неизвестного состояния.
40. Универсальные наборы квантовых логических гейтов.

41. Квантовые цепи, реализующие полусумматор и сумматор.
42. Квантовая цепь, реализующая состояния Белла.
43. Записать NOT-гейт и гейт Адамара с помощью матриц Паули.
44. Понятие квантового параллельного вычисления.
45. Алгоритм Дойча.
46. Квантовое Фурье-преобразование и нахождение периода функции.
47. Факторизация чисел и алгоритм П. Шора.
48. Поиск в базе данных и алгоритм Гровера.
49. В чем состоит квантовый параллелизм вычислений?
50. Мажоритарная система исправления ошибок при трёхкубитовом кодировании.
51. Протокол коррекции амплитудной ошибки.
52. Квантовая схема кодирования для защиты от фазовой ошибки.
53. Какую роль в квантовой информации играет квантовая оптика

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий</i>	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения</i>	хорошо		71-85

Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Шейдаков, Н. Е. Физические основы защиты информации : учебное пособие / Н.Е. Шейдаков, О.В. Серпенинов, Е.Н. Тищенко. — Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2021. — 204 с. — (Высшее образование). — DOI: <https://doi.org/10.12737/21158>. - ISBN 978-5-369-01603-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1189956> (дата обращения: 28.03.2023). – Режим доступа: по подписке.
2. Физические основы защиты информации, обрабатываемой средствами вычислительной техники [Электронный ресурс]/ М-во образования и науки РФ, Балт. федер. ун-т им. И. Канта, Ин-т приклад. математики и информац. технологий; М-во образования и науки РФ, Балт. федер. ун-т им. И. Канта, Ин-т приклад. математики и информац. технологий. - Калининград: БФУ им. И. Канта, 2015. - 1 online, 283 с.. - Б.ц. Имеются экземпляры в отделах /There are copies in departments: ЭБС Кантиана(1)

Дополнительная литература

1. Холево, А. С. Квантовые системы, каналы, информация/ А. С. Холево. - М.: МЦНМО, 2010. - 327 с.: ил.. - Библиогр.: с. 316-324 (160 назв.). - Предм. указ.: с. 325-327. - ISBN 978-5-94057-574-0: 160.00, 402.00, 160.00, р. Имеются экземпляры в отделах /There are copies in departments: всего /all 13: УБ(11), ч.з.N3(1), НА(1)
2. Кайе, Ф. Введение в квантовые вычисления/ Ф. Кайе, Р. Лафлам, М. Моска; пер. с англ. Т. С. Никитиной, под науч. ред. А. В. Анохина. - М.; Ижевск: Регуляр. и хаот. динамика: Ин-т компьютер. исслед., 2009. - 346 с.: ил.. - Библиогр.: с. 328-339. - Предм. указ.: с. 340-346. - ISBN 978-5-93972-766-2: 150.00, 150.00, 878.00, р. Имеются экземпляры в отделах /There are copies in departments: всего /all 16: ч.з.N3(1), УБ(15)
3. Альбов, А. С. Квантовая криптография: Научно-популярное издание / Альбов А.С. - Санкт-Петербург :Страта, 2015. - 248 с. (Просто) ISBN 978-5-906150-35-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/615191> (дата обращения: 28.03.2023). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025

- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Перспектив» (Договор с ООО Перспектив, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»**
Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Криптографические протоколы»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: **Дёмин С.А., старший преподаватель**

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины «**Криптографические протоколы**».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Криптографические протоколы».

Цель дисциплины: целью освоения дисциплины «Криптографические протоколы» является ознакомление студентов с существующими подходами к анализу и синтезу криптографических протоколов, изучение отечественных и международных стандартов в этой области.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. - Применяет фундаментальные знания научного познания и системного подхода в профессиональной деятельности УК-1.2. - Проводит критический анализ проблемных ситуаций и вырабатывает стратегию действий	Студент должен знать: • типовые протоколы, используемые в сетях связи; • основные типы криптографических протоколов и принципов их построения с использованием различных классов криптосистем; • основные уязвимости и свойства криптографических протоколов, характеризующие их безопасность. Студент должен уметь: • использовать симметричные и асимметричные криптосистемы для построения криптографических протоколов; • проводить анализ криптографических протоколов. Студент должен владеть: • криптографической терминологией данной дисциплины; • подходами к разработке и анализу безопасности криптографических протоколов.
ПК-1 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты	ПК-1.1. - Планирует проведение научных исследований в разных предметных областях ПК-1.2. - Создает математические модели для проведения научных исследований в разных предметных областях ПК-1.3. - Разрабатывает компьютерные модели и анализирует полученные новые научные и прикладные результаты	

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Криптографические протоколы» входит в часть, формируемая участниками образовательных отношений подготовки магистрантов направления: «Прикладная математика и информатика», профиль «Математическое и компьютерное моделирование».

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной

внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
1	Введение в дисциплину.	Понятие криптографического протокола. Роль криптографических протоколов в системах защиты информации. Свойства протоколов, характеризующие их безопасность. Основные виды уязвимостей. Виды атак на криптографические протоколы. Основные виды криптографических протоколов. Примеры. Подходы к классификации криптографических протоколов.
2	Схемы цифровой подписи.	Определение схемы цифровой подписи. Схемы цифровой подписи на основе симметричных и асимметричных шифрсистем. Примеры. Схемы Эль-Гамала, Фиата – Фейга – Шамира и Шнора, их свойства. Семейство схем типа Эль-Гамала. Протоколы цифровой подписи на эллиптических кривых: обобщенная схема Эль-Гамала, схема Нюберга-Рюппеля. Стандарты США и России электронной подписи. Виды электронной подписи. Одноразовые подписи. Схема цифровой подписи вслепую. Схема конфиденциальной цифровой подписи. Подписи с обнаружением подделки.
3	Криптографические протоколы идентификации.	Протоколы идентификации на основе паролей, протоколы «рукопожатия» и типа «запрос-ответ». Идентификация с использованием систем открытого шифрования. Понятие протоколов интерактивного доказательства и доказательства знания. Протоколы с нулевым разглашением. Протоколы Фиата-Шамира, Шаума, Окамото и Шнорра. Связь между протоколами электронной цифровой подписи и идентификации. Протоколы идентификации с самосертифицируемыми ключами.

4	Криптографические протоколы передачи ключей.	Протоколы генерации и передачи ключей. Примеры протоколов передачи ключей на основе симметричных и асимметричных шифрсистем. Двух- и трехсторонние протоколы передачи ключей. Функции доверенной третьей стороны и выполняемые ею роли. Инфраструктура открытых ключей. Управление открытыми ключами. Стандарт X.509. Проверка и отзыв сертификата открытого ключа.
5	Криптографические протоколы открытого распределения ключей.	Протоколы открытого распределения ключей. Протокол Диффи-Хэллмана и его модификации и способы защиты от атаки «противник в середине». Протоколы аутентификации и передачи ключей NS, Kerberos. Понятие аутентифицированного протокола распределения ключей. Примеры.
6	Криптографические протоколы предварительного распределения ключей.	Схемы предварительного распределения ключей. Схемы Блома и на основе пересечений множеств. Групповые протоколы. Протоколы разделения секрета и распределения ключей для телеконференции.
7	Прикладные криптографические протоколы.	Протоколы битовых обязательств и их свойства. Протокол подписания контракта и сертифицированной электронной почты. Протоколы электронного голосования. Особенности построения семейства протоколов IPsec. Обзор стандартов в области криптографических протоколов.

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Темы лекций
Тема 1. Введение в дисциплину.
Тема 2. Схемы цифровой подписи.
Тема 3. Криптографические протоколы идентификации.
Тема 4. Криптографические протоколы передачи ключей.
Тема 5. Криптографические протоколы открытого распределения ключей.
Тема 6. Криптографические протоколы предварительного распределения ключей.
Тема 7. Прикладные криптографические протоколы.

Тематика практических занятий:

№ п/п	Наименование темы	Тематика практического занятия.
1	Введение в дисциплину.	1. Понятие криптографического протокола.
2	Схемы цифровой подписи.	2. Цифровые подписи на основе систем шифрования с открытыми ключами. 3. Цифровые подписи на основе специально разработанных алгоритмов.

		4. Российский стандарт электронной подписи.
3	Криптографические протоколы идентификации.	5. Протоколы идентификации, использующие технику доказательства знаний. 6. Протоколы решения математических задач. 7. Аргумент с нулевым разглашением.
4	Криптографические протоколы передачи ключей.	8. Протоколы распределения сеансовых ключей. 9. Протокол Нидхема - Шрёдера. 10. Базовый протокол Kerberos.
5	Криптографические протоколы открытого распределения ключей.	11. Протокол Диффи – Хеллмана и его усиление. 12. Аутентифицированные протоколы.
6	Криптографические протоколы предварительного распределения ключей.	13. Модулярные схемы разделения секрета. 14. Групповой протокол разделения секрета. 15. Криптографические протоколы скрытой передачи секрета.
7	Прикладные криптографические протоколы.	16. Особенности построения протоколов IPsec.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной

работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№ п/п	Наименование темы	Тематика самостоятельных работ.
1	Введение в дисциплину.	Формальные методы анализа протоколов обеспечения безопасности.
2	Схемы цифровой подписи.	Стандарты цифровой подписи США и России. Стираемые подписи.
3	Криптографические протоколы идентификации.	Протокол аутентификации на основе криптосистемы RSA.
4	Криптографические протоколы передачи ключей.	Протокол Kerberos. Смешанные протоколы.
5	Криптографические протоколы открытого распределения ключей.	Протоколы совместной выработки общего ключа: протокол Асмута-Блюма, схема Якоби.
6	Криптографические протоколы предварительного распределения ключей.	Индивидуально-групповой протокол разделения секрета. Теоретико-числовой протокол скрытой передачи секретов.
7	Прикладные криптографические протоколы.	Структура протоколов IPsec. Управление ключами протоколов IPsec. Атаки на протоколы IPsec.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем

дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Тема 1. Введение в дисциплину.	УК-1, ПК-1	Устный опрос, решение задач.
Тема 2. Схемы цифровой подписи.	УК-1, ПК-1	Устный опрос, решение задач.
Тема 3. Криптографические протоколы идентификации.	УК-1, ПК-1	Устный опрос, решение задач.
Тема 4. Криптографические протоколы передачи ключей.	УК-1, ПК-1	Устный опрос, решение задач.
Тема 5. Криптографические протоколы открытого распределения ключей.	УК-1, ПК-1	Устный опрос, решение задач.
Тема 6. Криптографические протоколы предварительного распределения ключей.	УК-1, ПК-1	Устный опрос, контрольная работа.
Тема 7. Прикладные криптографические протоколы.	УК-1, ПК-1	Устный опрос, решение задач.

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые контрольные задания

Контрольная работа «Криптографические протоколы распределения ключей»

Вариант 1 (примерный типовой вариант)

Задание 1. Рассмотрим протокол Шамира передачи ключа « k » от участника A к участнику B на основе коммутирующего шифрпреобразования $E_t(k)$, (t – разовый ключ одного из

участников). Пусть в рамках данного протокола участники обменялись следующими сообщениями:

$$A \rightarrow B: y_1 = E_{tA}(k),$$

$$B \rightarrow A: y_2 = E_{tB}(y_1),$$

$$A \rightarrow B: y_3 = E^{-1}_{tA}(y_2).$$

(E_t^{-1} – правило расшифрования на ключе t).

Тогда ключ k участник B вычисляет по формуле:

$$\text{а) } k = E^{-1}_{tA}(y_1); \quad \text{б) } k = E^{-1}_{tB}(y_1); \quad \text{в) } k = E^{-1}_{tB}(y_3); \quad \text{г) } k = E^{-1}_{tA}(y_2).$$

Укажите правильный ответ.

Задание 2. В рамках протокола МТИ открытого распределения ключей участники A и B обменялись данными:

$$A \rightarrow B: r_A = 5,$$

$$B \rightarrow A: r_B = 2.$$

Найти общий ключ связи участников при условии, что $\alpha=3$, $Z_p=Z_7$, открытые ключи участников A и B равны соответственно $z_A=3$, $z_B=6$.

Задание 3. В рамках протокола выработки ключа конференцсвязи участники A, B, C выработали индивидуальные секретные ключи x, y, z и обменялись сообщениями (в поле $GF(q)$, α - примитивный элемент поля):

$$A \rightarrow B: X = \alpha^x,$$

$$B \rightarrow C: Y = \alpha^y,$$

$$C \rightarrow A: Z = \alpha^z,$$

$$A \rightarrow B: Z_1 = Z^x,$$

$$B \rightarrow C: X_1 = X^y,$$

$$C \rightarrow A: Y_1 = Y^z.$$

Тогда ключ конференц -связи k_{ABC} вычисляется по формуле:

$$\text{а) } k_{ABC} = Z_1 \cdot X_1 \cdot Y_1; \quad \text{б) } k_{ABC} = xyz; \quad \text{в) } k_{ABC} = x+y+z; \quad \text{г) } k_{ABC} = \alpha^{xyz}.$$

Укажите правильный ответ.

Задание 4. Каково назначение и структура сертификата открытого ключа?

Количество вариантов соответствует количеству студентов в группе.

Устные опросы

Тема 1. Введение в дисциплину.

1. Приведите классификацию криптографических протоколов.
2. Охарактеризуйте понятие «протокол обеспечение безопасности».
3. Дайте определение понятие «интерактивное доказательство».
4. Перечислите наиболее распространённые атаки на криптографические протоколы.
5. Приведите примеры способов защиты от атак на криптографические протоколы.
6. Приведите примеры защищенных протоколов, в которых не требуется обеспечение свойства конфиденциальности.
7. Перечислите основные методы анализа криптографических протоколов.

Тема 2. Схемы цифровой подписи.

1. Какие задачи позволяет решать цифровая подпись?
2. В чем принципиальная сложность практического применения систем цифровой

подписи?

3. Почему в криптографических системах, основанных на открытых ключах, нельзя использовать одинаковые ключи для шифрования сообщения и цифровой подписи?
4. Что такое удостоверяющий центр?
5. Перечислите основные подходы к построению схем цифровой подписи.
6. Приведите примеры цифровых подписей семейства Эль-Гамала.
7. Что означает термин «схема конфиденциальной цифровой подписи»?
8. Что означает термин «нотаризация цифровых подписей»?

Тема 3. Криптографические протоколы идентификации.

1. Приведите классификацию алгоритмов идентификации?
2. В чем заключаются недостатки парольной аутентификации?
3. Перечислите возможные уязвимости схемы одноразовых паролей.
4. Чем определяется повышенная надежность идентификации при использовании пластиковых карт?
5. В каких целях в протоколах используют временную метку?
6. В каких целях в протоколах используют «случайные числа»?
7. Какие идеи лежат в основе построения протоколов с нулевым разглашением?
8. Какие атаки существуют для протоколов идентификации?
9. Приведите примеры с описанием знакомых Вам криптографических протоколов идентификации?
10. Что означает термин «схема привязки к биту»?
11. Что означают свойства связывания и сокрытия для протоколов привязки к биту?

Тема 4. Криптографические протоколы передачи ключей.

1. Перечислите достоинства и недостатки централизованного распределения ключей.
2. Приведите примеры криптографических протоколов передачи ключей с использованием симметричных систем шифрования.
3. Приведите примеры криптографических протоколов передачи ключей с использованием асимметричных систем шифрования.
4. Какие системы шифрования нельзя использовать в криптографическом протоколе Шамира?
5. Перечислите недостатки протокола NS?
6. С какой целью вводится второй сервер в протоколе Kerberos?
7. Как используют цифровую подпись для защиты протоколов передачи ключей?
8. Каково назначение сертификата открытого ключа?
9. Какова структура сертификата открытого ключа?
10. Перечислите основные атаки на протоколы передачи ключей?

Тема 5. Криптографические протоколы открытого распределения ключей.

1. Для чего нужно открытое распределение ключей?
2. Перечислите виды протоколов открытого распределения ключей и их свойства.
3. Каков основной недостаток протокола распределения ключей Диффи-Хеллмана и каковы пути его устранения?
4. Покажите устойчивость к атаке «противник в середине» для всех вариантов протокола МТИ.
5. Перечислите протоколы, не обеспечивающие свойства аутентичности ключа.
6. Приведите примеры протоколов обеспечивающих свойство взаимного подтверждения правильности получения ключа.

7. Покажите, что протокол STS можно аутентифицировать, если провести аутентификацию сообщений и аутентификацию идентификаторов сторон.

Тема 6. Криптографические протоколы предварительного распределения ключей.

1. Какими свойствами должны обладать криптографические протоколы предварительного распределения ключей?
2. Докажите оптимальность схемы Блома.
3. Что такое схема разделения секрета?
4. Каково назначение схемы разделения секрета?
5. Предложите схему разделения секрета для двух групп из трех участников каждая, если составы групп не пересекаются.
6. Предложите схему разделения секрета для двух групп из трех участников каждая, если имеется один участник, входящий в обе группы.
7. В чем общность схемы разделения секрета и способа распределения ключей для конференцсвязи?
8. В чем отличия схемы разделения секрета и способа распределения ключей для конференцсвязи?

Тема 7. Прикладные криптографические протоколы.

1. Какими свойствами должны обладать криптографический протокол подписания контракта?
2. Какие протоколы относят к протоколам сертифицированной электронной почты?
3. Какими свойствами должны обладать криптографический протокол подписания контракта?
4. Предложите способ, позволяющий модифицировать протокол сертифицированной электронной почты так, чтобы для него выполнялось свойство конфиденциальности.
5. Перечислите требуемые свойства для протокола электронного голосования.
6. Сколько нечестных комиссий может участвовать в протоколе электронного голосования, не нарушая его основных свойств?

1.3 Вопросы для промежуточного контроля

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Определение протокола. Основные характеристики протоколов. Типы протоколов. Криптографический протокол. Классификация криптографических протоколов.
2. Электронная цифровая подпись: определение, свойства, на сложности решения каких задач основана надежность схемы ЭЦП, структура сертификатов открытых ключей
3. Подходы к построению ЭЦП: на основе шифрсистем с открытым ключом.
4. Цифровая подпись Фиата-Шамира.
5. Схема ЭЦП Эль-Гамала.
6. Алгоритм DSA.
7. Цифровая подпись Шнорра.
8. Схема цифровой подписи вслепую.
9. Протоколы идентификации: определение, цели, классификация; слабая аутентификация; защита от компрометации базы данных; одноразовые пароли.
10. Протоколы идентификации: сильная аутентификация, случайные последовательности и метки времени, примеры протоколов с использованием симметричных алгоритмов шифрования.

11. Протоколы идентификации: сильная аутентификация, случайные последовательности и метки времени, примеры протоколов с использованием асимметричных алгоритмов шифрования.
12. Протокол привязки к биту. Схема Голдвассера-Микали.
13. Игровые протоколы. Протокол подписания контракта.
14. Протоколы передачи ключей с использованием симметричного шифрования, примеры.
15. Протоколы передачи ключей с использованием односторонней функции, примеры.
16. Протоколы передачи ключей: протокол Шамира.
17. Трехсторонние протоколы передачи ключей, примеры.
18. Протоколы передачи ключей с использованием асимметричного шифрования без использования цифровой подписи, примеры.
19. Протоколы передачи ключей с использованием асимметричного шифрования с использованием цифровой подписи, примеры, сертификаты.
20. Международный стандарт X.509 (варианты протокола).
21. Открытое распределение ключей. Протокол Диффи - Хеллмана и его усиление.
22. Открытое распределение ключей. Протокол МТИ.
23. Предварительное распределение ключей: проблема предварительного распределения ключей в сети связи, свойство схем предварительного распределения ключей.
24. Схемы разделения секрета.
25. Управление ключами. Жизненный цикл ключей.

Типовые практические задания для промежуточного контроля (зачета)

1. Рассмотрим протокол Шамира передачи ключа $\langle k \rangle$ от участника A к участнику B на основе коммутирующего шифрпреобразования $E_t(k)$, (t – разовый ключ одного из участников). Пусть в рамках данного протокола участники обменялись следующими сообщениями:

$$A \rightarrow B: y_1 = E_{tA}(k),$$

$$B \rightarrow A: y_2 = E_{tB}(y_1),$$

$$A \rightarrow B: y_3 = E^{-1}_{tA}(y_2).$$

(E_t^{-1} – правило расшифрования на ключе t).

Запишите формулу вычисления ключа k участником B .

2. В рамках протокола МТИ открытого распределения ключей участники A и B обменялись данными:

$$A \rightarrow B: r_A = 5,$$

$$B \rightarrow A: r_B = 2.$$

Найти общий ключ связи участников при условии, что $\alpha = 3$, $Z_p = Z_7$, открытые ключи участников A и B равны соответственно $z_A = 3$, $z_B = 6$.

3. В рамках протокола выработки ключа конференцсвязи участники A, B, C выработали индивидуальные секретные ключи x, y, z и обменялись сообщениями (в поле $GF(q)$, α – примитивный элемент поля):

$$A \rightarrow B: X = \alpha^x,$$

$$B \rightarrow C: Y = \alpha^y,$$

$$C \rightarrow A: Z = \alpha^z,$$

$$A \rightarrow B: Z_1 = Z^x,$$

$$B \rightarrow C: X_1 = X^y,$$

$$C \rightarrow A: Y_1 = Y^z.$$

Запишите формулу вычисления ключа конференцсвязи k_{ABC} .

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степенью самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

- Ищукова, Е. А. Криптографические протоколы и стандарты: Учебное пособие / Ищукова Е.А., Лобова Е.А. - Таганрог: Южный федеральный университет, 2016. -

80 с.: ISBN 978-5-9275-2066-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/991903> (дата обращения: 17.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Аверченков, В. И. Криптографические методы защиты информации : учебное пособие / В. И. Аверченков, М. Ю. Рытов, С. А. Шпичак. — 2-е изд., стер. - Москва : ФЛИНТА, 2017. - 215 с. - ISBN 978-5-9765-2947-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1090754> (дата обращения: 17.01.2025). – Режим доступа: по подписке.
2. Голиков, А. М. Кодирование и шифрование информации в системах связи Часть 2. Шифрование : курс лекций, компьютерный практикум, задание на самостоятельную работу : учебное пособие для специалитета: 210601.65 Радиоэлектронные системы и комплексы / А. М. Голиков. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. - 490 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1845870> (дата обращения: 17.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Проспект» (Договор с ООО Проспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>).

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими

средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»**
Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математические модели в научных исследованиях»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: Гриценко В.А., д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий»

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины «**Математические модели в научных исследованиях**».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Математические модели в научных исследованиях».

Целями освоения дисциплины (модуля) «Математическое моделирование в научных исследованиях» являются углубленное изучение принципов построения математических моделей различных классов при проведении научных исследований на основе как экспертных оценок, так и статистической информации, с использованием современных аналитических и вычислительных методов.

Задачи освоения дисциплины (модуля): «Математическое моделирование в научных исследованиях»

- изучение основных типов моделей и математических методов исследования систем различных классов;
- изучение и освоение методических принципов построения моделей различных систем, в том числе, в условиях неопределенности, методов формализации моделей;
- разработка моделей реальных систем различных классов с использованием современных методов исследования;
- обработка и анализ результатов моделирования реальных систем для выявления свойств и закономерностей, присущих процессам, протекающим в системах;
- изучение основных принципов и методов верификации моделей на основе экспертных оценок и статистической информации.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. - Применяет фундаментальные знания научного познания и системного подхода в профессиональной деятельности УК-1.2. - Проводит критический анализ проблемных ситуаций и вырабатывает стратегию действий	Знания: основные типы моделей, задачи и методы моделирования систем различных классов, принципы построения моделей, методы формализации, алгоритмизации и реализации моделей на ЭВМ; Умения: уметь разрабатывать модели реальных систем, формулировать и решать задачи анализа и синтеза систем различных классов, используя современные методы исследования;
ОПК-1 Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1. - Приобретает и адаптирует математическое, естественнонаучные, социально-экономические, инженерные знания и знания в области когнитивных наук для решения основных, нестандартных задач создания и применения искусственного интеллекта ОПК-1.2. - Решает основные, нестандартные задачи создания и применения искусственного интеллекта, в том числе в новой или	уметь анализировать результаты и выявлять свойства и закономерности, присущие процессам, протекающим в системах; уметь ставить и решать задачи оптимизации систем с учетом требований, предъявляемых к качеству их функционирования; Навыки: владеть современными аналитическими, численными и

	незнакомой среде и с междисциплинарном контексте, с применением математических, естественно-научных, социально-экономических, инженерных знаний и знаний в области когнитивных наук ОПК-1.3. - Проводит теоретическое и экспериментальное исследование объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	имитационными методами исследования сложных систем, а также методами оптимизации, направленными на решение задач обработки и анализа результатов эксперимента.
--	---	---

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплин «Математические модели в научных исследованиях» входит в часть, формируемая участниками образовательных отношений подготовки магистрантов направления: «Прикладная математика и информатика», профиль «Математическое и компьютерное моделирование».

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к

ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
1	Классификация моделей.	Формальная классификация моделей. Линейные или нелинейные модели. Сосредоточенные или распределённые системы. Детерминированные или стохастические. Статические или динамические. Дискретные или непрерывные. Классификация по способу представления объекта. Содержательные и формальные модели. Содержательная классификация моделей
2	Классификация математических моделей.	Понятие математической модели. В зависимости от оператора модели: простые, сложные, алгоритмические, линейные, нелинейные. Классификация математических моделей в зависимости от входных и выходных. Модели с неопределёнными параметрами. Модели по отношению к размерности, ко времени, в зависимости от вида используемых параметров. Модели по целям моделирования. Управленческие модели. Модели в зависимости от метода реализации, по объектам исследования. По принадлежности модели к иерархическому уровню описания объекта. По характеру отображаемых свойств модели. По порядку расчета. В зависимости от использования управления процессом.
3	Методические принципы построения моделей	Принцип информационной достаточности. Принцип осуществимости. Принцип множественности моделей. Принцип агрегирования. Принцип параметризации.
4	Математические модели в научных исследованиях	Моделирование как метод познания реальной действительности. Прямые и обратные задачи научной теории. Методы решения прямых задач моделирования. Методы решения обратных задач моделирования. Преимущества теории и эксперимента в математическом моделировании. Общая классификация методов математического моделирования. Этапы математического моделирования (построение математической модели; разработка алгоритма для реализации на компьютере; создание программы на языке программирования). Основные этапы численного решения задачи на компьютере (физическая постановка задачи; математическое моделирование; выбор численного метода; разработка алгоритма решения задачи; составление и отладка программы; расчет и анализ результатов). Методы планирования эксперимента и методы обработки экспериментальных данных. Инструментальные средства и технологии создания математических моделей. Применение электронных таблиц для построения компьютерных математических моделей. Применение систем компьютерной алгебры для построения математических моделей. Вычисление и математический анализ, форматирование объектов, графическая визуализация, символьные вычисления, функции пользователя и рекурсивные функции, модульное программирование, работа с массивами, векторами и

		матрицами, векторные и матричные функции, сохранение и использование данных. Методы статистической обработки экспериментальных данных. Примеры решения систем алгебраических, интегральных и дифференциальных уравнений в рассматриваемом прикладном программном обеспечении.
5	Моделирование в условиях неопределенности	Закономерности, описывающие процессы и явления объективного мира. Наиболее значимые причины появления неопределенности. Типы неопределенности. Причины возникновения неоднозначности. Математически неопределенность может быть описана: стохастически, статистически, с позиции теории нечетких множеств и интервально. Моделирование в условиях неопределенности, описываемой с позиции теории нечетких множеств. Моделирование в условиях стохастической неопределенности

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
1	Классификация моделей.	Лекция 1. Формальная классификация моделей.
2	Классификация математических моделей.	Лекция 2. Понятие математической модели. Лекция 3. Управленческие модели.
3	Методические принципы построения моделей	Лекция 4. Принцип информационной достаточности. Лекция 5. Принцип осуществимости. Лекция 6. Принцип множественности моделей. Лекция 7. Принципы агрегирования и параметризации.
4	Математические модели в научных исследованиях	Лекция 8. Моделирование как метод познания реальной действительности. Лекция 9. Методы решения прямых и обратных задач моделирования. Лекция 10. Этапы математического моделирования (построение математической модели; разработка алгоритма для реализации на компьютере; создание программы на языке программирования). Лекция 11. Основные этапы численного решения задачи на компьютере (физическая постановка задачи; математическое моделирование; выбор численного метода; разработка алгоритма решения задачи; составление и отладка программы; расчет и анализ результатов). Лекция 12. Методы планирования эксперимента и методы обработки экспериментальных данных. Лекция 13. Инструментальные средства и технологии создания математических моделей. Лекция 14. Методы статистической обработки экспериментальных данных.

5	Моделирование в условиях неопределенности	Лекция 15. Закономерности, описывающие процессы и явления объективного мира. Лекция 16. Наиболее значимые причины появления неопределенности. Лекция 17. Моделирование в условиях неопределенности
---	---	--

Тематика практических занятий:

Практических занятий планом не предусмотрено.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№ п/п	Наименование темы	Тематика самостоятельных работ.
1	Классификация моделей.	Когнитивные, концептуальные и формальные модели.
2	Классификация математических моделей.	Классификация математических моделей в зависимости от целей моделирования. Классификация математических моделей в зависимости от методов реализации.
3	Методические принципы	Выбор и обоснование выбора метода решения задачи. Реализация математической модели в виде программы для ЭВМ. Проверка адекватности модели.

	построения моделей	
4	Математические модели в научных исследованиях	Эколого-экономические и медико-эколого-экономические модели.
5	Моделирование в условиях неопределенности	Моделирование в условиях стохастической неопределенности.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине

Классификация моделей.	УК-1 ОПК-1	Устный опрос
Классификация математических моделей.	УК-1 ОПК-1	Устный опрос
Методические принципы построения моделей	УК-1 ОПК-1	Устный опрос
Математические модели в научных исследованиях	УК-1 ОПК-1	Устный опрос
Моделирование в условиях неопределенности	УК-1 ОПК-1	Устный опрос.

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля

Классификация моделей

1. Вопросы для обсуждения

1. Формальная классификация моделей.
2. Линейные или нелинейные модели.
3. Сосредоточенные или распределённые системы.
4. Детерминированные или стохастические системы.
5. Статические или динамические модели.
6. Дискретные или непрерывные модели.
7. Классификация по способу представления объекта.
8. Содержательные и формальные модели.
9. Содержательная классификация моделей

Классификация математических моделей

1. Вопросы для обсуждения

1. Понятие математической модели.
2. Классификация математических моделей в зависимости от оператора.
3. Классификация математических моделей в зависимости от входных и выходных.
4. Модели с неопределёнными параметрами.
5. Модели по отношению к размерности,
6. Классификация математических моделей ко времени,
7. Классификация математических моделей в зависимости от вида используемых параметров.
8. Классификация математических моделей по целям моделирования.
9. Управленческие модели.
10. Классификация математических моделей в зависимости от метода реализации.
11. Классификация математических моделей по объектам исследования.
12. Классификация математических моделей по принадлежности модели к иерархическому уровню описания объекта.
13. Классификация математических моделей по характеру отображаемых свойств модели.
14. Классификация математических моделей по порядку расчёта.
15. Классификация математических моделей в зависимости от использования управления процессом.

Методические принципы построения моделей

1. Вопросы для обсуждения

1. Принцип информационной достаточности.
2. Принцип осуществимости.
3. Принцип множественности моделей.
4. Принцип агрегирования.

5. Принцип параметризации.

Математические модели в научных исследованиях

1. Вопросы для обсуждения

1. Преимущества теории и эксперимента в математическом моделировании.
2. Общая классификация методов математического моделирования.
3. Этапы математического моделирования.
4. Основные этапы численного решения задачи на компьютере
5. Методы планирования эксперимента и методы обработки экспериментальных данных.
6. Инструментальные средства и технологии создания математических моделей
7. Применение электронных таблиц для построения компьютерных математических моделей.
8. Применение систем компьютерной алгебры для построения математических моделей.
9. Вычисление и математический анализ, форматирование объектов, графическая визуализация, символьные вычисления, функции пользователя и рекурсивные функции, модульное программирование, работа с массивами, векторами и матрицами, векторные и матричные функции, сохранение и использование данных.
10. Методы статистической обработки экспериментальных данных.
11. Примеры решения систем алгебраических, интегральных и дифференциальных уравнений в рассматриваемом прикладном программном обеспечении.

Моделирование в условиях неопределенности

1. Вопросы для обсуждения

1. Закономерности, описывающие процессы и явления объективного мира.
2. Наиболее значимые причины появления неопределенности.
3. Типы неопределенности.
4. Причины возникновения неоднозначности.
5. Моделирование в условиях неопределенности, описываемой с позиции теории нечетких множеств.
6. Моделирование в условиях стохастической неопределенности

Примерные тестовые задания для итогового тестирования:

1. В рамках статистических исследований в «выборке» количество объектов всегда
 - меньше чем в «генеральной совокупности»
 - равно количеству объектов в генеральной совокупности
 - больше количества объектов в генеральной совокупности
 - должна составлять не менее 50% от числа объектов генеральной совокупности
2. При аппроксимации зависимостей процессов регрессионное уравнение может быть
 - линейным
 - квадратичной параболой
 - кубической параболой
 - только ступенчатой функцией
 - дискретной кохлеоидой
3. Для программирования алгоритмов, используемых в целях моделирования, могут быть использованы такие языки программирования
 - «Си»
 - ФОРТРАН
 - Бэйсик
 - Q++
 - F#

- PL/9
- 4. Для поддержки принятия решений могут использоваться методы
 - линейного программирования
 - дробно-линейного программирования
 - параметрического программирования
 - дискретно-выпуклого программирования
 - дискретно-вогнутого программирования
 - дискретно-конвергентного программирования
- 5. Для оптимизации решений могут применяться такие методы
 - динамического программирования
 - нелинейного программирования
 - инверсного программирования
 - виртуально-математического программирования
 - детерминировано-линейного программирования
 - конвергентного программирования
- 6. К методам «нелинейного программирования» относятся задачи с
 - нелинейной критериальной функцией
 - нелинейными ограничениями для переменных
 - конвергентной критериальной функцией
 - конвергентными ограничениями для переменных
 - дискретно-динамическими ограничениями для переменных
- 7. Для практического использования методов «математического программирования» можно использовать средство «поиск решения» из такого программного обеспечения
 - Microsoft Excel
 - OpenOffice Calc
 - Microsoft Word
 - Microsoft PowerPoint
 - CorelPerfectSpreadSheet
 - GoogleAnalytics
 - AdobeMathSolver
- 8. Термин «прогнозирование» применительно к социально-экономическим процессам может означать
 - оценку значений одного показателя в будущие моменты времени
 - оценку совокупности показателей в будущие моменты времени
 - определение тенденций развития таких процессов
 - только экспертное получение оценок
 - исключительно использование нейронных сетей для выполнения прогнозов (с учетом специфики объекта прогнозирования)
 - ни один другой ответ не является правильным
- 9. Искусственные нейронные сети могут использоваться для решения следующих задач, связанных с управлением социально-экономическими системами
 - анализа данных, представленных одномерными временными рядами
 - анализа данных, представленных многомерными временными рядами
 - построения конвергентных уравнений
 - главным образом выполнения дисперсионного анализа данных
 - преимущественно выполнения корреляционного анализа данных

1.3 Вопросы для промежуточного контроля

Вопросы для промежуточного контроля (дифференцируемого зачета)

1. Формальная классификация моделей.
2. Линейные или нелинейные модели.
3. Сосредоточенные или распределённые системы.
4. Детерминированные или стохастические системы.
5. Статические или динамические модели.
6. Дискретные или непрерывные модели.
7. Классификация по способу представления объекта.
8. Содержательные и формальные модели.
9. Содержательная классификация моделей
10. Понятие математической модели.
11. Классификация математических моделей в зависимости от оператора.
12. Классификация математических моделей в зависимости от входных и выходных.
13. Модели с неопределёнными параметрами.
14. Модели по отношению к размерности,
15. Классификация математических моделей ко времени,
16. Классификация математических моделей в зависимости от вида используемых параметров.
17. Классификация математических моделей по целям моделирования.
18. Управленческие модели.
19. Классификация математических моделей в зависимости от метода реализации.
20. Классификация математических моделей по объектам исследования.
21. Классификация математических моделей по принадлежности модели к иерархическому уровню описания объекта.
22. Классификация математических моделей по характеру отображаемых свойств модели.
23. Классификация математических моделей по порядку расчёта.
24. Классификация математических моделей в зависимости от использования управления процессом.
25. Принцип информационной достаточности.
26. Принцип осуществимости.
27. Принцип множественности моделей.
28. Принцип агрегирования.
29. Принцип параметризации.
30. Преимущества теории и эксперимента в математическом моделировании.
31. Общая классификация методов математического моделирования.
32. Этапы математического моделирования.
33. Основные этапы численного решения задачи на компьютере
34. Методы планирования эксперимента и методы обработки экспериментальных данных.
35. Инструментальные средства и технологии создания математических моделей
36. Применение электронных таблиц для построения компьютерных математических моделей.
37. Применение систем компьютерной алгебры для построения математических моделей.
38. Вычисление и математический анализ, форматирование объектов, графическая визуализация, символьные вычисления, функции пользователя и рекурсивные функции, модульное программирование, работа с массивами, векторами и матрицами, векторные и матричные функции, сохранение и использование данных.
39. Методы статистической обработки экспериментальных данных.
40. Примеры решения систем алгебраических, интегральных и дифференциальных уравнений в рассматриваемом прикладном программном обеспечении.
41. Закономерности, описывающие процессы и явления объективного мира.
42. Наиболее значимые причины появления неопределённости.
43. Типы неопределённости.
44. Причины возникновения неоднозначности.

45. Моделирование в условиях неопределенности, описываемой с позиции теории нечетких множеств.

46. Моделирование в условиях стохастической неопределенности

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степенью самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Математическое моделирование и проектирование : учебное пособие / А.С. Коломейченко, И.Н. Кравченко, А.Н. Ставцев, А.А. Полухин ; под ред. А.С. Коломейченко. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 181 с. — (Высшее образование: Магистратура). — DOI 10.12737/textbook_59688803c3cb35.15568286. - ISBN 978-5-16-012890-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2111400> (дата обращения: 30.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Дмитренко, А. В. Математическое моделирование : учебно-методическое пособие к практическим и лабораторным работам по дисциплине «Математическое моделирование» / А. В. Дмитренко. - Москва : РУТ (МИИТ), 2018. - 32 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1896880> (дата обращения: 30.01.2025). – Режим доступа: по подписке.
2. Пискажова, Т. В. Математическое моделирование объектов и систем управления : учебное пособие / Т. В. Пискажова, Т. В. Донцова, Г. Б. Даныкина. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 230 с. - ISBN 978-5-7638-4184-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1819599> (дата обращения: 30.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Проспект» (Договор с ООО Проспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>).

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими

средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Современные проблемы прикладной математики и информатики»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий» Зинин Л.В.

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины **«Современные проблемы прикладной математики и информатики»**.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Современные проблемы прикладной математики и информатики».

Цель дисциплины: дать обзор некоторых актуальных научных проблем прикладной математики и информатики, а также существующих в настоящее время методов, подходов и средств решения данных проблем.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. - Применяет фундаментальные знания научного познания и системного подхода в профессиональной деятельности УК-1.2. - Проводит критический анализ проблемных ситуаций и вырабатывает стратегию действий	Магистр в рамках данного учебного курса должен знать: - основы численного решения задач прикладной математики; - основы математического моделирования естественнонаучных процессов; - основы программирования и современные компьютерные технологии. Магистр в рамках данного учебного курса должен уметь: - строить алгоритмы для решения широкого класса задач, используя наиболее подходящие в данном контексте базовые численные методы и алгоритмические конструкции;
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. Решает задачи собственного личностного и профессионального развития; определяет и реализовывает приоритеты совершенствования собственной деятельности; применяет методики самооценки и самоконтроля УК-6.2. Определяет приоритеты личностного роста и способы совершенствования собственной деятельности	Магистр в рамках данного учебного курса должен владеть навыками: - методологией и навыками решения научных и практических задач.

ОПК-2 Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1. - Использует основные инструменты прикладной статистики для решения задач профессиональной деятельности ОПК-2.2. - Выбирает оптимальные инструменты статистического анализа данных для решения прикладных задач интеллектуального анализа данных ОПК-2.3. - Применяет современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные компьютерные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения задач в области создания и применения искусственного интеллекта ОПК-2.4. - Обосновывает выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных компьютерных технологий ОПК-2.5. - Разрабатывает оригинальные программные средства, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных компьютерных технологий, для решения задач в области создания и применения искусственного интеллекта	
--	---	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Современные проблемы прикладной математики и информатики» представляет собой дисциплину обязательной части ОПОП.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных

планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе, может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Концепции информационного общества и цифровой экономики	Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации. Национальная технологическая инициатива. Диджитализация, информационная инфраструктура цифровой экономики. Система факторов, влияющих на развитие информационного общества, параметры и показатели. Перспективы и проблемы ИТ пространства. Экономика знаний и высоких технологий. Защита интеллектуальной собственности. Цифровая экономика. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации».
2	Основные этапы, тенденции и риски развития компьютерных технологий	Новые направления развития информационных технологий. Формирование новых научных направлений в рамках процессов развития информационных технологий. Методология внедрения новых информационных технологий. Определения основных понятий, объекта исследования и предметной области новых информационных технологий. Стратегический подход к разработке нового поколения информационных систем. Вопросы значимости информационных систем. Оценка рисков потери конкурентных преимуществ при разработке информационных систем. Основные методы разработки современных информационных систем, перспективные направления развития методов

		разработки. Развитие информационно-поисковых систем. Основные стандарты организации интеллектуальных сетей. Перспективы использования методов эволюционного моделирования для разработки информационно-поисковых систем. Перспективы перехода от сетевой концепции WWW к технологии GGG
3	Проблемы и тенденции развития программного обеспечения и вычислительной техники.	История развития языков программирования. Основные тенденции развития средств создания программного обеспечения в ретроспективе и перспективе. Теоретические основы создания наиболее известных и уникальных языков программирования. Популярные и перспективные современные языки программирования. Семейство языков системного программирования (C, C++, C#). Основные преимущества популярных языков back-end разработки современных веб-приложений семейства Java. Перспективные разноплановые языки программирования (Erlang, R, Swift, Golang). Сверхуровневые, командные и скриптовые языки программирования. Сверхвысокоуровневый язык программирования (VHLL). AWK интерпретируемый скриптовый C- подобный язык построчного разбора и обработки входного потока. Tcl/Tk (Tool Command Language). Командный интерпретатор Shell. Тенденции развития вычислительной техники. Оптические компьютеры – революционная технология развития вычислительной техники. Квантовые компьютеры и принципы их практической реализации. Квантовые алгоритмы. Нейрокомпьютеры– основная идея и перспективы развития.
4	Проблемы компьютерного моделирования сложных систем	Основные понятия и определения в моделировании систем. Понятия модели и компьютерной модели. Компьютерное моделирование как метод анализа или синтеза сложных систем. Методология компьютерного моделирования. Проблемы развития методов компьютерного моделирования. Компьютерное моделирование как метод исследования. Основные подходы имитационного моделирования. Имитационные модели системной динамики. Дискретно-событийное моделирование. Агентное моделирование. Аппарат имитационного моделирования сетями Петри.
5	Перспективы развития средств интеллектуального анализа данных и управления знаниями, интегрированными из разных предметных областей	Интеллектуальный анализ данных. Процесс аналитического исследования больших объемов информации. Технологии и методы анализа и интерпретации данных. Глубинный анализ данных (Data Mining). Технологии разведочного анализа данных. Анализ распределённых переменных. Разведочный анализ корреляционных матриц. Анализ таблиц частот. Методы многомерного

		разведочного анализа. Технологии Bigdata. Технологии управления знаниями. Основные понятия и определения теории Knowledge Management. Сценарий управления знаниями. Функции систем управления знаниями. Архитектуры систем управления знаниями. Автоматизация управления знаниями. Информационные технологии как субъект эволюции. Признаки эволюции. Различие биологической и информационной эволюций. Подобие биологических и информационных «организмов». Фазы эволюционного процесса. Синергетика и устойчивость систем. Самоорганизация как аспект развития.
6	Развитие технологий проектирования информационных, автоматизированных и автоматических систем	Особенности системного мышления. Теоретические основы системного мышления. Интегрированные перцептуальные паттерны как значимые организационные целостности. Понятие динамической паутины. Общая теория систем. Процессуальное мышление. Переход к эпистемиологической науке. Тектология. Типы систем по Богданову.
7	Направления развития систем поддержки жизненного цикла наукоемкой продукции.	Основы Cals- технологий. Информационная поддержка изделий. Системы управления данными. Интегрированная логистическая поддержка. Стандарт Step. Языки описания объектов проектирования. Основы Case- технологий. Case- модель жизненного цикла программного обеспечения. Стандарт ARIS. Диаграммы потоков данных. SADT- технология. SAP PLM– решение. Основная терминология и общие принципы SAP ERP. Компоненты платформы SAP NetWeaver. Основные данные в SAP- системе. Функциональные возможности инфо-записи документа в SAP ERP. Инструментальные средства инжиниринга. Служба изменений

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Темы лекций
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

1. Концепции информационного общества и цифровой экономики
2. Основные этапы, тенденции и риски развития компьютерных технологий
3. Проблемы и тенденции развития программного обеспечения и вычислительной техники.
4. Проблемы компьютерного моделирования сложных систем
5. Перспективы развития средств интеллектуального анализа данных и управления знаниями, интегрированными из разных предметных областей
6. Развитие технологий проектирования информационных, автоматизированных и автоматических систем
7. Направления развития систем поддержки жизненного цикла наукоёмкой продукции.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Концепции информационного общества и цифровой экономики	УК-1; УК-6; ОПК-2	Опрос, тестирование
Основные этапы, тенденции и риски развития компьютерных технологий	УК-1; УК-6; ОПК-2	Опрос, тестирование
Проблемы и тенденции развития программного обеспечения и вычислительной техники.	УК-1; УК-6; ОПК-2	Опрос, тестирование
Проблемы компьютерного моделирования сложных систем	УК-1; УК-6; ОПК-2	Опрос, тестирование
Перспективы развития средств интеллектуального анализа данных и управления знаниями, интегрированными из разных предметных областей	УК-1; УК-6; ОПК-2	Опрос, тестирование
Развитие технологий проектирования информационных, автоматизированных и автоматических систем	УК-1; УК-6; ОПК-2	Опрос, тестирование
Направления развития систем поддержки жизненного цикла наукоёмкой продукции.	УК-1; УК-6; ОПК-2	Опрос, тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля

Примерные вопросы тестов:

Вопрос 1. Укажите свойства интеллектуального агента:

Варианты ответов

- автономность
- массовость
- социальное поведение
- намерения
- результативность
- реактивность
- активность
- цели
- убеждения
- обязательства
- требовательность

- желания
- базовые знания
- коммуникативность
- оперативность

Вопрос 2. Интеллектуальный агент - это

Варианты ответов

- аппаратная или программная сущность, способная действовать автономно в интересах достижения цели, поставленной перед ней владельцем или пользователем
- аппаратная и программная сущность, в большей степени связана с трактовкой интеллектуального поведения в контексте выживания, адаптации и самоорганизации в динамичной, враждебной среде
- обширное междисциплинарное научно-техническое понятие, проводит работы по созданию и исследованию искусственных организмов и систем, реализующих принципы и механизмы организации живого интерактивного поиска
- программа, способная взаимодействовать, формировать и перестраивать функциональные паттерны (образы ситуации) и совместно решать различные задачи путем параллельных действий

Вопрос 3. Булева модель поиска позволяет

Варианты ответов

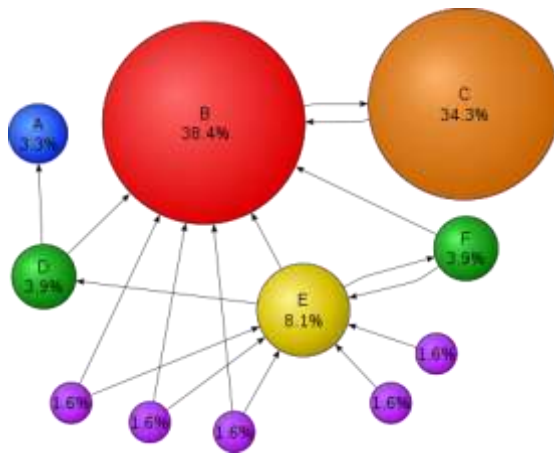
- составлять логические выражения из набора терминов
- рассматривать автономные компоненты, действуя от лица пользователя
- создавать объекты, которые можно передавать по сети, либо методы, доступные для вызова удаленными приложениями
- оценить в любой конкретный момент времени рациональность действий интеллектуального агента
- разработать алгоритм действий поисковика, реализующий функцию агента, отображающую восприятия на действия

Вопрос 4. Является одним из самых распространенных алгоритмов. Он основан на векторной модели информационного массива. В этой модели используется значение косинуса угла между их векторами в многомерном пространстве информационного массива для определения меры близости документов и запросов. О чем речь?

Варианты ответов

- векторный алгоритм поиска
- расширенный векторный алгоритм поиска
- алгоритм словаря синонимов (тезаурус)
- алгоритм подбора соответствия классов эквивалентности
- алгоритмический принцип распределения информационных объектов (терминов или документов)

Вопрос 5. Что иллюстрирует данный рисунок? Процент показывает воспринимаемую важность, гиперссылки представлены стрелками.



Варианты ответов

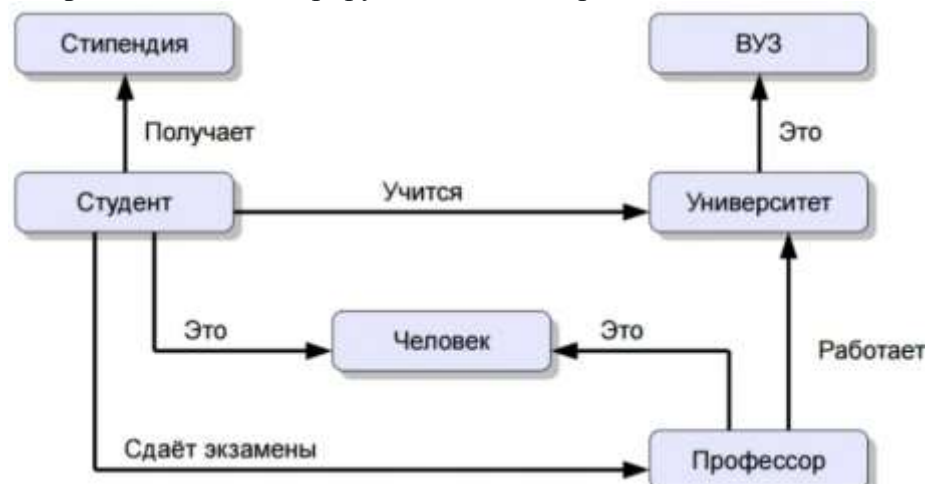
- Иллюстрация алгоритма векторной модели поиска
- Иллюстрация доступности и распространения в сети мобильных агентов
- Иллюстрация алгоритма Pagerank
- Иллюстрация социального поведения софтбога, предназначенного для просмотра источника новостей
- Иллюстрация работы и степени восприятия простого рефлексивного агента

Вопрос 6. Что такое семантическая сеть?

Варианты ответов

- это закрытая структура, которая служит для передачи данных с целью удовлетворения производственных потребностей конкретной организации и работает под единым управлением.
- это компьютерная сеть, которая использует беспроводные соединения для передачи данных между узлами сети.
- это информационная модель предметной области, имеющая вид ориентированного графа
- это сети, которые содержат два типа узлов: общего назначения и супер-узлы (Super Peer)
- это способ организации сети связи ориентированный на введение в сеть услуг и управление ими

Вопрос 7. Что иллюстрирует данное изображение?



Варианты ответов

- схема связей реляционной базы данных
- схема семантической сети
- схема связей базы знаний

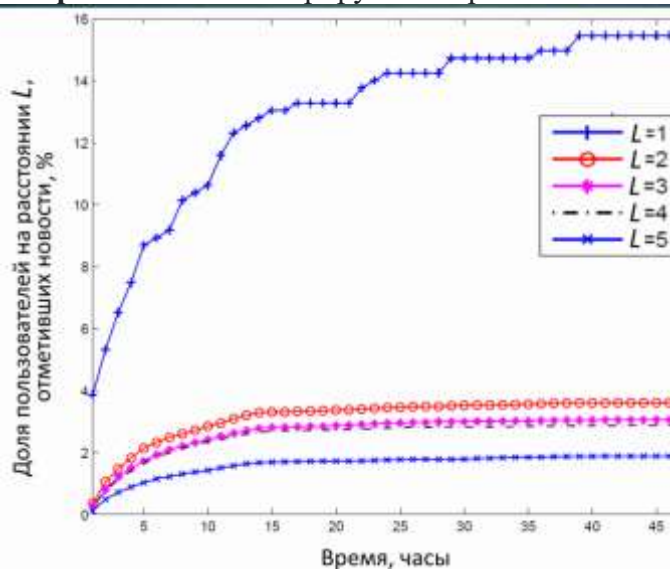
- схема коммутационных зависимостей
- схема алгоритма Web Mining

Вопрос 8. Какую информацию в самообучающихся системах содержит база знаний?

Варианты ответов

- содержит информацию неудачных результатов решения предыдущих задач системы
- содержит информацию удачных результатов решения предыдущих задач системы
- не содержит никакой информации
- содержит информацию, являющуюся результатом решения предыдущих задач.

Вопрос 9. Что иллюстрирует изображение?



Варианты ответов

- динамику эволюции нейронов мозга
- диффузия информации внутри социальной сети
- динамику эволюции структуры Вселенной
- базовые принципы функционирования законов природы
- пример построения семантической сети

Вопрос 10. Технология Web Mining. Выберите верно или нет каждое из утверждений.

Варианты ответов

- Технология Web Mining применяет технологии Data Mining, Text Mining для анализа неструктурированной, неоднородной, распределенной и значительной по объему информации, содержащейся на Web-узлах
- Технология Web Mining - это противоположность семантическому Web в том смысле, что она не использует онтологические мета-данные сайтов
- Концепция шаблонов (паттернов) не положена в основу современного подхода Web Mining

Вопрос 11. Главной идеей ИАД является

Варианты ответов

- формирование специфических шаблонов и выявление нетривиальных закономерностей на них
- использование методов интеллектуального анализа данных для автоматического обнаружения веб-документов и сервисов, извлечения информации из веб-ресурсов и выявления общих закономерностей в Интернете.
- его способность привлечь большую аудиторию пользователей на основе семантических данных

- формирование бинарных связей, которые можно представить в виде сети, где каждый объект — это точка, а его связь с другим объектом — это линия или дуга

Вопрос 12. Укажите пять стандартных закономерностей, выявляемых ИАД.

Варианты ответов

- ассоциация
- сертификация
- дружелюбность
- последовательность
- классификация
- кластеризация
- интенсификация
- интеллектуализация
- урбанизация
- прогнозирование

Вопрос 13. Укажите верно ли каждое из утверждений о комплексных сетях.

Варианты ответов

- Топологические свойства этих сетей, рассматриваемые отвлечённо от их физической природы, но существенно определяющие функционирование сетей, и составляют предмет исследования комплексных сетей
- Типичные процессы, исследуемые в комплексных сетях: массовое поведение людей, распространение заболеваний, тенденции рынка и т.д.
- Модель теории малого мира не используется для типичных процессов, исследуемых в комплексных сетях

Вопрос 14. Верно ли следующее утверждение: "В сети вида «малого мира» большинство узлов не связаны друг с другом напрямую (не являются соседними узлами), но могут быть достигнуты с наименьшим количеством шагов из любого (случайного) узла".

Варианты ответов

- Нет
- Да

Вопрос 15. Укажите основное отличие моделей комплексных сетей от других графовых структур.

Варианты ответов

- возможность вероятностного описания комплексных сетей
- отсутствие комплексного отображения графа в векторном пространстве
- отсутствие возможности их вероятностного описания посредством аппарата статистической физики

Вопрос 16. Что характеризует кластеризация?

Варианты ответов

- длину пути L
- среднюю длину пути L
- максимальное расстояние между узлами
- степень взаимосвязи между собой ближайших соседей данного узла

Вопрос 17. Что можно рассчитать по данной ниже формуле? где N - количество членов общества (узлов графа)

$$L = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j} L_{ij}$$

Варианты ответов

- длина пути
- средняя длина пути
- связи

Вопрос 18. Их можно описать просто распределением вероятности или случайным процессом, их создающим. Теория их находится на стыке теории графов и теории вероятностей. С математической точки зрения они необходимы для ответа на вопрос о свойствах типичных графов. Они нашли практическое применение во всех областях, где нужно смоделировать сложные сети. О чем речь?

Варианты ответов

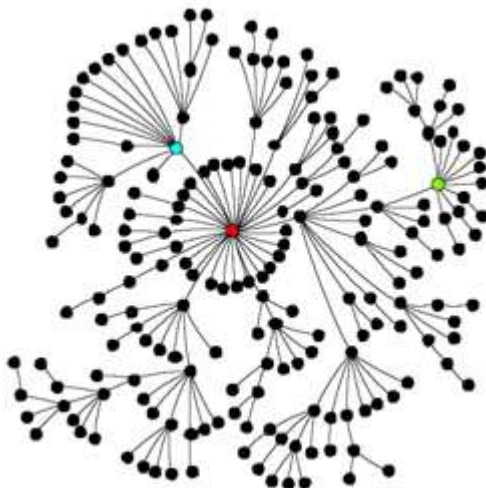
- математические вероятностные модели
- случайные графы
- регулярные графы

Вопрос 19. Что такое модель малого мира?

Варианты ответов

- Это смесь регулярного и случайного графа с учетом кластеризации соседних членов общества и наличием "случайных" дальних связей
- Это теоретическая, эталонная модель, описанная в международных стандартах
- Это абстрактная сетевая модель для коммуникаций и разработки сетевых связей, разработанная и запатентованная Google

Вопрос 20. Что иллюстрирует рисунок, если речь идет о моделях комплексных сетей?



Варианты ответов

- модель малого мира. Одна из моделей комплексных сетей
- модель предпочтительного соединения. Одна из моделей комплексных сетей
- модель случайного графа. Одна из моделей комплексных сетей
- модель регулярного графа. Одна из моделей комплексных сетей
- модель регулярного и случайного графа. Одна из моделей комплексных сетей

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Перенос обучения (Transfer Learning)
2. Генеративно-сопоставительные нейронные сети (Generative Adversarial Networks, GAN)
3. Объяснимый искусственный интеллект (Explainable AI)
4. Периферийная аналитика / AI (Edge Analytics / AI)
5. ИИ-платформа как услуга (AI PaaS)
6. Адаптивное машинное обучение (Adaptive ML)
7. Мобильная связь пятого поколения (5G)
8. Память следующего поколения (Next-Generation Memory)
9. Низкоорбитальные спутниковые системы (Low-Earth-Orbit Satellite Systems)
10. 3D-печать в наномасштабах (Nanoscale 3D Printing)
11. Беспилотные автомобили, 5-й уровень автономности (Autonomous Driving Level 5)
12. Камеры с 3D-зрением (3D Sensing Cameras)
13. Дроны для доставки (Light Cargo Delivery Drones)
14. Летящий автономный транспорт (Flying Autonomous Vehicles)
15. Облако дополненной реальности (AR Cloud)
16. ИИ для эмоций (Emotion AI)
17. Дополненный интеллект (Augmented Intelligence)
18. Биочипы (Biochips)
19. Иммерсивное рабочее пространство (Immersive Workplaces)
20. Персонификация (Personification)
21. Биотех – искусственные ткани (Biotech – Cultured or Artificial Tissue)
22. Децентрализованные автономные организации (Decentralized Autonomous Organizations)
23. Синтетические данные (Synthetic Data)
24. Digital Ops
25. Графы знаний (Knowledge Graphs)
26. Фабрика данных (Data Fabric)
27. Цифровой двойник человека (Digital Twin of a Person)
28. Цифровые двойники (Digital Twins)
29. Дифференциальная конфиденциальность (Differential privacy)
30. Принесите свою собственную идентификацию (Bring Your Own Identity)
31. Двусторонний интерфейс «мозг-компьютер» (2-Way BMI / Brain-Machine Interface)
32. Умная робототехника (Smart Robotics)
33. Дополненная реальность (Augmented Reality)
34. Малые данные (Small Data)
35. Технологии искусственного интеллекта (AI Technologies)
36. Онтологии (Ontologies)
37. Чатботы (Chatbots)
38. Генерация естественного языка (Natural Language Generation)
39. Технологии социального дистанцирования (Social Distancing Technologies)
40. Интеллектуальные агенты (Intelligent Agents)

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинг)
--------	--------------------------------	---	---	---------------------------	---------------------------

		оценки сформированности)			говая оценка)
Повышенны й	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

- Бехманн, Г. Современное общество: общество риска, информационное общество, общество знаний : монография / Г. Бехманн ; пер. с нем. А. Ю. Антоновского, Г. В. Гороховой, Д. В. Ефременко [и др.]. - Москва : Логос, 2020. - 248 с. - ISBN 978-5-98704-456-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1213739> (дата обращения: 05.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

- Гагарина, Л. Г. Современные проблемы информатики и вычислительной техники : учебное пособие / Л. Г. Гагарина, А. А. Петров. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М,

2019. - 368 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-8199-0442-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002234> (дата обращения: 05.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

2. Грунвальд, А. Техника и общество: западноевропейский опыт исследования социальных последствий научно-технического развития : монография / А. Грунвальд ; пер. с нем. Е. А. Гаврилиной, А. В. Гороховой, Г. В. Гороховой, Д. Е. Ефименко. - Москва : Логос, 2020. - 160 с. - ISBN 978-5-98704-522-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1213775> (дата обращения: 05.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Проспект» (Договор с ООО Проспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»**
Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методология научного исследования»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: Гриценко В.А., д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий»

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины «**Методология научного исследования**».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Методология научного исследования».

Целью освоения дисциплины (модуля) «Методология научного исследования» является формирование у магистрантов навыков и умений в области методологии научного познания.

Задачи освоения дисциплины: «Методология научного исследования»

- Освоение методологических основ научного познания и творчества;
- Получение знаний в области подобия и моделирования физических процессов, вычислительного эксперимента;
- Овладение методикой постановки оптимального эксперимента и обработки результатов измерений.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-5 Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	УК-5.1. - Определяет особенности межкультурной коммуникации в условиях современного поликультурного пространства УК-5.2. - Умеет осуществлять коммуникацию с представителями иных национальностей и конфессий в процессе межкультурного взаимодействия	должен знать: - особенности выбора направления научного исследования и этапы его осуществления; - задачи и методы теоретических исследований; - классификацию, типы и задачи экспериментальных исследований; - информационное обеспечение научных исследований; должен уметь: - анализировать тенденции современной науки, определять перспективные направления научных исследований в предметной сфере профессиональной деятельности, состав исследовательских работ, определяющие их факторы;
ОПК-2 Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1. - Использует основные инструменты прикладной статистики для решения задач профессиональной деятельности ОПК-2.2. - Выбирает оптимальные инструменты статистического анализа данных для решения прикладных задач интеллектуального анализа данных ОПК-2.3. - Применяет современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные компьютерные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения задач	должен уметь: - использовать экспериментальные и теоретические методы исследования в профессиональной деятельности; - адаптировать современные достижения науки и наукоёмких технологий к образовательному и самообразовательному процессу; - работать с естественнонаучной литературой разного уровня (научно-популярные издания, периодические журналы), в том числе на иностранных языках. должен владеть:

	в области создания и применения искусственного интеллекта ОПК-2.4. - Обосновывает выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных компьютерных технологий ОПК-2.5. - Разрабатывает оригинальные программные средства, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных компьютерных технологий, для решения задач в области создания и применения искусственного интеллекта	- современными методами научного исследования в предметной сфере; - способами осмысления и критического анализа научной информации; - навыками совершенствования и развития своего научного потенциала. должен демонстрировать способность и готовность: - применять полученные знания в проведении и организации научно-исследовательской деятельности; - использовать готовые программные продукты в обработке и анализе временных измерений, фиксируемых в физических экспериментах.
ПК-2 - Способен разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.1. - Разрабатывает концептуальные и теоретические модели ПК-2.2. - Проводит экспериментальную проверку концептуальных и теоретических моделей	

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплин «Методология научного исследования» входит в часть, формируемая участниками образовательных отношений подготовки магистрантов направления: «Прикладная математика и информатика», профиль «Математическое и компьютерное моделирование».

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы,

лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
1	Методологические основы научного познания. Направление и этапы научного исследования.	Понятие научного знания. Методы теоретических и эмпирических исследований. Выбор направления научного исследования. Этапы научно-исследовательской работы.
2	Теоретические исследования.	Задачи и методы теоретического исследования. Использование математических методов в исследованиях. Аналитические методы. Вероятностно-статистические методы. Подобие. Критерии подобия. Виды моделей. Физическое подобие и моделирование. Аналоговое подобие и моделирование. Математическое подобие и моделирование.
3	Экспериментальные исследования.	Классификация, типы и задачи эксперимента. Метрологическое обеспечение экспериментальных исследований. Вычислительный эксперимент. Методы графической обработки результатов эксперимента. Методы подбора эмпирических формул. Статистические оценки и их свойства. Метод максимального правдоподобия. Выборочные распределения. Интервальные оценки. Планирование эксперимента при построении интервальных оценок. Статистические гипотезы. Критерии значимости и доверительные интервалы. Планирование эксперимента в задачах проверки гипотез. Критерии согласия. Особенности статистического вывода.
4	Организация процесса проведения исследования.	Корреляционный и регрессионный анализы. Дисперсионный (факторный) и ковариационный анализы.
5	Методы анализа временных измерений.	Методы фрактального и мультифрактального анализа. Детрендрованный флуктуационный анализ. Фурье- и вейвлет-анализ. Прочие методы математической статистики.
6	Оформление научных исследований	Публикации результатов научной деятельности: монография, статья, тезисы доклада, диссертационная работа. Научные выводы. Формулировка научной новизны. Приоритетные направления научных исследований. Бюджетные и хозяйственные научно-исследовательские работы (НИР). Договор на выполнение НИР, календарный план и смета расходов. Научный отчет и требования к его оформлению. Результаты интеллектуальной деятельности: методы, модели, алгоритмы, программы для ЭВМ, базы

		данных. Защита авторских и имущественных прав. Регистрация результатов интеллектуальной деятельности. Сертификация программных продуктов и баз данных.
--	--	--

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
1	Методологические основы научного познания. Направление и этапы научного исследования.	Лекция 1. Понятие научного знания.
2	Теоретические исследования.	Лекция 2. Задачи и методы теоретического исследования.
3	Экспериментальные исследования.	Лекция 3. Классификация, типы и задачи эксперимента.
4	Организация процесса проведения исследования.	Лекция 4. Корреляционный и регрессионный анализы. Дисперсионный (факторный) и ковариационный анализы.
5	Методы анализа временных измерений.	Лекция 5. Прочие методы математической статистики.
6	Оформление научных исследований	Лекция 6. Публикации результатов научной деятельности: монография, статья, тезисы доклада, диссертационная работа. Лекция 7. Бюджетные и хоздоговорные научно-исследовательские работы (НИР). Лекция 8. Результаты интеллектуальной деятельности: методы, модели, алгоритмы, программы для ЭВМ, базы данных. Защита авторских и имущественных прав.

Тематика практических занятий:

№ п/п	Наименование Темы	Содержание темы
1	Теоретические исследования.	Задачи и методы теоретического исследования. Использование математических методов в исследованиях. Аналитические методы. Вероятностно-статистические методы. Подобие. Критерии подобия. Виды моделей. Физическое подобие и моделирование. Аналоговое подобие и моделирование. Математическое подобие и моделирование.
2	Организация процесса проведения исследования.	Корреляционный и регрессионный анализы. Дисперсионный (факторный) и ковариационный анализы.
3	Методы анализа временных измерений.	Основные понятия математического планирования эксперимента. Факторы. Критерии оптимальности. Однофакторный эксперимент. Полный факторный

		эксперимент. Метод наименьших квадратов при получении коэффициентов регрессии. Проверка адекватности модели.
4	Оформление научных исследований	1. Научно-технический отчет, 2. публикация, 3. диссертация. 4. оформление библиографии по ГОСТ

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал

прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Методологические основы научного познания. Направление и этапы научного исследования.	УК-5; ОПК-2; ПК-1	Устный опрос, тест
Теоретические исследования.	УК-5; ОПК-2; ПК-1	Устный опрос, тест
Экспериментальные исследования.	УК-5; ОПК-2; ПК-1	Устный опрос, тест
Организация процесса проведения исследования.	УК-5; ОПК-2; ПК-1	Устный опрос, тест
Методы анализа временных измерений.	УК-5; ОПК-2; ПК-1	Устный опрос, тест
Оформление научных исследований	УК-5; ОПК-2; ПК-1	Устный опрос, тест

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Тема 1. Методологические основы научного познания. Направление и этапы научного исследования.

Примерные вопросы:

1. Философско-психологические, системотехнические основания методологии.
2. Методология как средство рационализации и оптимизации деятельности
3. Структура научного знания и научные профили.
4. Формы организации научного знания.
5. Особенности научной деятельности
6. Теория в системе форм научного знания.
7. Понятия, категории и структура научного исследования.
8. Этические принципы исследователя.
9. Функции и значение науки.
10. Истинность и научность.
11. Научная деятельность во вненаучных сферах.
12. Наука как профессия.
13. Критерии разграничения научных, вненаучных и антинаучных познавательных представлений.
14. Критерии научности эмпирических и теоретических познавательных представлений.
15. Взаимосвязь теории и эмпирии. Возможности подтверждения и проверки теории.

Тема 2. Теоретические исследования.

Примерные вопросы:

1. Типология методов исследования.
2. Теоретические методы исследования (индукция, конкретизация, аналогия, сравнение, классификация, анализ, синтез).
3. Моделирование в научном исследовании.
4. Сущность эмпирических и теоретических гипотез.
5. Сущность научной проблемы и порядок ее определения.
6. Конкретно-научные (частные) методы научного познания вы знаете.
7. Виды научных гипотез.
8. Основные процедуры формирования цели и задач научного исследования.
9. Основные процедуры формулировки научной гипотезы.
10. Основные требования, предъявляемые к научной гипотезе.
11. Основные этапы логической схемы научного исследования.
12. Аналитические методы научного исследования.
13. Понятие методики исследования.
14. Метод формализации, гипотетический и аксиоматический методы в науке
15. Методы психологической диагностики в научном исследовании: общая характеристика, достоинства и недостатки, методика применения.
16. Графические методы в научном исследовании (теория графов, графическое представление информации, диаграммы, графики, гистограммы): общая характеристика, достоинства и недостатки.

Тема 3. Экспериментальные исследования.

Примерные вопросы:

1. Причины непрерывного возрастания роли науки?
 - А) Из-за увеличения численности населения
 - Б) Из-за неизбежного уменьшения площади с/х угодий и пашни в расчете на 1 человека
 - В) Из-за неизбежного возрастания потребностей человека

Г) Из-за увеличения численности населения, неизбежного уменьшения площади с/х угодий и пашни в расчете на 1 человека, а также возрастания потребностей человека

2. Какие виды познавательной деятельности использует человек?

А) Изучение и испытание

Б) Изучение, исследование и испытание

В) Исследование

Г) Изучение

3. Что означает: "часть объектов генеральной совокупности, включенных в обследование для характеристики совокупности по нужным признакам"?

А) Основные

Б) Выборка*

В) Определенное множество

Г) Опытный участок

4. Какие этапы научного планирования выделяются при проведении исследований?

А) Планирование, проведение эксперимента, формулирование выводов

Б) Планирование, закладка эксперимента, накопление первичных данных, математический анализ с последующим формулированием выводов и предложений производству*

В) Проведение исследований, математическая обработка полученных данных

Г) Планирование, накопление первичных данных, формулирование выводов и предложений производству

5. Какие методы предназначены для накопления первичных данных об объектах исследования?

А) Наблюдение и дисперсионный анализ

Б) Эксперимент и вариационный анализ

В) Наблюдение и эксперимент

Г) Вариационный анализ и дисперсионный анализ

6. Что такое схема эксперимента?

А) Размещение вариантов и повторений на опытном участке

Б) Перечень опытных и контрольных вариантов, включаемых в эксперимент для проверки гипотезы

В) Чертеж, на котором размещены границы эксперимента

Г) Перечень методов исследования, которые планируется проводить в эксперименте

7. Какая продолжительность во времени кратковременных опытов?

А) 1-3 года

Б) 4-10 лет

В) 11-50 лет

Г) более 50 лет

8. Какая продолжительность во времени многолетних опытов?

А) 1-3 года

Б) 4-10 лет

В) 11-50 лет

Г) более 50 лет

9. В каких опытах изучается влияние нескольких факторов?

А) Многолетних

Б) Многофакторных

В) Однофакторных

Г) Кратковременных

10. Что означает: "научное предположение, истинное значение которого является неопределенным"?

А) Умозаключение

Б) Суждение

В) Дедукция

Г) Гипотеза

11. Что означает: "целенаправленное сосредоточение внимания исследователя на явлениях эксперимента или природы, их количественная и качественная регистрация"?

А) Эксперимент

Б) Наблюдение

В) Статистический анализ

Г) Опыт

12. Что означает "воспроизводимость результатов опыта"?

А) При повторе опыта в идентичных условиях и при аналогичных методиках должны получить аналогичные результаты

Б) Результаты опыта должны быть такими же и в других почвенно-климатических зонах

В) В следующем году исследований результаты опыта должны повториться

Г) Что даже при изменении условий опыта и методик исследования результаты опыта должны подтвердиться

13. Какая разновидность ошибок приводит к завышению или занижению результатов исследований под действием определенных факторов (закономерных изменений плодородия почвы и др.)?

А) Систематические*

Б) Грубые

В) Случайные

Г) Однонаправленные

14. Как называются ошибки, возникающие при просчетах в процессе работы?

А) Систематические

Б) Случайные

В) Грубые

Г) Однонаправленные

15. С какой целью закладываются повторения эксперимента?

А) Для увеличения числа данных

Б) Для увеличения повторности эксперимента

В) Для учета влияния условий в опыте

Г) Для уменьшения погрешности эксперимента

16. Каким символом обозначается дисперсия?

А) s

Б) s^2 *

В) V

Г) n

17. Когда исследуется связь между двумя признаками, то это корреляция?

- А) Простая
- Б) Множественная
- В) Средняя
- Г) Промежуточная

Тема 5. Методы анализа временных измерений.

Примерные вопросы:

1. Назовите принципы работы исследователя с фактами.
2. Какие черты характеризуют факты, что надо учитывать при поиске и отборе фактов?
3. Как соотносятся понятия факта и информации? В чем проявляется информативная емкость факта?
4. Содержание, этапы инструменты и приемы осуществления научно-исследовательского проекта.
5. Проблема исследования. Проблема в теории и эмпирии. Соотношение проблемы и проблемной ситуации.
6. Гипотеза магистерского исследования. Формулировка, методы подтверждения и проверки
7. Научные аспекты и процессы подготовки магистерской диссертации.

Примерные темы рефератов по дисциплине «Методология научных исследований»

1. Понятие и история науки.
2. Наука в системе культуры, ее роль в современном обществе.
3. Наука как форма общественного сознания.
4. Развитие и прогресс научного знания.
5. Истинность и достоверность научного знания.
6. Формы организации научного знания и их взаимосвязь.
7. Теоретические и эмпирические методы научного исследования.
8. Научное исследование.
9. Роль философии в научных исследованиях
10. Виды и формы научного исследования.
11. Методология науки.
12. Методика и методическая система научных исследований.
13. Постановки научной проблемы.
14. Поиск путей решения научной проблемы.
15. Выбор темы и научное обоснование ее актуальности.
16. Научная информация и ее виды.
17. Теоретические и экспериментальные исследования.
18. Средства, подходы и методы научного познания.
19. Обоснование эффективности научных исследований.
20. Моделирование и прогнозирование в научных исследованиях.
21. Моделирование и его роль в научных исследованиях.
22. Абстрактные и предметные модели в научных исследованиях.
23. Классификации моделей и видов моделирования в научных исследованиях.
24. Методы моделирования в научных исследованиях.
25. Обработка эмпирических данных.
26. Измерения в научных исследованиях
27. Виды и методы анализа эмпирических данных.
28. Математические и статистические методы анализа эмпирических данных.
29. Организация процесса научных исследований.
30. Выбор и обоснование методики исследования.
31. Поиск, систематизация и анализ научной информации.

32. Выдвижение и обоснование гипотезы.
33. Оформление и апробация результатов научного исследования

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Сформулируйте определение понятия "Методология" в широком и узком смысле этого слова, функции методологии.
2. Перечислите и охарактеризуйте методологические принципы.
3. Раскройте специфику научного познания и его основные отличия от стихийно эмпирического.
4. Перечислите основные компоненты научного аппарата исследования и дайте краткую содержательную характеристику каждого из них.
5. Назовите и охарактеризуйте главные критерии оценки результатов научного исследования.
6. Раскройте сущность понятия "метод". Дайте определение понятию "научный метод".
7. Дайте сущностную характеристику таких методов, как анкетирование, интервьюирование, тестирование, экспертный опрос и социометрия.
8. Охарактеризуйте особенности применения методов научной литературы, архивных данных.
9. Сущность и роль метода эксперимента в научном исследовании. Обосновать наиболее важные условия эффективности его проведения. Этапы проведения эксперимента.
10. Обоснуйте сущность и специфику теоретического познания. Перечислите его основные формы.
11. Дайте определение таким категориям теоретического познания, как "мышление", "разум", "понятие", "суждение", "умозаключение", "интуиция".
12. Каким основным требованиям должна отвечать любая научная теория?
13. Раскройте особенности использования общенаучных логических методов в научном исследовании.
14. В чем заключается сущность количественных измерений в научном исследовании?
15. Из чего следует исходить, определяя тему, объект, предмет, цель, задачи и гипотезу исследования?
16. Сформулируйте определение понятия "методика исследования". Обоснуйте положение о том, что методика научного исследования всегда конкретна и уникальна.
17. Что следует понимать под систематизацией результатов исследования? Для каких целей проводится апробация результатов научной работы?
18. Какие этапы рассматривает процесс внедрения результатов исследования в практику?
19. Перечислите требования, которые предъявляются к содержанию, логике и методике изложения исследовательского материала в научной работе. Из каких основных частей состоит научная работа?
20. Формирование необходимых умений и навыков проведения анкетирования.
21. Специфика проведения опроса в научных исследованиях.
22. Беседа как исследовательский прием. Стратегия и тактика проведения беседы.
23. Применение наблюдения в разных видах исследования.
24. Документальные источники как объект изучения.
25. Проблема надежности и валидности тестовых методик.

26. Методы статистического описания данных.
27. Методы графического представления данных.
28. Корреляционный анализ и сферы его применения.
29. Сущность, структура и функции познания.
30. Методология, принципы и методы исследования.
31. Структура проведения исследования.
32. Соотношение диагностирования и научного исследования.
33. Теоретические методы исследования.
34. Методика проведения наблюдения.
35. Методики проведения разных видов опросов

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70

Недостаточный	Отсутствие признаков	неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55
---------------	----------------------	---------------------	------------	----------

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

Основная литература

1. Математическое моделирование и проектирование : учебное пособие / А.С. Коломейченко, И.Н. Кравченко, А.Н. Ставцев, А.А. Полухин ; под ред. А.С. Коломейченко. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 181 с. — (Высшее образование: Магистратура). — DOI 10.12737/textbook_59688803c3cb35.15568286. - ISBN 978-5-16-012890-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2111400> (дата обращения: 30.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Дмитренко, А. В. Математическое моделирование : учебно-методическое пособие к практическим и лабораторным работам по дисциплине «Математическое моделирование» / А. В. Дмитренко. - Москва : РУТ (МИИТ), 2018. - 32 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1896880> (дата обращения: 30.01.2025). – Режим доступа: по подписке.
2. Пискажова, Т. В. Математическое моделирование объектов и систем управления : учебное пособие / Т. В. Пискажова, Т. В. Донцова, Г. Б. Даныкина. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 230 с. - ISBN 978-5-7638-4184-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1819599> (дата обращения: 30.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Проспект» (Договор с ООО Проспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>).

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»**

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Иностранный язык в сфере делового и профессионального общения»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: к.ф.н. доцент Алексеева Т.Д,

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины **«Иностранный язык в сфере делового и профессионального общения»**.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Иностранный язык в сфере делового и профессионального общения».

Цель дисциплины: Развитие и совершенствовании у обучающихся иноязычной коммуникативной компетенции в профессиональной сфере, позволяющей им использовать иностранный язык в профессиональной деятельности, осуществлять межкультурную коммуникацию для решения профессиональных задач, реализовывать обмен с зарубежными партнерами в рамках своей профессиональной деятельности и для дальнейшего самообразования.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-4 - Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1. Знает литературную форму государственного языка, основы устной и письменной коммуникации на иностранном языке, функциональные стили родного языка, необходимые для профессиональной деятельности. УК-4.2. Умеет выражать свои мысли на государственном, родном и иностранном языках в профессиональной деятельности. УК-4.3. Имеет практический опыт составления текстов на государственном и родном языках, опыт перевода текстов с иностранного языка на родной, опыт говорения на государственном и иностранном языках в профессиональной деятельности.	Знать: методы и технологии научной коммуникации на английском и русском языках; особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме (формирование профессиональной коммуникативной компетенции). Уметь готовить публикации, проводить презентации, вести дискуссии и защищать представленную работу на английском языке. Владеть терминологией специальности на английском языке.
УК-5 - Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	УК-5.1. - Определяет особенности межкультурной коммуникации в условиях современного поликультурного пространства УК-5.2. - Умеет осуществлять коммуникацию с представителями иных национальностей и конфессий в процессе межкультурного взаимодействия	

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Иностранный язык в сфере делового и профессионального общения» представляет собой дисциплину обязательной части ОПОП.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе, может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Оценка уровня владения студентами английским языком.	Оценка уровня владения студентами английским языком. Повторение грамматического материала. Система времен. Простые и сложные предложения. Сложные и парные союзы. Бессоюзные придаточные предложения. Местоимения. Выполнение упражнений по перечисленным выше грамматическим темам. Активный и пассивный залог. Роль пассивного залога в научной прозе. Повторение лексического материала. Научная терминология по специальности. Морфология и анализ форм слов. Многозначность слов. Множественное число существительных, заимствованных из греческого и латинского языков. Эвфемизм и деловой дискурс.

		Pattern Vocabulary Practice. Чтение, лексический анализ и обсуждение научных текстов. Лексико-грамматические тесты.
2	Модальные глаголы, их эквиваленты и их использование в научном тексте.	Повторение лексико-грамматического материала. Модальные глаголы, их эквиваленты и их использование в научном тексте. Выполнение упражнений и тестов по теме. Виды учебной деятельности. 1. Чтение, анализ и обсуждение научных текстов. 2. Средства структурирования дискурса: приветствие, оформление введения в тему, развитие темы, ответы на вопросы, заключение. 3. Основные формулы научной дискуссии. 4. Развитие умений ознакомительного и просмотрового чтения. 5. Аудирование научных дискуссий (материалы TED, TTC, etc.)
3	Согласование времен. Общие правила. Косвенные, общие и специальные вопросы. Особенности согласования времен в научной прозе. Выполнение упражнений и тестов.	Повторение грамматического материала. Согласование времен. Общие правила. Косвенные, общие и специальные вопросы. Особенности согласования времен в научной прозе. Выполнение упражнений и тестов. Принципы организации лексики научного текста (на английском языке). Разные подходы к переводу Рекомендации адекватного перевода научного текста с английского языка на русский язык: анализ текста, извлечение наиболее существенной информации, определение цели, сохранение истинности высказывания, выводы. Работа над фразеологическими сочетаниями и терминами, часто используемыми в научных текстах. Основные принципы и требования к составлению реферата и аннотации.
4	Сослагательное наклонение. Условные предложения с реальным условием. Условные предложения с нереальным условием	Повторение грамматического материала. Сослагательное наклонение. Условные предложения с реальным условием. Условные предложения с нереальным условием (Present and Past). Выражение пожелания (Making a Wish - Present, Past, Future). Выражение жалобы, раздражения, просьбы. Выполнение упражнений и тестов. Сокращения и акронимы, используемые в материалах по программным средствам вычислительной техники и сетевых технологий. Совпадение и расхождение интернациональных слов. Работа над сочетаниями глаголов с существительными и прилагательными. Общая характеристика статьи. Постановка задачи. Оценки полученных результатов исследования.

5	Различные функции инфинитива. Инфинитивные конструкции. Инфинитивные обороты "Дополнение с инфинитивом" и "Подлежащее с инфинитивом". Инфинитив в составном именном сказуемом и в составном модальном сказуемом.	Повторение лексико-грамматического материала. Различные функции инфинитива. Инфинитивные конструкции. Инфинитивные обороты "Дополнение с инфинитивом" и "Подлежащее с инфинитивом". Инфинитив в составном именном сказуемом и в составном модальном сказуемом. Выполнение упражнений и тестов по теме. Виды учебной деятельности. Работа над типичными ошибками студентов. Способы аргументирования. Разница в русской и английской пунктуации.
6	Герундий и герундиальные обороты. Герундий и отглагольные существительные. Герундий и инфинитив. Английские глаголы, употребляемые с герундием.	Работа над лексико-грамматическим материалом. Герундий и герундиальные обороты. Герундий и отглагольные существительные. Герундий и инфинитив. Английские глаголы, употребляемые с герундием. Выполнение упражнений и тестов по пройденной теме. Виды учебной деятельности. Обсуждение научных материалов по специальности. Работа над предложениями и связующими словами. Обсуждение материалов по научной и общественно-политической тематике. Презентация подготовленных докладов.
7	Причастие. Формы и функции. Русские эквиваленты перевода причастия. Абсолютный причастный оборот. Выражение	Работа над лексико-грамматическим материалом. Причастие. Формы и функции. Русские эквиваленты перевода причастия. Абсолютный причастный оборот. Выражение "ToHaveSomethingDone". Цитирование. Оформление ссылок и библиографии. Выполнение упражнений и тестов по теме. Презентация докладов, представление т.н. "папки студента магистратуры" (10 аннотаций на научные статьи и книги, реферат по теме специальности).

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями): Лекционных занятий нет.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

1. Оценка уровня владения студентами английским языком.
2. Модальные глаголы, их эквиваленты и их использование в научном тексте.
3. Согласование времен. Общие правила. Косвенные, общие и специальные вопросы. Особенности согласования времен в научной прозе.
4. Сослагательное наклонение. Условные предложения с реальным условием. Условные предложения с нереальным условием (PresentandPast).

5. Различные функции инфинитива. Инфинитивные конструкции. Инфинитивные обороты "Дополнение с инфинитивом" и "Подлежащее с инфинитивом". Инфинитив в составном именном сказуемом и в составном модальном сказуемом.
6. Герундий и герундиальные обороты. Герундий и отглагольные существительные. Герундий и инфинитив. Английские глаголы, употребляемые с герундием.
7. Причастие. Формы и функции. Русские эквиваленты перевода причастия. Абсолютный причастный оборот. Выражение "To Have Some thing Done".

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных

работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Оценка уровня владения студентами английским языком.	УК-4 УК-5	Опрос
Модальные глаголы, их эквиваленты и их использование в научном тексте.	УК-4 УК-5	Опрос
Согласование времен. Общие правила. Косвенные, общие и специальные вопросы. Особенности согласования времен в научной прозе.	УК-4 УК-5	Опрос
Сослагательное наклонение. Условные предложения с реальным условием. Условные предложения с нереальным у	УК-4 УК-5	Опрос
Различные функции инфинитива. Инфинитивные конструкции. Инфинитивные обороты "Дополнение с инфинитивом" и "Подлежащее с инфинитивом". Инфинитив в составном именном сказуемом и в составном модальном сказуемом.	УК-4 УК-5	Опрос
Герундий и герундиальные обороты. Герундий и отглагольные существительные. Герундий и инфинитив. Английские глаголы, употребляемые с герундием.	УК-4 УК-5	Опрос
Причастие. Формы и функции. Русские эквиваленты перевода причастия. Абсолютный п	УК-4 УК-5	

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

- для текущего контроля используется систематический письменный и устный опрос по изучаемым темам и тестирование;
- для совершенствования необходимых коммуникативных навыков предлагается выполнение устных и письменных заданий, подготовка и проведение презентаций на различные научные темы;

- студенты еженедельно получают домашние задания и отчитываются за выполнение заданий на аудиторных занятиях;
- в аудитории выполняется презентация прочитанного материала по подготовленному плану;
- презентация оценивается с точки зрения содержания и формы, соответствия стандартам академического стиля, грамматической и лексической корректности излагаемого;
- прослушиваются и оцениваются сообщения и беседы о прочитанной литературе по специальности на английском языке.
- прослушиваются и обсуждаются сообщения и беседы на общественно-политические темы по материалам журналов и газет на английском языке.

**Примерные вопросы/задания для текущего контроля,
проводимого в письменной форме:**

1. Подготовить письменные переводы текста с английского на русский язык и с русского на английский язык;
2. Ответить на вопросы к прочитанному тексту и сформулировать основные тезисы автора;
3. Составить план реферирования текста;
4. Представить устное реферирование текста;
5. Представить доклад на профессиональную тему.

Примерные вопросы/задания для текущего контроля, проводимого в устной форме:

1. Сделать презентацию доклада по специальности;
2. Принять участие в обсуждении специальных профессиональных проблем.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен по иностранному языку (английскому языку) проводится в два этапа:

На *первом этапе* студент выполняет письменный перевод научного текста по специальности с английского языка на русский язык. Объем текста – 1500 печатных знаков. Успешное выполнение письменного перевода является условием допуска ко второму этапу экзамена. Качество перевода оценивается по зачетной системе.

Второй этап экзамена проводится устно и включает в себя следующие задания:

1. Изучающее чтение оригинального текста по специальности. Объем 1500-2000 печатных знаков. Время выполнения работы – 30-40 минут. Форма проверки: передача извлеченной информации осуществляется на иностранном языке.
2. Представление реферата по тематике научной специализации. Форма проверки: представление осуществляется на иностранном языке.
3. Реферирование оригинального публицистического текста (газетная статья). Объем 1500-2000 печатных знаков. Время выполнения работы - 10-15 минут. Форма проверки: передача извлеченной информации осуществляется на иностранном языке.
4. Перевод 5 предложений с русского языка на английский с учётом грамматических особенностей.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии	Пятибалльная шкала (академиче	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтин
--------	--------------------------------	--	-------------------------------	---------------------------	-------------------------

		оценки сформированности)	ская) оценка		говая оценка)
Повышенны й	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий</i>	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения</i>	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Серегина, Т. Ю. Условные предложения. Косвенная речь. Сложное дополнение. Герундий. Инфинитив : учебное пособие / Т. Ю. Серегина, Р. В. Серегин. - Москва : ФЛИНТА, 2023. - 148 с. - (Серия «Учим английский язык быстро и просто».) - ISBN 978-5-9765-5257-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2079234> (дата обращения: 26.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Рябцева, Н. К. Научная речь на английском языке: Руководство по научному изложению. Словарь оборотов и сочетаемости общенаучной лексики. Новый

словарь-справочник активного типа (на английском языке) [Электронный ресурс] / Н. К. Рябцева. - 6-е изд., стер. - Москва : ФЛИНТА, 2013. — 598 с. - ISBN 978-5-89349-167-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/462975> (дата обращения: 26.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

2. Сергеева, Ю. М. Эволюция стилистического приема «внутренняя речь» в английской литературе : монография / Ю. М. Сергеева. - 3-е изд., стер. - Москва : Флинта, 2021. - 226 с. - ISBN 978-5-9765-2832-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1309285> (дата обращения: 26.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Проспект» (Договор с ООО Проспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Численные методы в прикладных задачах»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий» Зинин Л.В.

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины «**Численные методы в прикладных задачах**».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Численные методы в прикладных задачах».

Цель дисциплины: формирование совокупности теоретических знаний и практических навыков, связанных с пониманием роли проекта в организации в сфере закупок, основных положений современной концепции управления проектами, техники управления проектами с использованием экономико-математических методов.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1. – Приобретает и адаптирует математическое, естественнонаучные, социально-экономические, общетехнические знания и знания в области когнитивных наук для решения основных, нестандартных задач создания и применения искусственного интеллекта ОПК-1.2. – Решает основные, нестандартные задачи создания и применения искусственного интеллекта, в том числе в новой или незнакомой среде и с междисциплинарном контексте, с применением математических, естественно-научных, социально-экономических, общетехнических знаний и знаний в области когнитивных наук ОПК-1.3 – Проводит теоретическое и экспериментальное исследование объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	знать: методы системного подхода для решения поставленных задач с помощью информационно-коммуникационных технологий уметь: __осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, _решать стандартные задачи профессиональной деятельности владеть: __методами построения численных моделей для заданных математических моделей.

ОПК-2 Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1. - Использует основные инструменты прикладной статистики для решения задач профессиональной деятельности ОПК-2.2. - Выбирает оптимальные инструменты статистического анализа данных для решения прикладных задач интеллектуального анализа данных ОПК-2.3. - Применяет современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные компьютерные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения задач в области создания и применения искусственного интеллекта ОПК-2.4. - Обосновывает выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных компьютерных технологий ОПК-2.5. - Разрабатывает оригинальные программные средства, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных компьютерных технологий, для решения задач в области создания и применения искусственного интеллекта	
--	---	--

ПК-2 - Способен разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.1. – Разрабатывает концептуальные и теоретические модели ПК-2.2. - Проводит экспериментальную проверку концептуальных и теоретических моделей	знать: - основные численные методы интерполяции, дифференцирования, интегрирования; - основные приближенные методы решения дифференциальных уравнений; - методы вычислительной алгебры; уметь: применять численные методы к задачам математического моделирования. владеть: - методами построения численных моделей для заданных математических моделей - методами применения в профессиональной деятельности знаний математических основ информатики
--	---	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численные методы в прикладных задачах» представляет собой дисциплину обязательной части ОПОП.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе, может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При

этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
	1 семестр	
1	Методы типа Рунге-Кутта для решений дифференциальных уравнений первого порядка. Оценка погрешности, исследование сходимости. Явные и неявные методы типа Рунге-Кутта	Описываются явные и неявные методы типа Рунге-Кутта для решений дифференциальных уравнений первого порядка. Даются определения погрешности метода. Формулируется теорема о сходимости.
2	Методы типа Адамса для решений дифференциальных уравнений первого порядка. Оценка погрешности, исследование сходимости. Явные и неявные методы типа Адамса.	Описываются явные методы типа Адамса для решений дифференциальных уравнений первого порядка. Исследуются устойчивость и сходимость методов.
3	Метод конечных разностей решения краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Исследование погрешности аппроксимации, устойчивости и сходимости разностных схем.	Вводятся основные понятия теории разностных схем, определяются аппроксимации простейших операторов, устанавливается связь между аппроксимацией, устойчивостью и сходимостью
4	Решение краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений вариационными методами. Метод Ритца решения вариационных задач. Понятие о методе Галеркина	Доказывается теорема о эквивалентности краевой задачи для линейного обыкновенного дифференциального уравнения задаче на минимум функционала. Описываются методы Ритца и Галеркина.
5	Метод конечных элементов решения краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Сравнение с методом конечных разностей.	Дается описание метода конечных элементов, вводятся основные классы приближенных решений, формулируются условия, обеспечивающие существование и единственность приближенного решения и сходимость метода.
6	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений эллиптического типа: аппроксимация дифференциальных уравнений и краевых условий, оценка погрешности аппроксимации, исследование сходимости. Построение разностных схем с помощью метода сумматорных тождеств.	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений эллиптического типа: аппроксимация дифференциальных уравнений и краевых условий.

7	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений параболического типа: исследование устойчивости разностных схем. Некоторые приемы исследования устойчивости.	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений параболического типа.
8	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений гиперболического типа: аппроксимация начальных условий, исследование устойчивости разностных схем методом энергетических неравенств.	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений гиперболического типа, аппроксимация начальных условий.
9	Приближенные методы решения интегральных уравнений: решение уравнений Фредгольма методом замены интеграла конечной суммой; решение интегральных уравнений Фредгольма второго рода методом замены ядра на вырожденное; метод моментов; метод наименьших квадратов; метод последовательных приближений.	Приближенные методы решения интегральных уравнений: решение уравнений Фредгольма методом замены интеграла конечной суммой.
2 семестр		
10	Схемы хранения разреженных матриц и элементы алгебры разреженных матриц.	Различные схемы хранения разреженных матриц большой размерности. Портрет матрицы. Ширина ленты и профиль. Связь топологии сеток и портретов матриц для МКР, МКЭ и МКО. Разреженный строчный формат хранения с упорядочением и без. Элементы алгебры разреженных матриц. Экономичные алгоритмы умножения матрицы на вектор, умножения матриц, скалярного произведения векторов. Эффект заполнения при треугольной факторизации матрицы. Ленточная схема хранения матрицы. Алгоритм перенумерации узлов Катхилла-Макки для минимизации ширины ленты. Алгоритм минимальной степени для минимизации заполнения.
11	Прямые методы решения СЛАУ.	Трехточечные схемы МКР и МКЭ для одномерных уравнений конвекции-диффузии. Ленточная схема хранения трехдиагональной матрицы. Метод прогонки (алгоритм Томаса). Метод факторизации Холецкого (метод квадратного корня) и тройной факторизации (LDU-разложение) для положительно определенных матриц. Методы прямого решения СЛАУ с факторизованной матрицей.
12	Итерационные методы решения СЛАУ.	Итерационные методы решения СЛАУ. Общая теория итерационных методов. Сведения из алгебры и функционального анализа: свойства операторов и

		матриц, некоторые нормы векторов и матриц, сходимость по норме. Сеточные уравнения как матричные и операторные уравнения. Каноническая форма 1 двухслойного итерационного процесса. Оператор перехода и матрица расщепления. Условия сходимости итерационных методов. Скорость сходимости. Базовые стационарные итерационные методы: Рундсона, Якоби, Зейделя, простой итерации, наискорейшего спуска, минимальных невязок. Выбор оптимальных параметров. Каноническая форма 2 двухслойного итерационного процесса. Условие сходимости. Методы релаксации SOR, SSOR. Условия сходимости
13	Быстрые нестационарные итерационные процессы.	Метод сопряженных направлений (CGM). Теория и вывод формул метода, различные формы реализации CGM. Модификация метода при использовании предобуславливателя. Итерационный метод решения СЛАУ с чебышевским набором параметров. Сравнение скорости сходимости метода с SOR и CGM.
14	Предобуславливающие операторы (preconditioners).	Предобуславливающие матрицы как средство ускорения сходимости. Требование к предобуславливателю: близость спектральных свойств к исходной матрице и простота обращения. Диагональный предобуславливатель Якоби. Трехдиагональный предобуславливатель. Факторизованный треугольный предобуславливатель неполное разложение Холецкого (ILU) и модифицированного неполного разложения (MILU). Два варианта MILU и MILDU. Предобуславливание и масштабирование для плохообусловленных матриц с сильно меняющимися коэффициентами.
15	Многосеточный метод.	Метод двухсеточной коррекции. Операторы сглаживания (метод Зейделя), варианты операторов ограничения (fine-to-coarse) и продолжения (coarse-to-fine). Прямая инъекция, полное и неполное взвешивание. Многосеточный геометрический метод для сеточных схем на структурированных сетках. V и W циклы. Понятие о негнездованных (non-nested) многосеточных методах для неструктурированных сеток.

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Темы лекций
		1 семестр
1	Методы типа Рунге-Кутты для решений дифференциальных	Лекция 1. Методы типа Рунге-Кутты для решений дифференциальных уравнений первого порядка.

	уравнений первого порядка. Оценка погрешности, исследование сходимости. Явные и неявные методы типа Рунге-Кутта	
2	Методы типа Адамса для решений дифференциальных уравнений первого порядка. Оценка погрешности, исследование сходимости. Явные и неявные методы типа Адамса.	Лекция 2. Методы типа Адамса для решений дифференциальных уравнений первого порядка.
3	Метод конечных разностей решения краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Исследование погрешности аппроксимации, устойчивости и сходимости разностных схем.	Лекция 3. Разностные схемы для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка при различных краевых условиях
4	Решение краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений вариационными методами. Метод Рунге решения вариационных задач. Понятие о методе Галеркина	Лекция 4. Построение разностных схем для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка при различных краевых условиях с помощью методов Рунге и Галеркина проводится.
5	Метод конечных элементов решения краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Сравнение с методом конечных разностей.	Лекция 4. Построение разностных схем для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка при различных краевых условиях. с помощью метода конечных элементов.
6	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений эллиптического типа: аппроксимация дифференциальных уравнений и краевых условий, оценка погрешности аппроксимации, исследование сходимости. Построение разностных схем с помощью метода сумматорных тождеств.	Лекция 5. Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений эллиптического типа: оценка погрешности аппроксимации, исследование сходимости.
7	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений параболического типа: исследование устойчивости разностных схем. Некоторые приемы исследования устойчивости.	Лекция 6. Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений параболического типа: исследование устойчивости разностных схем.

8	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений гиперболического типа: аппроксимация начальных условий, исследование устойчивости разностных схем методом энергетических неравенств.	Лекция 7. Исследование устойчивости разностных схем для дифференциальных уравнений гиперболического типа.
9	Приближенные методы решения интегральных уравнений: решение уравнений Фредгольма методом замены интеграла конечной суммой; решение интегральных уравнений Фредгольма второго рода методом замены ядра на вырожденное; метод моментов; метод наименьших квадратов; метод последовательных приближений.	Лекция 8. Метод моментов; метод наименьших квадратов; метод последовательных приближений.
2 семестр		
10	Схемы хранения разреженных матриц и элементы алгебры разреженных матриц.	Лекция 9. Различные схемы хранения разреженных матриц большой размерности. Лекция 10. Элементы алгебры разреженных матриц. Лекция 11. Алгоритм перенумерации узлов Катхилла-Макки для минимизации ширины ленты.
11	Прямые методы решения СЛАУ.	Лекция 12. Трехточечные схемы МКР и МКЭ для одномерных уравнений конвекции-диффузии. Лекция 13. Ленточная схема хранения трехдиагональной матрицы. Метод прогонки (алгоритм Томаса). Лекция 14. Метод факторизации Холецкого (метод квадратного корня) и тройной факторизации (LDU-разложение) для положительно определенных матриц. Лекция 15. Методы прямого решения СЛАУ с факторизованной матрицей.
12	Итерационные методы решения СЛАУ.	Лекция 16. Итерационные методы решения СЛАУ. Лекция 17. Сеточные уравнения как матричные и операторные уравнения. Лекция 18. Базовые стационарные итерационные методы: Рундсона, Якоби, Зейделя, простой итерации, наискорейшего спуска, минимальных невязок. Лекция 19. Условие сходимости.
13	Быстрые нестационарные итерационные процессы.	Лекция 20. Метод сопряженных направлений (CGM).
14	Предобуславливающие операторы (preconditioners).	Лекция 21. Предобуславливающие матрицы как средство ускорения сходимости. Лекция 22. Трехдиагональный предобуславливатель.
15	Многосеточный метод.	Лекция 23. Метод двухсеточной коррекции.

		Лекция 24. Многосеточный геометрический метод для сеточных схем на структурированных сетках.
--	--	--

Темы практических занятий

№	Наименование раздела	Темы практических занятий
1 семестр		
1	Методы типа Рунге-Кутта для решений дифференциальных уравнений первого порядка. Оценка погрешности, исследование сходимости. Явные и неявные методы типа Рунге-Кутта	Строятся простейшие методы типа Рунге-Кутта для решений дифференциальных уравнений первого порядка. Исследуется погрешность аппроксимации построенных методов, проверяются условия сходимости.
2	Методы типа Адамса для решений дифференциальных уравнений первого порядка. Оценка погрешности, исследование сходимости. Явные и неявные методы типа Адамса.	Строятся простейшие методы типа Адамса для решений дифференциальных уравнений первого порядка. Исследуется погрешность аппроксимации построенных методов, проверяются условия сходимости.
3	Метод конечных разностей решения краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Исследование погрешности аппроксимации, устойчивости и сходимости разностных схем.	Для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка при различных краевых условиях строятся разностные схемы, исследуется погрешность аппроксимации, доказывается устойчивость с помощью метода энергетических неравенств
4	Решение краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений вариационными методами. Метод Рунге решения вариационных задач. Понятие о методе Галеркина	С помощью методов Рунге и Галеркина проводится построение разностных схем для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка при различных краевых условиях.
5	Метод конечных элементов решения краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Сравнение с методом конечных разностей.	С помощью метода конечных элементов проводится построение разностных схем для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка при различных краевых условиях.
6	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений эллиптического типа: аппроксимация дифференциальных уравнений и краевых условий, оценка погрешности аппроксимации, исследование сходимости. Построение разностных схем с помощью метода сумматорных тождеств.	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений эллиптического типа: оценка погрешности аппроксимации, исследование сходимости.

7	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений параболического типа: исследование устойчивости разностных схем. Некоторые приемы исследования устойчивости.	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений параболического типа: исследование устойчивости разностных схем.
8	Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений гиперболического типа: аппроксимация начальных условий, исследование устойчивости разностных схем методом энергетических неравенств.	Исследование устойчивости разностных схем для дифференциальных уравнений гиперболического типа.
9	Приближенные методы решения интегральных уравнений: решение уравнений Фредгольма методом замены интеграла конечной суммой; решение интегральных уравнений Фредгольма второго рода методом замены ядра на вырожденное; метод моментов; метод наименьших квадратов; метод последовательных приближений.	Метод моментов; метод наименьших квадратов; метод последовательных приближений.
2 семестр		
10	Схемы хранения разреженных матриц и элементы алгебры разреженных матриц.	Представление матрицы сеточной схемы для двумерного уравнения теплопроводности в обычном, разреженном строчном и ленточном формате хранения. Реализация экономичных алгоритмов алгебры разреженных матриц. Применение алгоритмов перенумерации узлов Катхилла-Макки и минимальной степени.
11	Прямые методы решения СЛАУ.	Численное решение одномерного уравнения конвекции-диффузии для с применением метода прогонки. Численное решение двумерного уравнения теплопроводности с применением метода тройной факторизации.
12	Итерационные методы решения СЛАУ.	Численное решение модельной эллиптической задачи с применением базовых стационарных и вариационных методов. Сравнение скорости сходимости. Численное исследование влияния параметра релаксации на скорости сходимости методов SOR и SSOR.
13	Быстрые нестационарные итерационные процессы.	Численное решение модельной эллиптической задачи с применением итерационных методов сопряженных направлений и чебышевского метода.
14	Предобуславливающие операторы (preconditioners).	Численное решение модельной задачи методом CGM с предобуславливателем Якоби. Построение предобуславливателей ILU и MILDU. Численное

		решение модельной задачи с сильно меняющимися коэффициентами методом CGM с предобуславливателями ILU и MILDU. Реализация масштабирования матрицы. Сравнение скорости сходимости.
15	Многосеточный метод.	Решение модельной эллиптической задачи методом двухсеточной коррекции. Численное решение модельной эллиптической задачи на прямоугольной равномерной сетке многосеточным геометрическим методом (V-циклы).

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю

уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Методы типа Рунге-Кутты для решений дифференциальных уравнений первого порядка.	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест
Методы типа Адамса для решений дифференциальных уравнений первого порядка.	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест
Метод конечных разностей решения краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка.	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест
Решение краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений вариационными методами.	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест
Метод конечных элементов решения краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка.	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест
Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений эллиптического типа	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест
Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений параболического типа	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест
Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений гиперболического типа	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест
Схемы хранения разреженных матриц и элементы алгебры разреженных матриц.	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест
Прямые методы решения СЛАУ.	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест
Итерационные методы решения СЛАУ.	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест
Быстрые нестационарные итерационные процессы.	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест

Предобуславливающие операторы (preconditioners).	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест
Многосеточный метод.	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2	Защита отчетных работ. Тест

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля

Примерные вопросы тестов:

Какой метод используется для приближенного вычисления корня уравнения?

Метод бисекции

Метод наименьших квадратов

Метод Эйлера

Метод простых итераций

Какой метод предназначен для численного интегрирования функций?

Метод сеток

Метод Фибоначчи

Метод трапеций

Метод Гаусса

Какой метод используется для решения систем линейных уравнений?

Метод средних квадратов

Метод Гаусса

Метод Рунге-Кутты

Метод Гаусса-Зейделя

Какой метод применяется для численного дифференцирования функций?

Метод Эйлера

Метод средних квадратов

Метод трапеций

Метод конечных разностей

Какой численный метод подходит для поиска глобального минимума функции?

Метод простых итераций

Метод Гаусса

Метод оптимизации симплексов

Метод трапеций

Какой метод применяется для решения обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка?

Метод Эйлера

Метод бисекции

Метод Рунге-Кутты

Метод Фибоначчи

Какой численный метод используется для решения краевых задач дифференциальных уравнений?

Метод простых итераций

Метод трапеций

Метод конечных элементов

Метод наименьших квадратов

Какой метод применяется для интерполяции функций?

Метод бисекции

Метод трапеций

Метод простых итераций

Метод наименьших квадратов

Какой метод используется для численного решения задачи Дирихле?

Метод Фибоначчи

Метод бисекции

Метод простых итераций

Метод конечных разностей

Какой численный метод применяется для решения интегральных уравнений?

Метод трапеций

Метод простых итераций

Метод коллокаций

Метод Эйлера

Какой метод используется для численного решения дифференциальных уравнений, заменяя их конечными разностями?

Метод конечных элементов

Метод Гаусса

Метод сеток

Метод Эйлера

Какой метод нахождения корней уравнения основан на поиске изменения знака функции в заданных интервалах?

Метод хорд

Метод Ньютона

Метод половинного деления

Метод касательных

Какой метод численного интегрирования основан на аппроксимации функции интерполяционным многочленом?

Метод прямоугольников

Метод трапеций

Метод Симпсона

Метод Гаусса

Какой метод численного решения систем линейных уравнений основан на последовательном исключении неизвестных?

Метод Гаусса

Метод Якоби

Метод Зейделя

Метод прогонки

Какой метод приближенного вычисления производной функции основан на разделении интервала и использовании конечных разностей?

Метод трапеций

Метод Симпсона

Метод Ньютона

Метод конечных разностей

Какой метод численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений основан на разделении времени на маленькие шаги?

Метод Эйлера

Метод Рунге-Кутты

Метод трапеций

Метод конечных разностей

Какой метод наилучшим образом приближает функцию на отрезке, используя многочлены высокой степени?

Метод касательных

Метод прямоугольников

Метод Симпсона

Метод наименьших квадратов

Какой метод решения задачи о собственных значениях матрицы основан на поиске ненулевого вектора, который при умножении на матрицу дает просто масштабирование вектора?

Метод Якоби

Метод Гаусса

Метод простых итераций

Метод степеней

Какой метод численного решения обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с неизвестной функцией?

Метод Ньютона

Метод Эйлера

Метод Рунге-Кутты

Метод трапеций

Какой метод предназначен для решения систем линейных уравнений?

Метод простых итераций

Метод наименьших квадратов

Метод Гаусса

Метод Эйлера

Какой метод решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений является одним из самых популярных?

Метод Эйлера

Метод простых итераций

Метод Рунге-Кутты

Метод сеток

Какой метод используется для численного поиска минимума или максимума функции?

Метод Ньютона

Метод сеток

Градиентный метод

Метод Гаусса

Какой численный метод используется для аппроксимации функции данных?

Метод бисекции

Метод трапеций

Метод простых итераций

Метод наименьших квадратов

Какой метод применяется для решения жестких систем дифференциальных уравнений?

Метод Эйлера

Метод трапеций

Метод Розенброка

Метод сеток

Какой численный метод используется для решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений?

Метод простых итераций

Метод трапеций

Метод конечных разностей

Метод Ньютона

Какой метод применяется для решения задачи оптимизации, если функция не имеет градиента?

Метод Гаусса

Градиентный метод

Метод Ньютона

Метод имитации отжига

Какой численный метод используется для решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона?

Метод бисекции

Метод трапеций

Метод простых итераций

Метод конечных элементов

Практическая работа № N

Цель работы: усвоить сущность и методы решения *линейного дифференциального уравнения 2-го порядка гиперболического типа*.

Численное решение дифференциального уравнения в частных производных предполагает получение двумерной числовой таблицы приближенных значений U_{ij} искомой функции $U(t,x)$ с заданной точностью для некоторых значений аргументов

$$x_j \in [a, b], t_i \in [c, d]$$

Численное решение таких дифференциальных уравнений возможно методами конечных разностей.

Погрешность решения, найденного этими методами, оценивается величиной $O(\tau^p, h^q)$, где p, q - порядок метода.

Задание.

Решить волновое уравнение

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = D \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + f(t, x)$$

явным методом и неявным методом второго порядка точности

Шаблон для явного метода:



Шаблон для неявного метода:



Вывести результаты в виде графиков $U(x)$ для разных значений t от 1 до 10 с шагом 1

Практическая работа № К

Цель работы: усвоить сущность и методы решения *линейного дифференциального уравнения 2-го порядка параболического типа*.

Численное решение дифференциального уравнения в частных производных предполагает получение двумерной числовой таблицы приближенных значений U_{ij} искомой функции $U(t, x)$ с заданной точностью для некоторых значений аргументов

$$x_j \in [a, b], t_i \in [c, d]$$

Численное решение таких дифференциальных уравнений возможно методами конечных разностей.

Погрешность решения, найденного этими методами, оценивается величиной $O(\tau^p, h^q)$, где p, q - порядок метода.

Задание.

Решить параболическое уравнение

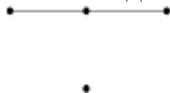
$$\frac{\partial U}{\partial t} = D \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}$$

явным методом и неявным методом.

Шаблон для явного метода:



Шаблон для неявного метода:



Вывести результаты в виде графиков $U(x)$ для разных значений t от 1 до 10 с шагом 1

Практическая работа № L

Цель работы:

усвоить методы решения *линейного дифференциального уравнения 2-го порядка эллиптического типа*.

Численное решение дифференциального уравнения в частных производных предполагает получение двумерной числовой таблицы приближенных значений U_{ij} искомой функции $U(x, y)$ с заданной точностью для некоторых значений аргументов

$$x_i \in [a, b], y_j \in [c, d]$$

Задание.

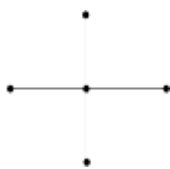
Решить эллиптическое уравнение

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = f(x, y)$$

методом 2-го порядка точности.

Сетки по x и по y взять равномерные.

Шаблон для разностной схемы:



Для решения разностных уравнений применить:

А) метод простой итерации

Б) метод Зейделя

Оценивать погрешность итераций с помощью сравнения двух последовательных приближений.

Взять сетки размерами 5×5 ячеек и 10×10 ячеек и сравнить полученные решения.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Методы типа Рунге-Кутты для решений дифференциальных уравнений первого порядка. Оценка погрешности.
2. Теорема о сходимости метода типа Рунге-Кутты для решений дифференциальных уравнений первого порядка.
3. Неявные методы типа Рунге-Кутты.
4. Методы типа Адамса для решений дифференциальных уравнений первого порядка. Оценка погрешности.
5. Теорема о сходимости методов типа Адамса для решений дифференциальных уравнений первого порядка.
6. Неявные методы типа Адамса.
7. Метод конечных разностей решения краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка.
8. Основные понятия теории разностных схем: аппроксимация, устойчивость и сходимость. Связь между ними.
9. Исследование погрешности аппроксимации, устойчивости и сходимости разностных схем.
10. Решение краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений вариационными методами.
11. Метод Ритца решения вариационных задач.
12. Понятие о методе Галеркина.
13. Метод конечных элементов решения краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка.
14. Сравнение метода конечных элементов с методом конечных разностей.
15. Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений эллиптического типа: аппроксимация дифференциальных уравнений и краевых условий.
16. Оценка погрешности аппроксимации, исследование сходимости.
17. Построение разностных схем решения краевых задач для дифференциальных уравнений эллиптического типа с помощью метода сумматорных тождеств.
18. Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений параболического типа.
19. Исследование устойчивости разностных схем с помощью принципа максимума.
20. Некоторые приемы исследования устойчивости.
21. Метод сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений гиперболического типа: аппроксимация начальных условий.
22. Исследование устойчивости разностных схем методом энергетических неравенств.
23. Приближенные методы решения интегральных уравнений: решение уравнений Фредгольма методом замены интеграла конечной суммой.

24. Решение интегральных уравнений Фредгольма второго рода методом замены ядра на вырожденное.
25. Решение интегральных уравнений с помощью метода моментов.
26. Решение интегральных уравнений с помощью метода наименьших квадратов;
27. Решение интегральных уравнений с помощью метода последовательных приближений

Вопросы для промежуточного контроля (экзамена)

1. Схемы хранения разреженных матриц и элементы алгебры разреженных матриц.
2. Связь топологии сеток и портретов матриц.
3. Алгоритм перенумерации узлов Катхилла-Макки и минимальной степени.
4. Ленточные матрицы.
5. Разреженный строчный формат хранения.
6. Прямые методы решения СЛАУ.
7. Метод прогонки для ленточных матриц.
8. Метод факторизации Холецкого и LDU-разложение.
9. Общая теория итерационных методов. Сведения из алгебры и функционального анализа.
10. Сеточные уравнения как матричные и операторные уравнения. Условия сходимости итерационных методов.
11. Стационарные итерационные методы: Рундсона, Якоби, Зейделя, простой итерации.
12. Метод наискорейшего спуска. Выбор оптимальных параметров.
13. Методы релаксации SOR, SSOR.
14. Метод сопряженных направлений (CG и его варианты).
15. Предобуславливатель Якоби.
16. Предобуславливатели: Неполное разложение Холецкого, модифицированное неполное разложение.
17. Предобуславливание и масштабирование.
18. Геометрический многосеточный метод.
19. Операторы сглаживания, ограничения и продолжения.
20. V и W циклы. Полный цикл MGM

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий</i>	отлично	зачтено	86-100

Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения</i>	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Максютлов, М. С. Численные методы и работа в параллельности : учебное пособие / М.С. Максютлов. — Москва : ИНФРА-М, 2025. — 355 с. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/2163327. - ISBN 978-5-16-020223-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2163327> (дата обращения: 05.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Семенистый, В. В. Применение численных методов для построения разностных моделей : учебное пособие / В. В. Семенистый, И. Э. Гамолина, В. В. Дурягина ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог :Издательство Южного федерального университета, 2021. - 119 с. - ISBN 978-5-9275-3765-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1894424> (дата обращения: 05.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025

- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Перспектив» (Договор с ООО Перспектив, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила
Канта»**
Высшая школа компьютерных наук и прикладной математики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы оптимизации»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: Мищук Богдан Ростиславович, к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины «Методы оптимизации».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Методы оптимизации».

Цель дисциплины: целью освоения дисциплины «Методы оптимизации» является изучение теории и освоение навыков работы с различными методами оптимизации предназначенными для работы с задачами различного типа.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1 - Приобретает и адаптирует математическое, естественнонаучные, социально-экономические, общетехнические знания и знания в области когнитивных наук для решения основных, нестандартных задач создания и применения искусственного интеллекта ОПК-1.2. - Решает основные, нестандартные задачи создания и применения искусственного интеллекта, в том числе в новой или незнакомой среде и с междисциплинарном контексте, с применением математических, естественно-научных, социально-экономических, общетехнических знаний и знаний в области когнитивных наук ОПК-1.3. - Проводит теоретическое и экспериментальное исследование объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	должен знать: - классификацию задач оптимизации; - теоретические положения, лежащие в основе построения методов решения; - основные методы решения типовых оптимизационных задач; должен уметь: формулировать и доказывать теоремы и свойства, математическими методами поиска оптимальных решений в задачах математического программирования, вариационного исчисления, составлять алгоритмы поиска решения задач, для дальнейшего программирования, самостоятельно решать задачи дисциплины; должен владеть: навыками практического использования методов вариационного исчисления и численных методов оптимизации при решении различных экстремальных задач и задач управления. должен демонстрировать способность и готовность: применять полученные знания в профессиональной деятельности

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы оптимизации» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки обучающихся.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы

обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в оптимизацию	1. Основные понятия: Целевая функция, переменные решения, ограничения. Локальный и глобальный минимум/максимум. Выпуклые и невыпуклые задачи. 2. Классификация задач оптимизации: Линейные (LP) vs. нелинейные (NLP). Детерминированные vs. стохастические. С ограничениями vs. без ограничений. 3. Примеры приложений: Экономика, инженерия, машинное обучение.
2	Одномерная оптимизация	1. Методы без использования производных: Метод дихотомии. Метод золотого сечения. Метод Пауэлла. 2. Градиентные методы: Метод Ньютона. 3. Сравнение методов: Скорость сходимости, устойчивость.
3	Многомерная оптимизация без ограничений	1. Градиентные методы: Метод наискорейшего спуска. Метод Ньютона и квазиньютоновские методы (BFGS). 2. Методы нулевого порядка: Метод Нелдера-Мида (симплексный метод). Метод Розенброка. 3. Стохастические методы: Алгоритмы случайного поиска.
4	Линейное программирование (LP)	1. Основы: Стандартная форма задачи LP. Геометрическая интерпретация (многогранник решений).

		2. Симплекс-метод: Базисные и небазисные переменные. Поиск опорного решения. 3. Двойственность в LP: Двойственная задача, теоремы двойственности
5	Нелинейное программирование (NLP)	1. Условия оптимальности: Условия Каруша-Куна-Таккера (ККТ). 2. Методы решения: Метод штрафных функций. Метод барьерных функций (логарифмические барьеры). 3. Квадратичное программирование (QP): Примеры и алгоритмы.
6	Выпуклая оптимизация	1. Основы выпуклого анализа: Выпуклые множества и функции. Теорема отделимости. 2. Задачи выпуклой оптимизации: Линейные, квадратичные и полуопределенные формы 3. Двойственность в выпуклых задачах: Лагранжева двойственность
7	Методы внутренней точки (Interior-Point)	1. История и идея метода: Преобразование задачи с ограничениями в задачу без ограничений. 2. Алгоритмы: Метод Ньютона для внутренней точки. Барьерные методы. 3. Применение к LP и QP
8	Глобальная оптимизация	1. Проблема локальных минимумов. 2. Детерминированные методы: Метод ветвей и границ. 3. Стохастические методы: Генетические алгоритмы. Имитация отжига (Simulated Annealing)
9	Стохастическая оптимизация	1. Методы для задач с шумом: Стохастический градиентный спуск (SGD). Методы Монте-Карло. 2. Оптимизация в условиях неопределённости: Робастная оптимизация. Стохастическое программирование
10	Современные методы и приложения	1. Метаэвристические алгоритмы. Роевой интеллект (PSO, ACO). Алгоритмы на основе природы (светлячки, пчелы) 2. Оптимизация в машинном обучении: Оптимизация гиперпараметров. Нейроэволюция. 3. Программные инструменты: MATLAB Optimization Toolbox, Python (SciPy, Pyomo), Gurobi
11	Практические аспекты оптимизации	1. Как выбрать метод: Критерии: размерность, гладкость функции, наличие ограничений. 2. Оценка сложности: Время работы, сходимость, устойчивость. 3. Валидация решений: Анализ чувствительности, проверка условий ККТ.
12	Дополнительные разделы оптимизации	1. Динамическая оптимизация: Принцип максимума Понтрягина. 2. Многокритериальная оптимизация: Парето-оптимальность, метод взвешенных сумм. 3. Оптимизация на графах: Кратчайшие пути, потоки в сетях

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Темы лекций
1	Введение в оптимизацию	Лекция 1 1. Основные понятия: Целевая функция, переменные решения, ограничения. Локальный и глобальный минимум/максимум. Выпуклые и невыпуклые задачи. 2. Классификация задач оптимизации: Линейные (LP) vs. нелинейные (NLP). Детерминированные vs. стохастические. С ограничениями vs. без ограничений. 3. Примеры приложений: Экономика, инженерия, машинное обучение.
2	Одномерная оптимизация	Лекция 2 1. Методы без использования производных: Метод дихотомии. Метод золотого сечения. Метод Пауэлла. 2. Градиентные методы: Метод Ньютона. 3. Сравнение методов: Скорость сходимости, устойчивость.
3	Многомерная оптимизация без ограничений	Лекция 3 1. Градиентные методы: Метод наискорейшего спуска. Метод Ньютона и квазиньютоновские методы (BFGS). 2. Методы нулевого порядка: Метод Нелдера-Мида (симплексный метод). Метод Розенброка. 3. Стохастические методы: Алгоритмы случайного поиска.
4	Линейное программирование (LP)	Лекция 4 1. Основы: Стандартная форма задачи LP. Геометрическая интерпретация (многогранник решений). 2. Симплекс-метод: Базисные и небазисные переменные. Поиск опорного решения. 3. Двойственность в LP: Двойственная задача, теоремы двойственности
5	Нелинейное программирование (NLP)	Лекция 5 1. Условия оптимальности: Условия Каруша-Куна-Таккера (ККТ).

		2. Методы решения: Метод штрафных функций. Метод барьерных функций (логарифмические барьеры). 3. Квадратичное программирование (QP): Примеры и алгоритмы.
6	Выпуклая оптимизация	Лекция 6 1. Основы выпуклого анализа: Выпуклые множества и функции. Теорема отделимости. 2. Задачи выпуклой оптимизации: Линейные, квадратичные и полуопределенные формы 3. Двойственность в выпуклых задачах: Лагранжева двойственность
7	Методы внутренней точки (Interior-Point)	Лекция 7 1. История и идея метода: Преобразование задачи с ограничениями в задачу без ограничений. 2. Алгоритмы: Метод Ньютона для внутренней точки. Барьерные методы. 3. Применение к LP и QP
8	Глобальная оптимизация	Лекция 8 1. Проблема локальных минимумов. 2. Детерминированные методы: Метод ветвей и границ. 3. Стохастические методы: Генетические алгоритмы. Имитация отжига (Simulated Annealing)
9	Стохастическая оптимизация	Лекция 9 1. Методы для задач с шумом: Стохастический градиентный спуск (SGD). Методы Монте-Карло. 2. Оптимизация в условиях неопределённости: Робастная оптимизация. Стохастическое программирование
10	Современные методы и приложения	Лекция 10-11 1. Метаэвристические алгоритмы Роевой интеллект (PSO, ACO). Алгоритмы на основе природы (светлячки, пчелы) 2. Оптимизация в машинном обучении: Оптимизация гиперпараметров. Нейроэволюция. 3. Программные инструменты: MATLAB Optimization Toolbox, Python (SciPy, Pyomo), Gurobi
11	Практические аспекты оптимизации	Лекция 13 1. Как выбрать метод?: Критерии: размерность, гладкость функции, наличие ограничений. 2. Оценка сложности: Время работы, сходимость, устойчивость.

		3. Валидация решений: Анализ чувствительности, проверка условий ККТ.
12	Дополнительные разделы оптимизации	Лекция 14 1. Динамическая оптимизация: Принцип максимума Понтрягина. 2. Многокритериальная оптимизация: Парето-оптимальность, метод взвешенных сумм. 3. Оптимизация на графах: Кратчайшие пути, потоки в сетях

Рекомендуемая тематика лабораторных занятий:

1. Решение задач безусловной оптимизации методом золотого сечения

- Лабораторная работа направлена на освоение численных методов поиска экстремума функции одной переменной без ограничений.

2. Поиск минимума функции с помощью градиентного спуска

- Работа предполагает изучение градиентных методов оптимизации и их применение для решения задач минимизации функции нескольких переменных.

3. Оптимизация с использованием метода Ньютона-Рафсона

- Студентам предлагается ознакомиться с квазиньютоновскими методами второго порядка и применить их для решения задач оптимизации.

4. Симплекс-метод для решения задач линейного программирования

- Лабораторная работа знакомит с одним из основных методов решения задач линейного программирования и его реализацией на компьютере.

5. Генетические алгоритмы для глобальной оптимизации

- В рамках лабораторной работы студенты осваивают идею эволюционных вычислений и применяют генетические алгоритмы для решения задач глобальной оптимизации.

6. Мультиобъектная оптимизация: Pareto Front и методы взвешивания критериев

- Работа посвящается вопросам многокритериальной оптимизации и построению фронта Парето для задач с несколькими целевыми функциями.

7. Двойственные задачи и теорема Куна-Таккера

- Работа ориентирована на изучение двойственности в задачах оптимизации и проверке условий оптимальности с помощью теоремы Куна-Таккера.

8. Stochastic Gradient Descent и его модификации

- Лабораторная работа предлагает студентам освоить методы стохастического градиентного спуска и их применения в задачах большого объема данных.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на лабораторных занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Лабораторные занятия.

На лабораторных занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных

работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в оптимизацию	ОПК-1	Опрос, выполнение лабораторных работ.
Одномерная оптимизация	ОПК-1	Опрос, выполнение лабораторных работ.
Многомерная оптимизация без ограничений	ОПК-1	Опрос, выполнение лабораторных работ.
Линейное программирование (LP)	ОПК-1	Опрос, выполнение лабораторных работ.
Нелинейное программирование (NLP)	ОПК-1	Опрос, выполнение лабораторных работ.
Выпуклая оптимизация	ОПК-1	Опрос, выполнение лабораторных работ.
Методы внутренней точки (Interior-Point)	ОПК-1	Опрос, выполнение лабораторных работ.
Глобальная оптимизация	ОПК-1	Опрос, выполнение лабораторных работ.
Стохастическая оптимизация	ОПК-1	Опрос, выполнение лабораторных работ.
Современные методы и приложения	ОПК-1	Опрос, выполнение лабораторных работ. Опрос, выполнение лабораторных работ.
Практические аспекты оптимизации	ОПК-1	Опрос, выполнение лабораторных работ.
Дополнительные разделы оптимизации	ОПК-1	Опрос, выполнение лабораторных работ.

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Примеры вопросов для устного опроса:

1. Введение в оптимизацию
 - Что такое оптимизация и зачем она нужна?
 - Какие основные типы задач оптимизации существуют?
 - В чем разница между локальным и глобальным оптимумом?
2. Линейное программирование
 - Что такое линейное программирование?
 - Как формулируется задача линейного программирования?
 - Какие методы решения задач линейного программирования существуют?
3. Нелинейное программирование
 - Что такое нелинейное программирование?
 - Какие методы решения задач нелинейного программирования существуют?
 - В чем разница между выпуклыми и невыпуклыми задачами?
4. Целочисленное программирование
 - Что такое целочисленное программирование?
 - Какие методы решения задач целочисленного программирования существуют?
 - В чем сложность задач целочисленного программирования?
5. Многокритериальная оптимизация
 - Что такое многокритериальная оптимизация?
 - Какие методы решения задач многокритериальной оптимизации существуют?
 - Что такое Парето-оптимальность?
6. Методы оптимизации
 - Что такое градиентный спуск?
 - Какие методы оптимизации первого порядка существуют?
 - Какие методы оптимизации второго порядка существуют?
7. Эвристические методы
 - Что такое генетические алгоритмы?
 - Какие эвристические методы оптимизации существуют?
 - В чем преимущества и недостатки эвристических методов?

Типовая лабораторная работа:

Лабораторная работа: Генетические алгоритмы для глобальной оптимизации

Цели лабораторной работы:

Изучение основ генетических алгоритмов: Понять основные принципы работы генетических алгоритмов, включая кодирование, селекцию, кроссовер и мутацию.

Применение генетических алгоритмов: Научиться применять генетические алгоритмы для решения задач глобальной оптимизации.

Анализ результатов: Научиться анализировать результаты работы генетического алгоритма и оценивать его эффективность.

Практическое программирование: Разработать и реализовать генетический алгоритм для решения конкретной задачи оптимизации.

Задания:

Теоретическая часть:

Изучить основные понятия генетических алгоритмов: хромосомы, популяции, селекция, кроссовер, мутация.

Ознакомиться с принципами работы генетических алгоритмов и их применением в задачах глобальной оптимизации.

Практическая часть:

Задание 1: Реализовать генетический алгоритм для решения задачи оптимизации функции одной переменной (например, функция Розенброка).

Требования: Кодирование хромосом, селекция (например, турнирная), кроссовер (например, односточечный), мутация (например, случайная).

Оценка: Оценка эффективности алгоритма по количеству итераций и качеству найденного решения.

Задание 2: Реализовать генетический алгоритм для решения задачи оптимизации функции нескольких переменных (например, функция Гриванка).

Требования: Использование более сложных методов селекции, кроссовера и мутации.

Оценка: Сравнение результатов с результатами задания 1.

Задание 3: Реализовать генетический алгоритм для решения задачи многокритериальной оптимизации (например, задача о рюкзаке).

Требования: Использование методов многокритериальной оптимизации, таких как Парето-оптимизация.

Оценка: Анализ Парето-фронта и сравнение с результатами однокритериальной оптимизации.

Анализ и отчетность:

Задание 4: Провести анализ результатов работы генетического алгоритма для всех задач.

Требования: Построение графиков зависимости качества решения от количества итераций, анализ влияния параметров алгоритма (размер популяции, вероятность кроссовера и мутации).

Оценка: Полнота и качество анализа.

Задание 5: Написать отчет о проделанной работе, включающий описание алгоритма, результаты экспериментов и выводы.

Требования: Структурированный отчет с описанием методов, результатов и выводов.

Оценка: Четкость и логичность изложения, корректность выводов.

Критерии оценки:

Теоретическая часть: 20%

Практическая часть: 60%

Анализ и отчетность: 20%

Примечание:

Лабораторная работа рассчитана на 4-6 часов работы. Студенты должны подготовить отчет и сдать его в электронном виде.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

Зачет выставляется по результатам защит лабораторных работ курса

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень.	отлично	зачтено	86-100

		Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает</i> <i>нижесостоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

9.1. Основная литература

1. Аттетков, А. В. Методы оптимизации : учебное пособие / А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. — Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2023. — 270 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI: <https://doi.org/10.12737/11456>. - ISBN 978-5-369-01037-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1930702> (дата обращения: 04.01.2025). – Режим доступа: по подписке.
2. Поляков, В. М. Методы оптимизации : учебное пособие / В. М. Поляков, З. С. Агаларов. - 2-е изд. - Москва : Дашков и К, 2022. - 86 с. - ISBN 978-5-394-05003-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1926409> (дата обращения: 04.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

9.2. Дополнительная литература

1. Алексеев, В. М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В. М. Алексеев, Э. М. Галеев, В. М.

Тихомиров. - 3-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 256 с. - ISBN 978-5-9221-0992-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/544748> (дата обращения: 04.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Проспект» (Договор с ООО Проспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Разработка параллельного и распределенного программного обеспечения»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий» Савельев В.И..

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины **«Разработка параллельного и распределенного программного обеспечения»**.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Разработка параллельного и распределенного программного обеспечения».

Целью освоения дисциплины (модуля) «Разработка параллельного и распределенного программного обеспечения» является формирование способности разрабатывать алгоритмы параллельных и распределенных вычислений, разрабатывать и модернизировать программное обеспечение, служащее для поддержки параллельной и распределенной обработки информации в информационных и автоматизированных системах, разрабатывать компоненты комплексов параллельной и распределенной обработки информации и автоматизированного проектирования.

Задачами освоения дисциплины (модуля) являются формирование у обучающихся:

- знания назначения, архитектуры и принципов функционирования аппаратно-программных средств высокопроизводительной параллельной обработки информации;
- знания языков и технологий параллельного и распределенного программирования;
- навыков параллельной декомпозиции вычислительных задач;
- способности осуществлять проектирование, реализацию и сопровождение программных компонентов параллельных и распределенных вычислительных систем для решения научно-технических задач в различных сферах профессиональной деятельности.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-4 - Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	ОПК-4.1. – Адаптирует известные научные принципы и методы исследований с целью их практического применения ОПК-4.2. – Решает профессиональные задачи на основе применения новых научных принципов и методов исследований ОПК-4.3. - Использует современные подходы к верификации ПО в профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	Знает современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач Умеет обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач Имеет практический навык использования методов разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач

ПК-2 - Способен разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.1. - Разрабатывает концептуальные и теоретические модели ПК-2.2. - Проводит экспериментальную проверку концептуальных и теоретических моделей	Знает аппаратные средства и платформы инфраструктуры информационных технологий, виды, назначение, архитектуру, методы разработки и администрирования программно-аппаратных комплексов объекта профессиональной деятельности. Умеет анализировать техническое задание, разрабатывать и оптимизировать программный код для решения задач обработки информации и автоматизированного проектирования Имеет практический навык владения методами составления технической документации по использованию и настройке компонентов программно-аппаратного комплекса
--	---	---

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Разработка параллельного и распределенного программного обеспечения» представляет собой дисциплину обязательной части ОПОП.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе, может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала

в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Виды и уровни параллельности, их реализация в общедоступных компьютерных архитектурах и системах программирования.	1.1 Обоснование необходимости и ограничения параллельных вычислений. 1.2 Виды и уровни параллелизма. 1.3 Наблюдение Мура. 1.4 Закон Амдала. 1.5 Классификация параллельных вычислительных систем. 1.6 Таксономия Флинна
2	Профилирование параллельных программ	2.1 Моделирование и анализ параллельных вычислений. 2.2 Показатели качества параллельных алгоритмов: ускорение, масштабируемость, пропускная способность. 2.3 Оценка вычислительной и коммуникационной трудоемкости алгоритма. 2.4 Алгоритмы, ограниченные памятью (memory-bound) и вычислениями (compute-bound)
3	Многопоточная обработка в SMP	3.1 Симметричные мультипроцессорные системы. 3.2 Интерфейс OpenMP. 3.3 Средства организации многопоточности в современных языках программирования, фреймворки и библиотеки времени исполнения
4	Распределенная обработка в MPP	4.1 Системы с массовым параллелизмом. 4.2 Обмен сообщениями как основа межпроцессорных коммуникаций в системах с распределенной памятью. 4.3 Интерфейс MPI, группы процессов и коммутаторы, двухточечные и коллективные обмены. 4.4 Вычислительная парадигма MapReduce, фреймворк Apache Hadoop.
5	Векторная обработка средствами SIMD и GPU	5.1 Векторные процессоры и наборы инструкций. 5.2 Вычислительная SIMD-модель на основе наборов инструкций MMX/SSE/AVX. 5.3 Оптимизирующие компиляторы с автоматической генерацией SIMD-инструкций. 5.5 Аппаратура и программные интерфейсы для организации вычислений общего назначения на основе GPU. 5.6 Платформа Nvidia CUDA. 5.7 Стандарт OpenCL.

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Темы лекций
1	Виды и уровни параллельности, их реализация в общедоступных компьютерных архитектурах и системах программирования.	1.1 Обоснование необходимости и ограничения параллельных вычислений. 1.2 Виды и уровни параллелизма. 1.3 Наблюдение Мура. 1.4 Закон Амдала. 1.5 Классификация параллельных вычислительных систем. 1.6 Таксономия Флинна
2	Профилирование параллельных программ	2.1 Моделирование и анализ параллельных вычислений. 2.2 Показатели качества параллельных алгоритмов: ускорение, масштабируемость, пропускная способность. 2.3 Оценка вычислительной и коммуникационной трудоемкости алгоритма. 2.4 Алгоритмы, ограниченные памятью (memory-bound) и вычислениями (compute-bound)
3	Многопоточная обработка в SMP	3.1 Симметричные мультимикропроцессорные системы. 3.2 Интерфейс OpenMP. 3.3 Средства организации многопоточности в современных языках программирования, фреймворки и библиотеки времени исполнения
4	Распределенная обработка в MPP	4.1 Системы с массовым параллелизмом. 4.2 Обмен сообщениями как основа межпроцессорных коммуникаций в системах с распределенной памятью. 4.3 Интерфейс MPI, группы процессов и коммутаторы, двухточечные и коллективные обмены. 4.4 Вычислительная парадигма MapReduce, фреймворк Apache Hadoop.
5	Векторная обработка средствами SIMD и GPU	5.1 Векторные процессоры и наборы инструкций. 5.2 Вычислительная SIMD-модель на основе наборов инструкций MMX/SSE/AVX. 5.3 Оптимизирующие компиляторы с автоматической генерацией SIMD-инструкций. 5.5 Аппаратура и программные интерфейсы для организации вычислений общего назначения на основе GPU. 5.6 Платформа Nvidia CUDA. 5.7 Стандарт OpenCL.
6	Гибридная модель параллельного программирования	

Рекомендуемая тематика практических занятий:

1. Скалярная, конвейерная и параллельная обработка данных.
2. Классификация параллельных вычислительных систем. Взаимосвязь классификаций Флинна, Хокни, Фенга, Хендлера, Шнайдера, Скилликорна.

3. Эффективность параллельных вычислений, пиковая и реальная производительность.
4. Показатели качества параллельных алгоритмов: ускорение, масштабируемость, пропускная способность.
5. Декомпозиция задач и данных. Параллельные формы графов алгоритмов.
6. Паттерны параллельного программирования.
7. Топологии связей процессоров.
8. Параллельные вычислительные системы с общей памятью.
9. Параллельные вычислительные системы с распределенной памятью.
10. Вычислительные кластеры. Концепция GRID и метакомпьютинг.
11. Высокопроизводительные гетерогенные вычислительные системы.
12. Обзор современного состояния и перспектив развития суперкомпьютерных вычислений.
13. Современные языки, фреймворки и библиотеки параллельного программирования.
14. Профилирование и оптимизация производительности параллельных вычислений. Обзор инструментария Intel Parallel Studio.
15. Универсальные вычисления на GPU. Обзор вычислительной платформы Nvidia CUDA.
16. Пакетно-ориентированная распределенная обработка больших массивов данных на основе парадигмы MapReduce. Обзор экосистемы Apache Hadoop.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме

самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Виды и уровни параллельности, их реализация в общедоступных компьютерных архитектурах и системах программирования.	ОПК-4 ПК-2	Тестирование, практическое задание
Профилирование параллельных программ	ОПК-4 ПК-2	Тестирование, практическое задание
Многопоточная обработка в SMP	ОПК-4 ПК-2	Тестирование, практическое задание
Распределенная обработка в MPP	ОПК-4 ПК-2	Тестирование, практическое задание
Векторная обработка средствами SIMD и GPU	ОПК-4 ПК-2	Тестирование, практическое задание

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля

Примеры вопросов для устного опроса:

1.

Примерные вопросы тестов:

Каковы признаки распределенной системы?

- (1) система состоит из отдельных слабо связанных сущностей (узлов/процессов/компьютеров), каждый из которых имеет собственную локальную память**
- (2) система имеет только одно вычислительное устройство (процессор/узел)
- (3) система состоит из отдельных сущностей (узлов/процессов/компьютеров), соединенных посредством некоторой сети**
- (4) система имеет одно адресное пространство для всех устройств, входящих в нее

Выберите верные утверждения.

- (1) реляционные СУБД характеризуются на фиксированной схемой данных**
- (2) реляционные СУБД не поддерживают язык запросов SQL
- (3) для работы с реляционными СУБД необходимо обладать информацией о физическом уровне хранения данных
- (4) в реляционных СУБД данные хранятся построчно**

Чем характеризуется concurrent-программа?

- (1) программа порождает процессы, выполняющиеся "одновременно"**
- (2) программа порождает не более одного процесса за весь цикл своего выполнения
- (3) программа может быть исполнена только на нескольких вычислительных машинах, соединенных сетью
- (4) программа может быть исполнена только на ЭВМ с несколькими физическими процессорами

Чем характеризуется многопроцессность (concurrency) в контексте параллельных вычислений?

- (1) **обеспечение минимального времени выполнения одной программы**
- (2) первичность пропускной способности
- (3) **не требуется обеспечение максимальной изоляции процессов друг от друга**
- (4) обеспечение как можно более равномерного распределения ресурсов между процессами

Какой из стандартов параллельного программирования предназначен для использования в системах с общей памятью?

- (1) **OpenMP**
- (2) MPI
- (3) OpenMPI
- (4) MPICH

Какая базовая структура данных стоит в основе модели MapReduce?

- (1) **пара (ключ, значение)**
- (2) бинарное дерево
- (3) массив произвольной длины
- (4) функция высшего порядка

Что такое сокет в распределенной системе?

- (1) протокол обмена сообщениями в распределенных хранилищах данных
- (2) вид топологии файлообменной сети
- (3) **коммуникационный канал (программный интерфейс) для взаимодействия распределенных процессов**
- (4) специализированный инструмент для сериализации структур данных

Что характерно для горизонтального масштабирования?

- (1) увеличение производительности каждого отдельного узла
- (2) **разбиение системы на более мелкие структурные элементы**
- (3) **репликация выполнения одной задачи на различных узлах**
- (4) уменьшение количества узлов в системе

Каким образом в языке Java можно реализовать многопоточную программу?

- (1) **путем наследования класса Thread в пользовательских классах**
- (2) путем наследования класса Run в пользовательских классах
- (3) **путем реализации классов на основе интерфейса Runnable**
- (4) путем реализации интерфейса Thread

Симметричный мультипроцессор характеризуется

- (1) **однородным доступом к памяти всех процессорных устройств**
- (2) доступом каждого процессорного устройства к отдельной части физически распределенной памяти
- (3) неоднородным доступом к памяти всех процессорных устройств
- (4) однородным доступом части процессорных устройств к части общей памяти

К какой модели программирования относится модель, в которой все исполнители (потoki/процессоры) запускают одну программу, а разделение логики между ними основано на уникальных идентификаторах исполнителей?

- (1) MPI
- (2) Loop Parallelism

(3) SPMD

(4) Master/Worker

Выберите верное утверждение.

- (1) функция reduce не имеет реализации в функциональных языках программирования
- (2) функция reduce является функцией высшего порядка**
- (3) функция reduce не имеет реализации в объектно-ориентированных языках программирования
- (4) функция reduce в качестве одного из аргументов может принимать структуру данных перечислимого типа, не являющуюся списком**

Каким образом удастся реализовать идентификацию клиентом сервера в случае изменяющегося IP-адреса сервера?

- (1) через установку уникального признака для сервера и использование службы имен или каталогов (статических) для его идентификации клиентом**
- (2) через инициализацию сервера по его IP-адресу и номеру порта
- (3) через рассылку сообщений в мультикаст-группу в локальной сети**
- (4) через инициализацию сервера по его статическому DNS и номеру порта**

Какая из баз данных работает на основе стека Hadoop?

- (1) HBase**
- (2) Dynamo
- (3) Bigtable
- (4) Cassandra

Что характерно для взаимного исключения (mutual exclusion) в многопоточной программе?

- (1) обеспечение атомарности выполнения критической секции**
- (2) обеспечение свободного доступа всех потоков к одной области в пространстве регистров
- (3) потоки ожидают освобождения занятой выполняющимся потоком секции**
- (4) выполнение критической секции более чем одним потоком

Выберите условия реализуемости расписания параллельного алгоритма.

- (1) на каждой вычислительной единице все операции выполняются одна за другой**
- (2) количество операций, выполняющихся на каждом вычислительном устройстве, постоянно
- (3) вычислительные устройства, выполняющие разные операции, не могут обмениваться информацией между собой
- (4) каждая операция выполняется не более чем на одном вычислительном устройстве**

Для чего применяется Java Fork/Join Framework?

- (1) распараллеливание рекурсивных вычислений**
- (2) распараллеливание линейных вычислений
- (3) распараллеливание задач с независимыми заданиями
- (4) реализация принципа "Divide and Conquer" на рекурсивных данных**

Выберите реализации MapReduce для систем с распределенной памятью.

- (1) Phoenix
- (2) Google MapReduce**

(3) Yandex MapReduce

(4) Apache Hadoop

В чем отличия удаленного вызова процедуры от локального вызова?

(1) при RPC в общем случае не известно, была ли вызвана процедура

(2) при локальном вызове процедур не гарантируется семантика "не более одного вызова"

(3) удаленный вызов может не состояться по непредсказуемым причинам

(4) при RPC гарантируется корректное совершение вызова

Выберите верные утверждения о физической модели данных в HBase.

(1) строки таблицы неупорядочены

(2) пустые ячейки не хранятся

(3) нет встроенных типов данных

(4) данные семейств колонок хранятся совместно

Метод sleep (язык Java)

(1) определяет, выполняется ли поток

(2) останавливает выполнение только главного потока

(3) приостанавливает выполнение потока на заданное время

(4) определяет состояние потока

Что такое эффективность параллельного алгоритма?

(1) отношение ускорения алгоритма к количеству процессоров

(2) произведение минимального времени выполнения параллельного алгоритма и количества процессоров

(3) отношение размера входных данных к размеру выходных данных

(4) суммарное время, затрачиваемое всеми процессорами на выполнение алгоритма

Какая директива маркирует начало параллельной секции (OpenMP, язык C)?

(1) #pragma parallel

(2) #pragma init

(3) #pragma omp parallel

(4) #pragma mp start

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Способы параллельной обработки данных.
2. Закон Амдала, гипотеза Минского.
3. Ускорение и эффективность.
4. Компьютеры с общей памятью.
5. Компьютеры с распределенной памятью.
6. Векторно-конвейерные компьютеры.
7. Grid-системы и метакомпьютинг.
8. Информационная зависимость. Граф информационных зависимостей.
9. Концепция неограниченного параллелизма.
10. Крупноблочное распараллеливание.
11. Низкоуровневое распараллеливание. Разбиение итераций цикла.
12. Технология программирования OpenMP.
13. Система программирования MPI. (Общие функции. Функции передачи сообщений).

Тупиковые ситуации. Коллективные взаимодействия процессов. Пересылка разнотипных данных.)

14. Основные отличия между GPU и CPU.
15. Архитектура GPU.
16. Что такое CUDA?
17. Нити, блоки. Варп.
18. Типы памяти CUDA.
19. Гибридная модель параллельного программирования.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий</i>	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения</i>	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70

Недостаточный	Отсутствие признаков	неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55
---------------	----------------------	---------------------	------------	----------

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

Основная литература

1. Федотов, И. Е. Параллельное программирование. Модели и приемы : практическое пособие / И. Е. Федотов. - Москва : СОЛОН-Пресс, 2020. - 390 с. - (Серия «Библиотека профессионала»). - ISBN 978-5-91359-222-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1858781> (дата обращения: 19.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Барский, А. Б. Планирование виртуальных вычислений : учеб. пособие / А.Б. Барский. — М. : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2018. — 200 с. — (Высшее образование). — www.dx.doi.org/10.12737/19901. - ISBN 978-5-8199-0655-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/966062> (дата обращения: 19.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Прспект» (Договор с ООО Прспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Компьютерные технологии в математическом моделировании»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: к.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий» Квитко Г.В.

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины **«Компьютерные технологии в математическом моделировании»**.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Компьютерные технологии в математическом моделировании».

Цель дисциплины: освоение базовых принципов использования систем компьютерной математики в математическом моделировании.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты	ПК-1.1. - Планирует проведение научных исследований в разных предметных областях ПК-1.2. - Создает математические модели для проведения научных исследований в разных предметных областях ПК-1.3. - Разрабатывает компьютерные модели и анализирует полученные новые научные и прикладные результаты	В результате освоения дисциплины студент должен Знать основные возможности систем компьютерной математики; Уметь использовать системы компьютерной математики в математическом моделировании; Демонстрировать способность и готовность к построению, исследованию и представлению математических моделей с помощью систем компьютерной математики
ПК-2 - Способен разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.1. - Разрабатывает концептуальные и теоретические модели ПК-2.2. - Проводит экспериментальную проверку концептуальных и теоретических моделей	

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Компьютерные технологии в математическом моделировании» представляет собой дисциплину обязательной части ОПОП.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в

период аттестации. Контактная работа, в том числе, может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Основы работы в СКМ Maple	Краткая характеристика систем класса Maple. Установка Maple. Интерфейс пользователя Maple. Понятие о символьных (аналитических) вычислениях. Создание нового документа. Работа с математическими выражениями и функциями. Решение задач математического анализа, решение дифференциальных уравнений, работа с графикой и анимацией.
2	Пакеты прикладных команд в СКМ Maple	Пакеты для решения задач линейной алгебры, теории вероятностей, вариационного исчисления. Пакет планиметрии geometry. Пакет стереометрии geom3d. Пакет функций теории графов networks. Пакет работы с тензорами tensor. Подпакет линейной алгебры Linear Algebra. Средства визуализации векторных и матричных понятий
3	Программирование в СКМ Maple	Рассмотрение особенностей СКМ Maple как среды программирования. Автоматизация вычислений с помощью программирования. Типы данных, переменные, условный оператор, логические операции, циклы, списки, массивы, последовательности. Способы генерации случайных чисел в Maple. Реализация циклов for, while. Вложенные циклы. Генерация последовательностей seq.
4	Пользовательские процедуры	Синтаксис, входные параметры (обязательные, необязательные), локальные и глобальные переменные, вывод данных из процедуры, рекурсии. Разработка процедур в Maple, общий синтаксис. Реализация рекурсивного вызова процедур и использование рекурсий для генерации графических

		объектов. Решение типичных задач программирования в СКМ Maple
5	Графика и анимация в СКМ Maple	Работа с двухмерной и трехмерной графикой, параметры вывода графических объектов. Визуализация результатов вычислений с помощью графических и анимационных средств. Команды pointplot, line, spacecurve, animate. Параметры цвета и типа графики: COLOR(RGB), countourplot, dencityplot, wirefram, transparent. Создание анимации с помощью команд seq, display. Размещение 2d и 3d графики на одном рисунке. Анимация камеры flythrough. Подпись осей. Экспорт графики.
6	Программирование Maplet	Основы создания Maplet. Реализация базовых элементов управления в Maplet. Представление результатов математического моделирования с помощью технологии Maplet. Интеграция элементов управления анимацией в Maplet. Создание многооконных интерактивных приложений. Синтаксис, базовые элементы ввода/вывода, настройки окна Maplet, использование процедур в Maplet, анимация в Maplet

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Основы работы в СКМ Maple	Лекция 1. Краткая характеристика систем класса Лекция 2. Понятие о символьных (аналитических) вычислениях. Создание нового документа. Работа с математическими выражениями и функциями.
2	Пакеты прикладных команд в СКМ Maple	Лекция 3. Пакеты для решения задач линейной алгебры, теории вероятностей, вариационного исчисления. Лекция 4. Средства визуализации векторных и матричных понятий
3	Программирование в СКМ Maple	Лекция 5. Рассмотрение особенностей СКМ Maple как среды программирование. Лекция 6. Способы генерации случайных чисел в Maple.
4	Пользовательские процедуры	Лекция 7. Синтаксис, входные параметры (обязательные, необязательные), локальные и глобальные переменные, вывод данных из процедуры, рекурсии. Лекция 8. Решение типичных задач программирования в СКМ Maple
5	Графика и анимация в СКМ Maple	Лекция 9. Работа с двухмерной и трехмерной графикой, параметры вывода графических объектов. Лекция 10. Визуализация результатов вычислений с помощью графических и анимационных средств.

6	Программирование Maple	Лекция 11. Основы создания Maple. Р Лекция 12. Создание многооконных интерактивных приложений.
---	------------------------	---

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

№	Наименование раздела	Темы практического занятия
1	Построение графических объектов в системе Maple	Построение графиков функций. Пакеты plots, plottools
2	Создание пользовательских процедур в системе Maple	Разработка процедур в Maple, общий синтаксис.
3	Создание анимаций в системе Maple	Принципы создания анимаций в Maple. Примеры простейших анимаций
4	Реализация основных алгоритмических структур в системе Maple	Условный оператор, оператор выбора, циклы
5	Работа с последовательностями и массивами	Генерация последовательностей и массивов в Maple. Анимация как последовательность кадров.
6	Генерация случайных чисел	Способы получения случайных чисел в Maple.
7	Анимация процедуры вычисления интеграла	Разработка анимированной модели вычисления определенного интеграла.
8	Анимация процедуры вычисления предела последовательности	Разработка анимированной модели вычисления предела числовой последовательности.
9	Аналитическое и численное решение ОДУ в системе Maple	Аналитическое и точное решение ОДУ и их систем в СКМ Maple. Различные способы представления решений ОДУ и их систем с помощью Maple.
10	Моделирование колебаний математического маятника	Создание интерактивной модели колебаний математического маятника
11	Моделирование колебаний пружинного маятника	Создание интерактивной модели колебаний пружинного маятника
12	Моделирование падения тела, брошенного под углом к горизонту	Создание интерактивной математической модели падения тела, брошенного под углом к горизонту.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-

педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основы работы в СКМ Maple	ПК-1 ПК-2	Проверка практической работы, тест
Пакеты прикладных команд в СКМ Maple	ПК-1 ПК-2	Проверка практической работы, тест
Программирование в СКМ Maple	ПК-1 ПК-2	Проверка практической работы, тест
Пользовательские процедуры	ПК-1 ПК-2	Проверка практической работы, тест
Графика и анимация в СКМ Maple	ПК-1 ПК-2	Проверка практической работы, тест
Программирование Maple	ПК-1 ПК-2	Проверка практической работы, тест

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Примеры вопросов для устного опроса:

1. Какой пакет следует загрузить перед решением задач линейной алгебры в Maple?
2. С помощью какой команды можно ввести вектор?
3. С помощью какой команды можно ввести матрицу?
4. Каким двумя командами можно сложить два вектора одинаковой размерности (2 матрицы)?
5. Какие виды произведений векторов вычисляются в Maple и какие команды для этого используются?
6. Как вычислить угол между двумя векторами?
7. Как вычислить норму вектора?
8. Какими двумя командами можно вычислить произведение двух матриц (или матрицы на вектор)?
9. Какая команда используется для нахождения определителя?
10. Какая команда используется для нахождения минора?
11. Какая матрица называется обратной и какими способами она вычисляется в Maple?
12. Какая матрица называется транспонированная?
13. Что такое команды прямого и отложенного исполнения? Опишите их действия.
14. С помощью какой команды вычисляются пределы? Какие у нее параметры?
15. Какие параметры используются для вычисления односторонних пределов?
16. Какие команды позволяют найти производную функции?

17. Какие команды производят аналитическое и численное интегрирование? Опишите их параметры.
18. Как задать вычисление производных старших порядков?
19. Как найти двойной, тройной интеграл?
20. Какая универсальная команда применяется для решения уравнений?
21. Какая команда применяется для численного решения уравнений?
22. Какая команда используется для построения графиков?
23. Какие параметры применяются для задания толщины линии и цвета?
24. Какие параметры применяются для задания стиля и типа линии и стиля символа?
25. Какие команды применяются для задания типа координатных осей и надписей на них?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Построение графических объектов в системе Maple
2. Создание пользовательских процедур в системе Maple
3. Создание анимаций в системе Maple
4. Реализация основных алгоритмических структур в системе Maple
5. Генерация случайных чисел
6. Анимация процедуры вычисления интеграла
7. Анимация процедуры вычисления предела последовательности
8. Анимация вычисления производной
9. Аналитическое и численное решение ОДУ в системе Maple
10. Моделирование колебаний математического маятника
11. Моделирование колебаний пружинного маятника
12. Моделирование падения тела, брошенного под углом к горизонту в среде с сопротивлением

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает низестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в	<i>Включает низестоящий уровень.</i> Способность собирать,	хорошо		71-85

	более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Плохотников, К. Э. Базовые разделы математики для бакалавров в среде MATLAB: учебное пособие / Плохотников К.Э., - 2-е изд. - Москва :НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 1114 с. (Высшее образование)ISBN 978-5-16-106605-8 (online). - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/966050> (дата обращения: 06.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Бышов, Н.В. Лабораторный практикум «Применение ЭВМ в инженерных расчетах» (универсальная система компьютерной математики MathCAD) [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / Н.В. Бышов, В.А. Ксендзов. - Рязань : ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», 2014. - 184 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/517465> (дата обращения: 08.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)

- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Прспект» (Договор с ООО Прспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Особенности управления проектами в профессиональной деятельности»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград

2025

Лист согласования

Составитель: д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий» Зинин Л.В.

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины **«Особенности управления проектами в профессиональной деятельности»**.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Особенности управления проектами в профессиональной деятельности».

Цель дисциплины: формирование совокупности теоретических знаний и практических навыков, связанных с пониманием роли проекта в организации в сфере закупок, основных положений современной концепции управления проектами, техники управления проектами с использованием экономико-математических методов.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-2 – Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1. - Использует различные виды ресурсов и ограничений для решения проектных задач УК-2.2. - Планирует проектную деятельность, управляет проектом на всех этапах его жизненного цикла, учитывая имеющиеся ресурсы, ограничения и действующие правовые нормы	Знать: - основные понятия и теорию, историю, тенденции развития области управления проектами и информационными рисками; - методики выявления и расчета информационных рисков; - стадии формирования проектной команды, роли в команде, способы поддержания баланса интересов заинтересованных сторон; - методы планирования и разукрупнения задач проекта, качественной и количественной оценки информационных рисков в проектной деятельности; - методы выполнения патентного поиска при создании инновационных продуктов в области профессиональной деятельности; - принципы лицензирования и защиты авторских прав при создании инновационных продуктов в области профессиональной деятельности.
УК-3 – Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	УК-3.1. - Знает стадии формирования проектной команды, способы поддержания баланса интересов участников команды УК-3.2. - Умеет разрабатывать командную стратегию для достижения поставленной цели	Уметь: - применять на практике методы планирования и проектирования проектных работ и систем управления; - выбирать подходящий метод оценки и расчета рисков; - составлять проектную документацию;
УК-5 – Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	УК-5.1. Определяет особенности межкультурной коммуникации в условиях современного поликультурного пространства УК-5.2. Умеет осуществлять коммуникацию с представителями иных национальностей и конфессий в процессе межкультурного взаимодействия	

ПК-4 - Способен управлять проектами, планировать научно-исследовательскую деятельность, анализировать риски, управлять командой проекта	ПК-4.1. - Руководит проектами в области математического и компьютерного моделирования ПК-4.2. Планирует как персональную, так и командную научно-исследовательскую деятельность с учетом выявленных рисков	- осуществлять планирование и управление проектом, в т.ч. с использованием современного программного обеспечения; Владеть на практике: - методами патентных исследований при создании инновационных продуктов в области профессиональной деятельности; - процессом лицензирования и защиты авторских прав при создании инновационных продуктов в области профессиональной деятельности.
---	---	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «**Особенности управления проектами в профессиональной деятельности**» представляет собой дисциплину обязательной части ОПОП.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе, может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в управление проектами	Проект, его характеристики. Проекты и операционная деятельность компаний. Типология проектов. Проекты

		и развитие компаний. Место проектов в иерархии миссии, целей и стратегии компаний. Требования к целям проектов.
2	Проект как объект управления	Состояние и развитие управления проектами. Международные и национальные стандарты управления проектами. Системное представление управления проектами. Экспертные области управления проектами.
3	Основные вехи управления проектом	Понятия жизненного цикла и фаз проекта. Общая структура жизненного цикла проекта. Ключевые элементы и факторы успеха фаз проекта. Примеры построения жизненных циклов проектов. Процессы управления проектом.
4	Инициация и старт проекта	Процессный подход в управлении проектами. Этапы (фазы) управления проектами. Классификация проектов. Процессы инициации. Процессы планирования. Документация в управлении проектами.
5	Структура разбиения работ (СРР)	Понятие «содержание проекта». Процессы управления содержанием проекта. Сбор требований по содержанию. Описание содержания. Структура декомпозиции работ проекта. Подходы и принципы разработки структуры декомпозиции работ проекта. Управление содержанием проекта.
6	Взаимосвязь работ	Временные параметры проекта. Процессы управления сроками проекта. Определение операций (задач) проекта. Инструменты определения операций проекта.
7	Планирование проекта. Диаграмма Ганта	Определение последовательности операций. Виды связей. Сетевая модель. Оценка длительности операций. Расписание проекта. Диаграмма Ганта. Управление расписанием проекта.
8	Организационная структура проекта	Проект в системе управления организацией. Ролевая структура проекта. Основные понятия: программа, управление программой проектом. Основные понятия: портфель проектов, управление портфелем. Организация проектного управления.
9	Кадровая потребность проектной команды	Процессы управления человеческими ресурсами проекта. Формирование команды проекта. Развитие команды проекта. Мотивация членов команды проекта. Лидерство в управлении проектом. Разрешение конфликтов в команде.
10	Управление коммуникациями проекта	Процессы управления коммуникациями в проекте. Планирование коммуникаций. Инструменты коммуникаций. Виды проектных совещаний.
11	Управление рисками проекта	Понятие «риск». Реестр рисков. Классификация рисков проекта. Анализ и оценка риска проекта. Качественный и количественный анализ рисков. Стратегии управления рисками.
12	Управление качеством продукта проекта	Понятие качества и управления качеством проекта. Процессы управления качеством в проектах: планирование, обеспечение, контроль. Инструменты управления качеством проекта.

13	Управление качеством управления проектом	Понятие и виды стейкхолдеров проекта. Сущность управления стейкхолдерами проекта. Идентификация и ранжирование стейкхолдеров. Виды стратегий взаимодействия со стейкхолдерами. Методы реализации стратегий взаимодействия.
14	Завершение проекта	Завершение проекта, различные сценарии. Структура работ при завершении. Ответственность за работы при завершении проекта. Документация проектной деятельности.

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Темы лекций
1	Введение в управление проектами. Проект как объект управления	Лекция 1. Проект, его характеристики. Состояние и развитие управления проектами.
2	Основные вехи управления проектом	Лекция 2. Понятия жизненного цикла и фаз проекта. Процессы управления проектом.
3	Инициация и старт проекта	Лекция 3. Процессный подход в управлении проектами. Этапы (фазы) управления проектами.
4	Структура разбиения работ (СРР)	Лекция 4. Понятие «содержание проекта». Структура декомпозиции работ проекта.
5	Взаимосвязь работ	Лекция 5. Временные параметры проекта.
6	Планирование проекта. Диаграмма Ганта	Лекция 6. Определение последовательности операций. Диаграмма Ганта. Управление расписанием проекта.
7	Организационная структура проекта	Лекция 7. Проект в системе управления организацией.
8	Кадровая потребность проектной команды	Лекция 8. Процессы управления человеческими ресурсами проекта. Лидерство в управлении проектом. Разрешение конфликтов в команде.
9	Управление коммуникациями проекта	Лекция 9. Процессы управления коммуникациями в проекте.
10	Управление рисками проекта	Лекция 10. Понятие «риск». Анализ и оценка риска проекта. Стратегии управления рисками.
11	Управление качеством продукта проекта и управления проектом	Лекция 11. Понятие качества и управления качеством проекта. Понятие и виды стейкхолдеров проекта. Методы реализации стратегий взаимодействия
12	Завершение проекта	Лекция 12. Завершение проекта, различные сценарии.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

1. Структура разбиения работ (СРР)
2. Взаимосвязь работ
3. Планирование проекта. Диаграмма Ганта
4. Организационная структура проекта
5. Кадровая потребность проектной команды

6. Управление коммуникациями проекта
7. Управление рисками проекта
8. Управление качеством продукта проекта
9. Управление качеством управления проектом

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контроли- руемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в управление проектами	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование
Проект как объект управления	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование
Основные вехи управления проектом	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование
Инициация и старт проекта	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование
Структура разбиения работ (СРР)	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование
Взаимосвязь работ	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование
Планирование проекта. Диаграмма Ганта	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование
Организационная структура проекта	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование
Кадровая потребность проектной команды	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование
Управление коммуникациями проекта	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование
Управление рисками проекта	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование

Управление качеством продукта проекта	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование
Управление качеством управления проектом	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование
Завершение проекта	УК-2 УК-3 УК-5 ПК-4	Выборочный опрос, тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Примеры вопросов для устного опроса:

1. Проекты и проектная деятельность.
2. Международные и национальные стандарты управления проектами.
3. Модели управления проектами.
4. Виды проектного анализа. Процессы управления персоналом проекта.
5. Управление командой проекта.
6. Этапы формирования команды проекта.
7. Функции и задачи руководителя проекта.
8. Методы управления конфликтами в команде проекта.
9. Матрица ответственности.
10. Охарактеризуйте цели проекта по принципу SMART.
11. Организационные структуры в проектах (управление проектом и административное управление).
12. Критерии для выбора организационной структуры управления проектами.
13. Охарактеризуйте основные процессы мониторинга и контроля проекта.
14. Проекты как инструмент реализации стратегии компании.
15. Место проектов и управления проектами в деятельности современной инфокоммуникационной компании.
16. Основы методологии управления проектами в инфокоммуникациях.
17. Корпоративные стандарты и нормы.
18. Анализ стоимости проекта.
19. Моделирование и оценка бизнес-процессов инфокоммуникационных компаний.
20. Анализ хода выполнения проекта методом освоенного объема.
21. Категория риска в проекте. Неопределенность и риск.
22. План управления рисками.
23. Идентификация рисков в инфокоммуникациях.
24. Качественные и количественные методы анализа рисков.
25. Контроль реагирования на риски в проекте.
26. Оценка достижений проектно-ориентированной компании. Методы оценки эффективности проектов.
27. Оценка эффективности проектов в условиях неопределенности.
28. Что такое тройственная ограниченность проекта?

Примерные вопросы тестов:

1. Цель проекта – это:

- Сформулированная проблема, с которой придется столкнуться в процессе

выполнения проекта

- + Утверждение, формулирующее общие результаты, которых хотелось бы добиться в процессе выполнения проекта
- Комплексная оценка исходных условий и конечного результата по итогам выполнения проекта

2. Реализация проекта – это:

- Создание условий, требующихся для выполнения проекта за нормативный период
- Наблюдение, регулирование и анализ прогресса проекта
- + Комплексное выполнение всех описанных в проекте действий, которые направлены на достижение его целей

3. Проект отличается от процессной деятельности тем, что:

- Процессы менее продолжительные по времени, чем проекты
- Для реализации одного типа процессов необходим один-два исполнителя, для реализации проекта требуется множество исполнителей
- + Процессы однотипны и цикличны, проект уникален по своей цели и методам реализации, а также имеет четкие сроки начала и окончания

4. Что из перечисленного не является преимуществом проектной организационной структуры?

- + Объединение людей и оборудования происходит через проекты
- Командная работа и чувство сопричастности
- Сокращение линий коммуникации

5. Что включают в себя процессы организации и проведения контроля качества проекта?

- Проверку соответствия уже полученных результатов заданным требованиям
- Составление перечня недоработок и отклонений
- + Промежуточный и итоговый контроль качества с составлением отчетов

6. Метод освоенного объема дает возможность:

- Освоить минимальный бюджет проекта
- + Выявить, отстает или опережает реализация проекта в соответствии с графиком, а также подсчитать перерасход или экономию проектного бюджета
- Скорректировать сроки выполнения отдельных процессов проекта

7. Какая часть ресурсов расходуется на начальном этапе реализации проекта?

- + 9-15 %
- 15-30 %
- до 45 %

8. Какие факторы сильнее всего влияют на реализацию проекта?

- Экономические и социальные
- Экономические и организационные
- + Экономические и правовые

9. Назовите отличительную особенность инвестиционных проектов:

- Большой бюджет
- + Высокая степень неопределенности и рисков
- Целью является обязательное получение прибыли в результате реализации проекта

10. Что такое веха?

- + Знаковое событие в реализации проекта, которое используется для контроля за ходом его реализации
- Логически взаимосвязанные процессы, выполнение которых приводит к достижению одной из целей проекта
- Совокупность последовательно выполняемых действий по реализации проекта

11. Участники проекта – это:

- Потребители, для которых предназначен реализуемый проект
- Заказчики, инвесторы, менеджер проекта и его команда
- + Физические и юридические лица, непосредственно задействованные в проекте или чьи интересы могут быть затронуты в ходе выполнения проекта

12. Тест. Инициация проекта является стадией в процессе управления проектом, по итогам которой:

- Объявляется окончание выполнения проекта
- + Санкционируется начало проекта
- Утверждается укрупненный проектный план

13. Что такое предметная область проекта?

- + Объемы проектных работ и их содержание, совокупность товаров и услуг, производство (выполнение) которых необходимо обеспечить как результат выполнения проекта
- Направления и принципы реализации проекта
- Причины, по которым был создан проект

14. Для чего предназначен метод критического пути?

- Для определения сроков выполнения некоторых процессов проекта
- Для определения возможных рисков
- + Для оптимизации в сторону сокращения сроков реализации проекта

15. Структурная декомпозиция проекта – это:

- + Наглядное изображение в виде графиков и схем всей иерархической структуры работ проекта
- Структура организации и делегирования полномочий команды, реализующей проект
- График поступления и расходования необходимых для реализации проекта ресурсов

16. Какие факторы необходимо учитывать в процессе принятия решения о реализации инвестиционного проекта?

- Инфляцию и политическую ситуацию в стране
- Инфляцию, уровень безработицы и альтернативные варианты инвестирования
- + Инфляцию, риски, альтернативные варианты инвестирования

17. Как называется временной промежуток между началом реализации и окончанием проекта?

- Стадия проекта
- + Жизненный цикл проекта
- Результат проекта

18. Проект, который имеет лишь одного постоянного сотрудника – управляющего проектом, является ... матричной структурой.

- Единичной

- Ординарной
- + Слабой

19. Как называется скидка, содействующая рекламе проекта?

- Стимулирующая
- Проектная
- + Маркетинговая

20. Два инструмента, содействующих менеджеру проекта в организации команды, способной работать в соответствии с целями и задачи проекта – это структурная схема организации и....

- Укрупненный график
- + Матрица ответственности
- Должностная инструкция

21. Назовите метод контроля фактически выполненных работ по реализации проекта, позволяющий провести учет некоторых промежуточных итогов для незавершенных работ.

- 10 на 90
- + 50 на 50
- 0 к 100

22. Три способа финансирования проектов: самофинансирование, использование заемных и ... средств.

- + Привлекаемых
- Государственных
- Спонсорских

23. Состояния, которые проходит проект в процессе своей реализации – это ... проекта.

- Этапы
- Стадии
- + Фазы

24. Как называется временное добровольное объединение участников проекта, основанное на взаимном соглашении и направленное на осуществление прибыльного, но капиталоемкого проекта?

- Консолидация
- + Консорциум
- Интеграция

25. Завершающая фаза жизненного цикла проекта состоит из приемочных испытаний и ...

- Контрольных исправлений
- + Опытной эксплуатации
- Модернизации

26. Как называются денежные потоки, которые поступают от каждого участника реализуемого проекта?

- + Притоки
- Активы
- Вклады

27. Как называется организационная структура управления проектами, применяемая в организациях, которые постоянно занимаются реализацией одного или нескольких проектов?

- Материнская
- Адхократическая
- + Всеобщее управление проектами

28. Проект, заказчик которого может решиться увеличить его окончательную стоимость по сравнению с первоначальной, является:

- Простым
- + Краткосрочным
- Долгосрочным

29. Объединение ресурсов в процессе создания виртуального офиса проекта характеризуется ... независимостью.

- + Территориальной
- Финансовой
- Административной

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Схема действий и возникновение коммуникаций участников проекта
2. Основные методологические подходы в сфере управления проектами
3. Методы и модели структуризации проекта
4. Методы управления рисками проекта на всех стадиях его жизненного цикла.
5. Охарактеризуйте основные виды проектов их специфику и особенности управления ими
6. Способы оценки проектов с учетом факторов риска и неопределенности
7. Основные принципы управления проектами в зависимости от стадии жизненного цикла
8. Этапы планирования реализации проекта и их особенности
9. Особенности измерения и анализа результатов проектной деятельности
10. Современные методы оценки проблемных ситуаций в деятельности организаций
11. Особенности анализа, оценки и поиска решения проблемных организационно-управленческих ситуаций в деятельности организации
12. Умение составлять схему коммуникаций участников проекта
13. Сфера компетенций инновационного менеджера при подготовке и принятии решения по инновационному проекту
14. Квалификационные стандарты по управлению проектами
15. Информационные системы в управлении портфелем проектами
16. Модели зрелости организации по управлению проектами
17. Методы и процедуры закрытия проекта
18. Команда управления проектом. Принципы формирования и задачи команды
19. Составление расписания проекта
20. Основные принципы и содержание управления проектными рисками
21. Офис управления проектом, его задачи и функции
22. Ресурсное планирование при управлении портфелем проектом
23. Оценка эффективности проекта: методы определения.
24. Корпоративные стандарты управления проектами в России
25. Управление содержанием портфелем проектов и его компоненты

26. Уметь распределять ответственность между членами команды проекта
27. Уметь управлять ресурсным обеспечением проекта
28. Управление персоналом проекта
29. Приоритизация в управлении портфелем проектов
30. Процесс контроля качества выполнения проекта
31. Технологии планирования выполнения проекта
32. Критерии качества процесса управления проектом
33. Уметь составлять финансовый профиль проекта
34. Этапы и процессная структура портфеля проектов
35. Уметь оценить стоимость проекта
36. Понятие «проект», его признаки и структура
37. Управление взаимодействием в проектной деятельности
38. Уметь определять стадию жизненного цикла проекта, его структуру и значение для управления портфелем проектов
39. Методы и содержание контроля за процессами проектирования
40. Инструменты управления проектными рисками и формы их использования
41. Развитие команды проекта. Стадии развития команды
42. Особенности портфеля проектов как объекта планирования и управления
43. Виды рисков при выработке проектных решений по нововведению
44. Принципы разработки и методы управления бюджетом проекта
45. Уметь рассчитывать экономические, социальные и специальные показатели эффективности проекта.
46. Уметь количественно оценить риск проекта
47. Планирование ресурсов портфеля проектов
48. Уметь проводить качественный анализ рисков проекта
49. Основные формы финансирования портфеля проектов
50. Методы и формы контроля при управлении портфелем проектов
51. Уметь оценивать последствия рисков для управления проектами
52. Методы структуризации работ в управлении проектами: графические схемы, сетевые графики, матрицы связей
53. Уметь оценивать риск проекта
54. Основные фазы проектного цикла и их содержание
55. Информационное обеспечение проекта
56. Уметь оценить социальную эффективность проекта
57. Уметь составлять схему проектного финансирования
58. Планирование качества в управлении проектом
59. Уметь управлять исполнением проекта
60. Объекты (отрасли деятельности и задачи) для управления инновационным проектом
61. Уметь учитывать интересы различных участников проекта
62. Виды рисков по этапам разработки и реализации проекта
63. Уметь составлять расписание (график) проекта
64. Уметь принимать решения при управлении проектом
65. Уметь составлять структуру плана управления проектом
66. Матричная структура управления проектом
67. Уметь рассчитывать стоимость проекта
68. Функциональная структура управления проектом
69. Методы принятия решений в управлении проектами
70. Проектная структура управления проектом

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий</i>	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения</i>	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Цителадзе, Д. Д. Управление проектами : учебник / Д. Д. Цителадзе. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 361 с. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/1817091. - ISBN 978-5-16-018658-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2038340> (дата обращения: 24.07.2024). – Режим доступа: по подписке.

2. Фомичев, А. Н. Управление проектами : учебник для бакалавров / А. Н. Фомичев. - Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2023. - 257 с. - ISBN 978-5-394-05026-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1996283> (дата обращения: 24.07.2024). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Кокуева, Ж. М. Управление проектами : учебное пособие / Ж. М. Кокуева. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. - 144 с. - ISBN 978-5-7038-4871-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2024024> (дата обращения: 24.07.2024). – Режим доступа: по подписке.
2. Управление проектами : учеб. пособие / П.С. Зеленский, Т.С. Зимнякова, Г.И. Поподько (отв. ред.) [и др.]. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. - 125 с. - ISBN 978-5-7638-3711-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1031863> (дата обращения: 24.07.2024). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Прспект» (Договор с ООО Прспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими

средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Дискретные и непрерывные математические модели»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Калининград

2025

Лист согласования

Составитель: д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий» Кащенко Н.М.

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Д.А. Савкин

Содержание

1. Наименование дисциплины **«Дискретные и непрерывные математические модели»**.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Дискретные и непрерывные математические модели».

Цель дисциплины: изучение основных методов построения дискретных и непрерывных математических моделей, методов их реализации, методов интерпретации результатов моделирования и практического применения моделей.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 - Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1. - Приобретает и адаптирует математическое, естественнонаучные, социально-экономические, инженерные знания и знания в области когнитивных наук для решения основных, нестандартных задач создания и применения искусственного интеллекта ОПК-1.2. - Решает основные, нестандартные задачи создания и применения искусственного интеллекта, в том числе в новой или незнакомой среде и с междисциплинарном контексте, с применением математических, естественно-научных, социально-экономических, инженерных знаний и знаний в области когнитивных наук ОПК-1.3. - Проводит теоретическое и экспериментальное исследование объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	Магистрант в результате освоения данного учебного курса должен знать: основные виды дискретных и непрерывных моделей; методы выбора дискретной или непрерывной модели для описания конкретных объектов; свойства дискретных и непрерывных моделей; Магистрант в рамках данного учебного курса должен уметь: записывать алгебраическую структуру модели; получать инварианты выбранной модели; упрощать исходные модели с учетом требований к их параметрам и точности. Магистрант в рамках данного учебного курса должен владеть: методикой применения дискретных и непрерывных моделей разных классов в защите информации, экономике, задачах оптимизации, реализации непрерывных и дискретных моделей

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дискретные и непрерывные математические модели» представляет собой дисциплину обязательной части ОПОП.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе, может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Теоретические основы прикладной дискретной математики.	Множества и отношения. Алгоритмы. Машина Тьюринга. Элементы математической логики. Теорема Поста. Алгебраические структуры. Комбинаторный анализ. Уравнения над конечными полями и кольцами.
2	Математические основы информатики и программирования.	Формальные системы. Канонические системы Поста. Формальные языки и грамматики. Языки программирования. Структуры и алгоритмы обработки данных. Теория вычислительной сложности.
3	Прикладная теория кодирования.	Коды для сжатия данных и защиты информации. Коды для обнаружения и исправления ошибок. Построение оптимальных кодов.
4	Вычислительные методы в дискретной математике.	Вычислительные методы в теории чисел. Теоретико-числовые методы в криптографии. Алгоритм шифрования RSA. Алгоритм шифрования на основе эллиптических кривых.
5	Игровые модели.	Предмет и задачи теории игр. Решение матричной игры в чистых стратегиях. Решение матричной игры в смешанных стратегиях. Примеры графического решения. Игры с природой
6	Дискретные модели реальных процессов.	Разностные уравнения, как дискретная модель динамических объектов. Дискретные модели реальных

		процессов в биологии. Дискретное логистическое уравнение. Лестница Ламерея
7	Дифференциальная и интегральная форма записи непрерывных математических моделей.	Моделирующее значение производной и интеграла. Обобщения этих понятий на различные классы функций. Различные классы задач для дифференциальных уравнений и систем, как средство моделирования различных ситуаций при исследовании динамических объектов. Интегральная форма записи непрерывных математических моделей. Законы сохранения, запись в интегральной форме. Преобразование дифференциальных моделей в интегральную форму. Стохастические непрерывные модели. Стохастические дифференциальные уравнения.
8	Непрерывные модели в бесконечномерных пространствах.	Многомерные и бесконечномерные пространства с точки зрения математического моделирования. «Понижение» размерности объекта за счет выхода в пространство другой природы
9	Прямые и обратные задачи.	Примеры прямых и обратных задач. Корректность. Регуляризация плохо обусловленных и некорректных задач
10	Моделирование в технике и физике.	Несущие конструкции в строительной механике, применение МКЭ (метод конечных элементов). Информативность геофизического поля. Применение всплесков для сжатия данных и обработки сигналов. Математическое моделирование физических полей
11	Динамические системы.	Конечномерные и бесконечномерные динамические системы без управления и с управлением. Аттракторы и другие инвариантные множества. Бифуркации. Странные аттракторы. Диффузионный хаос.

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Темы лекции
1	Теоретические основы прикладной дискретной математики.	План лекции: 1. Множества и отношения. 2. Алгоритмы. Машина Тьюринга. 3. Элементы математической логики. Теорема Поста. 4. Алгебраические структуры. 5. Комбинаторный анализ. 6. Уравнения над конечными полями и кольцами.
2	Математические основы информатики и программирования.	План лекции: 1. Формальные системы. 2. Канонические системы Поста. 3. Формальные языки и грамматики. 4. Теория вычислительной сложности.
3	Прикладная теория кодирования.	План лекции: 1. Коды для сжатия данных и защиты информации. 2. Коды для обнаружения и исправления ошибок. 3. Построение оптимальных кодов.

4	Вычислительные методы в дискретной математике.	План лекции: 1. Вычислительные методы в теории чисел. 2. Теоретико-числовые методы в криптографии. 3. Алгоритм шифрования RSA. 4. Алгоритм шифрования на основе эллиптических кривых.
5	Игровые модели.	План лекции: 1. Предмет и задачи теории игр. 2. Решение матричной игры в чистых стратегиях. 3. Решение матричной игры в смешанных стратегиях. 4. Игры с природой
6	Дискретные модели реальных процессов.	План лекции: 1. Разностные уравнения, как дискретная модель динамических объектов. 2. Дискретные модели реальных процессов в биологии. 3. Дискретное логистическое уравнение. 4. Лестница Ламерея
7	Дифференциальная и интегральная форма записи непрерывных математических моделей.	План лекции: 1. Моделирующее значение производной и интеграла. 2. Различные классы задач для дифференциальных уравнений и систем, как средство моделирования различных ситуаций при исследовании динамических объектов. 3. Интегральная форма записи непрерывных математических моделей. 4. Преобразование дифференциальных моделей в интегральную форму. 5. Стохастические непрерывные модели. 6. Стохастические дифференциальные уравнения.
8	Непрерывные модели в бесконечномерных пространствах.	План лекции: 1. Многомерные и бесконечномерные пространства с точки зрения математического моделирования. 2. «Понижение» размерности объекта за счет выхода в пространство другой природы
9	Прямые и обратные задачи.	План лекции: 1. Примеры прямых и обратных задач. 2. Корректность. 3. Регуляризация плохо обусловленных и некорректных задач
10	Моделирование в технике и физике.	План лекции: 1. Информативность геофизического поля. 2. Применение всплесков для сжатия данных и обработки сигналов. 3. Математическое моделирование физических полей
11	Динамические системы.	План лекции: 1. Конечномерные и бесконечномерные динамические системы без управления и с управлением. 2. Аттракторы и другие инвариантные множества. 3. Бифуркации. 4. Странные аттракторы. 5. Диффузионный хаос.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

1. Теоретические основы прикладной дискретной математики.
2. Математические основы информатики и программирования.
3. Прикладная теория кодирования.
4. Вычислительные методы в дискретной математике.
5. Игровые модели.
6. Дискретные модели реальных процессов
7. Дифференциальная и интегральная форма записи непрерывных математических моделей.
8. Непрерывные модели в бесконечномерных пространствах.
9. Прямые и обратные задачи.
10. Моделирование в технике и физике.
11. Динамические системы.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Теоретические основы прикладной дискретной математики.	ОПК-1	Выборочный опрос, лабораторная работа
Математические основы информатики и программирования.	ОПК-1	Выборочный опрос, лабораторная работа
Прикладная теория кодирования.	ОПК-1	Выборочный опрос, лабораторная работа
Вычислительные методы в дискретной математике.	ОПК-1	Выборочный опрос, лабораторная работа
Игровые модели.	ОПК-1	Выборочный опрос, лабораторная работа
Дискретные модели реальных процессов.	ОПК-1	Выборочный опрос, лабораторная работа
Дифференциальная и интегральная форма записи непрерывных математических моделей.	ОПК-1	Выборочный опрос, лабораторная работа
Непрерывные модели в бесконечномерных пространствах.	ОПК-1	Выборочный опрос, лабораторная работа
Прямые и обратные задачи.	ОПК-1	Выборочный опрос, лабораторная работа
Моделирование в технике и физике.	ОПК-1	Выборочный опрос, лабораторная работа
Динамические системы.	ОПК-1	Выборочный опрос, лабораторная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Примеры вопросов для устного опроса:

- Общие сведения о построении математических моделей задач естествознания, уравнениях в частных производных и краевых условиях. Примеры построения математических моделей задач естествознания нахождение их приближенных решений. Анализ полученных решений и выяснение причин получения неблагоприятных решений. Понятие корректно и некорректно поставленных задач. Примеры. Обсуждение условий применимости различных математических моделей.
- Классификация уравнений и задач математической физики. Анализ размерностей. Классификация уравнений и задач для обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных. Понятие характеристической поверхности. Анализ размерностей. Пи-теорема.

3. Задачи радиоактивного распада вещества и термодинамики. Вывод уравнений радиоактивного распада. Закон Фурье. Задачи термодинамики, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям.
4. Задачи кинематики, динамики и молекулярной физики, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Задачи, описывающие движение тел в среде с сопротивлением, адиабатические процессы, геометрические задачи, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Уравнение математического маятника. Понятие о линеаризации дифференциальных уравнений. Точные и приближённые решения.
5. Понятие о теории устойчивости решений. Задачи электротехники, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Устойчивость положения равновесия по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость положения равновесия. Функция Ляпунова, теорема Ляпунова Центробежный регулятор Вышнеградского. Предельные циклы. Устойчивые, вполне не устойчивые и полуустойчивые циклы. Функция последования. Критерий существования предельных циклов. Грубые предельные циклы. Примеры задач, демонстрирующие устойчивость и её отсутствие. Ламповый генератор.
7. Задачи электродинамики, гидро-газодинамики, механики, теории упругости, квантовой механики, химии, биологии, социологии и других областей естествознания, приводящие к уравнениям в частных производных. Вывод уравнений Максвелла. Вывод телеграфного уравнения, дисперсия волн. Уравнение продольных и поперечных колебаний стержня. Уравнение переноса. Уравнение газогидродинамики. Уравнение Шрёдингера.
8. Аналитические методы решения и исследования поведения решений. Колебание струн музыкальных инструментов. Физические аналогии. Задача о фазовом переходе. Уравнение Кортевега-де-Фриза. Математические модели в химической кинетике. Модель Хищник-жертва.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Множества и отношения. Алгоритмы.
2. Машина Тьюринга.
3. Элементы математической логики.
4. Теорема Поста.
5. Алгебраические структуры.
6. Комбинаторный анализ.
7. Канонические системы Поста.
8. Формальные языки и грамматики.
9. Языки программирования.
10. Теория вычислительной сложности.
11. Коды для сжатия данных.
12. Коды для обнаружения и исправления ошибок.
13. Построение оптимальных кодов.
14. Вычислительные методы в теории чисел.
15. Теоретико-числовые методы в криптографии.
16. Алгоритм шифрования RSA.
17. Алгоритм шифрования на основе эллиптических кривых.
18. Принципы построения криптографических систем.
19. Криптография с закрытым ключом.

20. Криптосистемы с открытым ключом.
21. Криптоанализ алгоритмов с открытым ключом.
22. Управление ключами.
23. Конечные автоматы.
24. Сети Петри.
25. Клеточные автоматы.
26. Предмет и задачи теории игр.
27. Решение матричной игры в чистых стратегиях.
28. Решение матричной игры в смешанных стратегиях.
29. Примеры графического решения.
30. Игры с природой
31. Разностные уравнения, как дискретная модель динамических объектов.
32. Дискретные модели реальных процессов в биологии.
33. Дискретное логистическое уравнение.
34. Лестница Ламерея.
35. Дискретные функции
36. Уравнения над конечными полями и кольцами.
37. Методы построения непрерывных математических моделей.
38. Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям.
39. Линейные обыкновенные дифференциальные уравнения и системы.
40. Нелинейные обыкновенные дифференциальные уравнения и системы.
41. Уравнения гиперболического, параболического и эллиптического типов.
42. Интегральные уравнения.
43. Нелинейные уравнения в частных производных.
44. Принцип наименьшего действия в механике.
45. Примеры моделей в механике.
46. Уравнение колебаний под воздействием внешней силы.
47. Классификация уравнений математической физики.
48. Универсальность модели колебаний: колебания в системе "хищник-жертва".
49. Типы линейных уравнений в частных производных второго порядка.
50. Процессы, описываемые дифференциальными уравнениями и системами.
51. Процессы, описываемые уравнениями в частных производных.
52. Виды динамических систем.
53. Фазовое пространство динамической системы.
54. Коэффициент сжатия фазового объема.
55. Коэффициент сжатия фазового объема дискретной модели.
56. Аттракторы динамических систем.
57. Гамильтоновы системы.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение,</i>	отлично	зачтено	86-100

		решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятель ности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетвори тельный (достаточны й)	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетвор ительно		55-70
Недостаточн ый	Отсутствие удовлетворительного уровня	признаков	неудовлетв орительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Алексеев, В. Б. Дискретная математика : учебник / В.Б. Алексеев. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 133 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1172256. - ISBN 978-5-16-016520-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1915507> (дата обращения: 04.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Специальные главы математики. Дискретная математика: Учебное пособие / Сапронов И.В., Зюкин П.Н., Веневитина С.С. - Воронеж:ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова, 2014. - 118 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/858550> (дата обращения: 04.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Проспект» (Договор с ООО Проспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы визуализации результатов научной деятельности»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: Худенко В.Н., к.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

П.М. Каратаева

Содержание

1. Наименование дисциплины «**Методы визуализации результатов научной деятельности**».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Методы визуализации результатов научной деятельности»

Целью дисциплины «Методы визуализации результатов научной деятельности» является освоение студентами фундаментальных знаний в области визуализации, а также в связанных с ней разделах вычислительной геометрии и моделирования пространственно-трехмерных динамических сцен. Особое внимание в курсе уделяется базовым принципам визуализации, особенностям постановок задач, возникающих в разных предметных областях, а также эффективным вычислительным алгоритмам, применяемым при их решении. Практические занятия направлены на закрепление приобретенных теоретических знаний в результате применения современных программных средств визуализации для решения актуальных прикладных задач.

Задачами данного курса являются: - формирование базовых знаний в области визуализации, как единого научного направления, охватывающего проблемы визуального представления, интерпретации и анализа данных, и имеющего важное методологическое значение как для подготовки специалистов в области современных информационных технологий, так и для поддержки разно образных инновационных сфер деятельности; - обучение студентов методам визуализации, применяемым в разных предметных областях, в том числе, в математическом моделировании, программной инженерии, управлении проектной деятельностью; - формирование практических навыков применения современных средств и технологий визуализации для проведения исследований в рамках выпускных работ на степень магистра и в дальнейшей деятельности..

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-5 Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	УК-5.1. – Определяет особенности межкультурной коммуникации в условиях современного поликультурного пространства УК-5.2. - Умеет осуществлять коммуникацию с представителями иных национальностей и конфессий в процессе межкультурного взаимодействия	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: Знать: - фундаментальные понятия, принципы и метафоры визуализации; - методы визуализации информации, научных и инженерных расчетов, программного обеспечения; - основные задачи и методы вычислительной геометрии, связанные с приложениями визуализации. Уметь:
УК-6 - Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. - Решает задачи собственного личностного и профессионального развития; определяет и реализовывает приоритеты совершенствования собственной деятельности; применяет методики самооценки и самоконтроля УК-6.2. - Определяет приоритеты личностного	- определять методы визуализации, релевантные решаемым прикладным задачам и предметной области, и эффективно применять их; - разрабатывать новые методы для визуализации информации, научных и инженерных расчетов, программного обеспечения; - проектировать и реализовывать программные компоненты и приложения визуализации, в том числе с

	роста и способы совершенствования собственной деятельности	использованием методов вычислительной геометрии. Владеть: - навыками в применении современных средств и технологий визуализации в разных предметных областях; - навыками в разработке программных компонентов и приложений визуализации.
--	--	---

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

«Методы визуализации результатов научной деятельности» представляет собой факультативную дисциплину (ФТД.В.01) направления подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование».

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение	Базовые понятия, принципы и цели визуализации. Визуализация информации, научных и инженерных расчетов, программного обеспечения. Метафоры и критерии содержательной визуализации. Понятие конвейера как композиции трансформаций данных. Связь со смежными дисциплинами (компьютерной графикой и

		анимацией, математическим моделированием, вычислительной геометрией, визуальной аналитикой, дизайном, виртуальной и дополненной реальностью, распознаванием образов, машинным зрением, коллективной визуализацией, визуальным программированием). История становления визуализации, как научной дисциплины, и современные тенденции применения в научных исследованиях, инженерии, образовании, медицине, бизнесе. Примеры приложений.
2	Визуализация информации	Психофизические и эмоциональные аспекты восприятия изображений и сцен. Выразительность техник визуализации. Ориентация на категории пользователей и их задачи. Логическая компоновка визуальных элементов и зонирование. Приемы акцентирования. Принятые правила и особенности использования различных типов визуальных элементов: таблиц, линейных и точечных графиков, столбчатых и круговых гистограмм, графиков распределений, радиальных диаграмм, диаграмм параллельных координат, графов, карт. Графическое оформление с использованием цвета, шрифтов, линий. Методы автоматической компоновки графов и диаграмм. Визуальные средства планирования и управления проектами. Определение критических путей, ресурсное планирование, пространственно-временное моделирование. Диаграмма Ганта. диаграммы календарно-сетевое планирования, графики использования ресурсов, графики освоенных объемов. Современные технологии визуального планирования проектов.
3	Визуализация научных и инженерных расчетов	Предобработка данных. Методы интерполяции, фильтрации, сглаживания, сжатия данных. Методы визуализации скалярных полей. Визуализация функций, заданных неявно. Линии уровня и области превышения уровня. Методы маркированных квадратов, кубов, тетраэдров. Непосредственное отображение объемных данных. Управление цветом и прозрачностью. Трассировка лучей в скалярном поле. Визуализация векторных полей. Метод маркеров. Метод линий и трубок потока для стационарных течений. Метод треков частиц для нестационарных полей. Визуализация тензорных полей. Эллиптические, кубические, цилиндрические глифы. Системы научной визуализации общего назначения. Основные принципы и архитектуры систем. Примеры приложений и сценариев визуализации.
4	Визуализация программного обеспечения	Графические языки моделирования данных, процессов и систем UML, IDEF, BPMN, EXPRESS-G. Современные технологии программной инженерии, основанные на визуальных моделях. История и назначение языка UML 2.0. Структурные диаграммы (диаграммы классов, компонентов, объектов, пакетов, профилей, композитная структурная диаграмма, диаграмма кооперации,

		диаграмма развертывания. Диаграммы поведения (диаграммы активностей, состояний, вариантов использования. Диаграммы взаимодействия (диаграмма коммуникации, последовательности, обзора взаимодействия, синхронизации). Методы визуализации программного обеспечения в двухмерном и трехмерном пространстве.
5	Моделирование сцен	Технологии виртуальной и дополненной реальности. Языки моделирования сцен виртуальной реальности VRML/X3D. Дерево трансформаций. Репертуар геометрических примитивов, материалов, источников света, сенсоров, интерполяторов. Механизм маршрутизации событий. Примеры интерактивной динамической трехмерной визуализации.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Тема лекции
1	Введение	Базовые понятия, принципы и цели визуализации. Визуализация информации, научных и инженерных расчетов, программного обеспечения. Метафоры и критерии содержательной визуализации. Понятие конвейера как композиции трансформаций данных. Связь со смежными дисциплинами (компьютерной графикой и анимацией, математическим моделированием, вычислительной геометрией, визуальной аналитикой, дизайном, виртуальной и дополненной реальностью, распознаванием образов, машинным зрением, коллективной визуализацией, визуальным программированием). История становления визуализации, как научной дисциплины, и современные тенденции применения в научных исследованиях, инженерии, образовании, медицине, бизнесе. Примеры приложений.
2	Визуализация информации	Психофизические и эмоциональные аспекты восприятия изображений и сцен. Выразительность техник визуализации. Ориентация на категории пользователей и их задачи. Логическая компоновка визуальных элементов и зонирование. Приемы акцентирования. Принятые правила и особенности использования различных типов визуальных элементов: таблиц, линейных и точечных графиков, столбчатых и круговых гистограмм, графиков распределений, радиальных диаграмм, диаграмм параллельных координат, графов, карт. Графическое оформление с использованием цвета, шрифтов, линий. Методы автоматической компоновки графов и диаграмм. Визуальные средства планирования и управления проектами. Определение критических путей, ресурсное планирование, пространственно-временное

		моделирование. Диаграмма Ганта. диаграммы календарно-сетевого планирования, графики использования ресурсов, графики освоенных объемов. Современные технологии визуального планирования проектов.
3	Визуализация научных и инженерных расчетов	Предобработка данных. Методы интерполяции, фильтрации, сглаживания, сжатия данных. Методы визуализации скалярных полей. Визуализация функций, заданных неявно. Линии уровня и области превышения уровня. Методы маркированных квадратов, кубов, тетраэдров. Непосредственное отображение объемных данных. Управление цветом и прозрачностью. Трассировка лучей в скалярном поле. Визуализация векторных полей. Метод маркеров. Метод линий и трубок потока для стационарных течений. Метод треков частиц для нестационарных полей. Визуализация тензорных полей. Эллиптические, кубические, цилиндрические глифы. Системы научной визуализации общего назначения. Основные принципы и архитектуры систем. Примеры приложений и сценариев визуализации.
4	Визуализация программного обеспечения	Графические языки моделирования данных, процессов и систем UML, IDEF, BPMN, EXPRESS-G. Современные технологии программной инженерии, основанные на визуальных моделях. История и назначение языка UML 2.0. Структурные диаграммы (диаграммы классов, компонентов, объектов, пакетов, профилей, композитная структурная диаграмма, диаграмма кооперации, диаграмма развертывания. Диаграммы поведения (диаграммы активностей, состояний, вариантов использования. Диаграммы взаимодействия (диаграмма коммуникации, последовательности, обзора взаимодействия, синхронизации). Методы визуализации программного обеспечения в двухмерном и трехмерном пространстве.
5	Моделирование сцен	Технологии виртуальной и дополненной реальности. Языки моделирования сцен виртуальной реальности VRML/X3D. Дерево трансформаций. Репертуар геометрических примитивов, материалов, источников света, сенсоров, интерполяторов. Механизм маршрутизации событий. Примеры интерактивной динамической трехмерной визуализации.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

№ п/п	Наименование Темы	Содержание темы
1	Установка и настройка среды разработки.	В результате выполнения лабораторных работ студенты освежают навыки использования среды разработки PyCharm для написания, отладки и запуска программ на языке Python
2	Установка и использование библиотеки Matplotlib	В результате выполнения лабораторных работ студенты знакомятся с установкой внешних пакетов поставщиков открытого и свободно

		распространяемого исходного кода на локальную машину и настройку развернутого приложения. Изучают функционал библиотеки Matplotlib
3	Визуализация количественных данных и отношений.	В результате выполнения лабораторных работ студент получает навыки отображения данных, построения линейных и трехмерных графиков, точечных диаграмм средствами библиотеки Matplotlib
4	Установка и использование библиотеки Seaborn	В результате выполнения лабораторных работ студенты знакомятся с установкой внешних пакетов поставщиков открытого и свободно распространяемого исходного кода на локальную машину и настройку развернутого приложения. Изучают функционал библиотеки Seaborn
5	Визуализация распределений.	В результате выполнения лабораторных работ студент получает навыки отображения данных и визуализации парных взаимосвязей средствами библиотеки Seaborn.
6	Установка и использование библиотеки Plotly	В результате выполнения лабораторных работ студенты знакомятся с установкой внешних пакетов поставщиков открытого и свободно распространяемого исходного кода на локальную машину и настройку развернутого приложения. Изучают функционал библиотеки Plotly
7	Интерактивная визуализация.	В результате выполнения лабораторных работ студент получает навыки отображения интерактивных данных, динамических графиков средствами библиотеки Plotly

На практических занятиях решаются задачи по теме занятия.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе

индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение	УК-5 УК-6	Тестирование

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Визуализация информации	УК-5 УК-6	Тестирование
Визуализация научных и инженерных расчетов	УК-5 УК-6	Тестирование
Визуализация программного обеспечения	УК-5 УК-6	Тестирование
Моделирование сцен	УК-5 УК-6	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

1. Что такое визуализация данных в электронных таблицах?
2. Каковы основные задачи визуализации?
3. Какие виды визуализации данных существуют?
4. В каком виде может быть представлена визуализация данных?
5. Где применяется визуализация?
6. Для чего нужна визуализация данных?
7. Какой инструмент используется для визуализации данных?
8. Какие способы визуализации?
9. Какое главное правило визуализации?
10. Какие существуют типы графиков?
11. Какая платформа предназначена для визуализации данных?
12. Зачем нужно визуализировать?
13. Как правильно работает визуализация?
14. Какие данные можно визуализировать?
15. Что дает визуализация?
16. Что отвечает за визуализацию?
17. Какие ресурсы относятся к средствам визуализации данных?
18. Какие есть программы для визуализации?
19. Какая библиотека в основном используется для визуализации данных?
20. В чем заключается метод визуализации?
21. Где брать данные для визуализации?
22. Какой график подходит для визуализации категориальных данных?
23. Каковы основные задачи визуализации?
24. Какие бывают средства визуализации?
25. Какие виды визуализации данных существуют?
26. В каком виде может быть представлена визуализация данных?
27. Какой инструмент чаще всего используется для визуализации данных?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Базовые понятия, принципы и цели визуализации
2. Связь визуализации со смежными дисциплинами
3. Что такое конвейер визуализации?
4. Модели цвета. Понятия формы, ориентации, текстуры, глубины, перспективы, движения

5. Какие основные типы визуальных элементов используются в инфографике?
6. Принятые правила и особенности использования различных типов визуальных элементов.
7. Методы автоматической компоновки графов и диаграмм по спецификациям.
8. Какие визуальные средства применяются при планировании и управлении проектами?
9. Что такое визуальное планирование проектов?
10. Какие типы данных применяются при визуализации научных и инженерных расчетов?
11. Что такое воксельная модель и каким образом осуществляется управление цветом и прозрачностью?
12. В чем различия между граничным представлением геометрических объектов и конструктивным твердотельным?
13. Для чего предназначены методы предобработки научных и инженерных данных?
14. Какие методы применяются для визуализации скалярных полей?
15. Для решения каких задач применяются методы маркированных квадратов, кубов, тетраэдров? В чем их различия?
16. Непосредственное отображение объемных данных. Управление цветом и прозрачностью.
17. Какие методы применяются для визуализации векторных полей?
18. В каких случаях применяются методы маркеров, линий и трубок потока, треков и частиц?
19. Каким образом осуществляется визуализация тензорных полей?
20. На каких принципах строятся системы научной визуализации общего назначения?
21. Что такое сценарии визуализации?
22. Какие графические языки используются для моделирования данных, процессов и систем?
23. Технологии программной инженерии, основанные на визуальных моделях. История и назначение языка UML 2.0.
24. Какие структурные диаграммы применяются в языке UML.
25. В чем необходимость применения диаграмм поведения?
26. Назначение диаграмм взаимодействия. Виды структурных диаграмм языка UML.
27. Виды структурных диаграмм языка UML.
28. Основные методы визуализации программного обеспечения в двухмерном и трехмерном пространстве.
29. Какие методы применяются для триангуляции многоугольников?
30. Какие методы применяются для триангуляции монотонных многоугольников?
31. Триангуляция Делоне. Определение и основные свойства.
32. Диаграммы Вороного. В чем заключается двойственность задачи триангуляции Делоне и построения диаграммы Вороного?
33. Что такое поиск по пространственной области и поиск ближайших соседей? Для чего необходимы пространственные индексы?
34. Какие структуры применяются для пространственной индексации сцен?
35. Принципы построения k-d деревьев и R-деревьев. В чем достоинства регулярных октанных структур?
36. Что такое BSP-деревья? Каким образом они применяются для удаления невидимых линий и поверхностей?
37. Методы определения столкновений в сценах. Что такое иерархии ограничивающих объемов?
38. Задачи и основные методы планирования путей.
39. Технологии виртуальной и дополненной реальности. Языки моделирования сцен виртуальной реальности
40. Язык VRML97. Что такое дерево трансформаций? Что такое маршрутизация событий?

41. Репертуар геометрических примитивов, материалов, источников света, сенсоров, интерполяторов в языке VRML97.
42. Принципы разработки интерактивных динамических пространственно-трехмерных приложений на языке VRML97

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Корнеев, В. И. Визуализация в научных исследованиях : учебное пособие / В.И. Корнеев, Л.Г. Гагарина, М.В. Корнеева. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 400 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Магистратура). — DOI 10.12737/1029660. - ISBN 978-5-16-015308-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2125017> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Представление и визуализация результатов научных исследований : учебник / О. С. Логунова, П. Ю. Романов, Л. Г. Егорова, Е. А. Ильина ; под ред. О. С. Логуновой. — Москва : ИНФРА-М, 2025. — 156 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/textbook_5c178eb6cf1e63.57981471. - ISBN 978-5-16-020620-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2178859> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Перспект» (Договор с ООО Перспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими

средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы машинного обучения»

Шифр: 01.04.02

Направление: «Прикладная математика и информатика»

Профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование»

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Калининград
2025

Лист согласования

Составитель: Мищук Б.Р., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 20 от «31» января 2025 г.

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

П.М. Каратаева

Содержание

1. Наименование дисциплины **«Основы машинного обучения»**.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Основы машинного обучения»

Целью дисциплины «Основы машинного обучения» является формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков по основам машинного обучения, овладение студентами инструментарием, моделями и методами машинного обучения, а также приобретение навыков исследователя.

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

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 - Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1. Приобретает и адаптирует математическое, естественнонаучные, социально-экономические, инженерные знания и знания в области когнитивных наук для решения основных, нестандартных задач создания и применения искусственного интеллекта ОПК-1.2. Решает основные, нестандартные задачи создания и применения искусственного интеллекта, в том числе в новой или незнакомой среде и с междисциплинарном контексте, с применением математических, естественно-научных, социально-экономических, инженерных знаний и знаний в области когнитивных наук ОПК-1.3. Проводит теоретическое и экспериментальное исследование объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: Знать: - ключевые понятия, цели и задачи использования машинного обучения; методологические основы применения алгоритмов машинного обучения; - принципы построения векторов признаков, решающих правил и классификации; - основные виды классификаторов; - принципы построения линейных классификаторов; - принципы построения нелинейных классификаторов; - особенности выбора признаков классификации и предварительной обработки данных. Уметь: - выбирать подходящий вид классификатора в зависимости от решаемой задачи; - выбирать набор признаков для классификации и проводить предварительную обработку данных; - применять алгоритмы построения и обучения классификатора по выборке; - визуализировать результаты работы алгоритмов машинного обучения, выбирать метод машинного обучения, соответствующий исследовательской задаче, интерпретировать полученные результаты
ПК-1 - Способен проводить научные исследования и получать новые научные и	ПК-1.1. - Планирует проведение научных исследований в разных предметных областях ПК-1.2. - Создает математические модели для	Владеть навыками выбора, построения, обучения и использования основных классификаторов при решении задач Иметь навыки (приобрести опыт) чтения и анализа академической литературы по применению методов машинного

прикладные результаты	проведения научных исследований в разных предметных областях ПК-1.3. - Разрабатывает компьютерные модели и анализирует полученные новые научные и прикладные результаты	обучения, построения и оценки качества моделей
-----------------------	--	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

«Основы машинного обучения» представляет собой факультативную дисциплину (ФТД.В.02) направления подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», профиль магистратуры: «Математическое и компьютерное моделирование».

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Типы задач. Метрические классификаторы. Алгоритмы кластеризации	Предмет и задачи машинного обучения и анализа данных. Основные принципы, задачи и подходы, использование в различных областях науки и индустрии. Основные этапы эволюции алгоритмов машинного обучения. Общий вид метрического классификатора. Алгоритм К ближайших соседей. Алгоритмы отбора эталонов. Алгоритмы кластеризации с фиксированным количеством кластеров. Алгоритмы кластеризации по плотности. Иерархическая кластеризация.

2	Деревья решений, линейные классификаторы. Нейронные сети	Правила и анализ качества (точность, полнота). Анализ с помощью ROC кривой. Алгоритм построения деревьев решений. Критерий информационного выигрыша и критерий Джини. Леса решающих деревьев. Перцептрон и разделяющая гиперплоскость. Переход в пространство повышенной размерности. Метод опорных векторов Логистическая регрессия. Градиентный спуск. Нейронные сети и алгоритм обратного распространения градиента. Глубокое обучение, свертки и пулинг
3	Регрессионный анализ, Ансамблевые методы. Стохастический поиск	Линейная регрессия. Полиномиальная регрессия. Смещение и дисперсия. Гребневая регрессия. Голосование. Бутстраппинг. Бустинг, адаптивный бустинг, градиентный бустинг. Поиск Монте-Карло. Алгоритм симулированного отжига. Генетический алгоритм.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№	Наименование раздела	Тема лекции
1	Типы задач. Метрические классификаторы. Алгоритмы кластеризации	Лекция 1. Предмет и задачи машинного обучения и анализа данных. Основные принципы, задачи и подходы, использование в различных областях науки и индустрии. Основные этапы эволюции алгоритмов машинного обучения. Лекция 2. Общий вид метрического классификатора. Алгоритм К ближайших соседей. Алгоритмы отбора эталонов. Лекция 3. Алгоритмы кластеризации с фиксированным количеством кластеров. Алгоритмы кластеризации по плотности. Иерархическая кластеризация.
2	Деревья решений, линейные классификаторы. Нейронные сети	Лекция 4. Правила и анализ качества (точность, полнота). Анализ с помощью ROC кривой. Лекция 5. Алгоритм построения деревьев решений. Критерий информационного выигрыша и критерий Джини. Леса решающих деревьев. Лекция 6. Перцептрон и разделяющая гиперплоскость. Переход в пространство повышенной размерности. Метод опорных векторов. Лекция 7. Логистическая регрессия. Градиентный спуск. Нейронные сети и алгоритм обратного распространения градиента. Лекция 8. Глубокое обучение, свертки и пулинг
3	Регрессионный анализ, Ансамблевые методы. Стохастический поиск	Лекция 9. Линейная регрессия. Полиномиальная регрессия. Лекция 10. Смещение и дисперсия. Гребневая регрессия. Лекция 11. Голосование. Бутстраппинг. Лекция 12. Бустинг, адаптивный бустинг, градиентный бустинг.

		Лекция 13. Поиск Монте-Карло. Лекция 14. Алгоритм симулированного отжига. Лекция 15. Генетический алгоритм.
--	--	---

Рекомендуемая тематика практических занятий:

№ п/п	Наименование Темы	Содержание темы
1	Основные понятия и определения. Примеры прикладных задач	Признаки, вектора признаков. Объекты, классы. Классификация. Классификатор. Обучение, виды обучения "с учителем" и "без учителя". Разбор примеров прикладных задач.
2	Линейные классификаторы	Разбор примеров и решение задач по темам: линейная модель классификации, метод стохастического градиента, алгоритм Персептрона.
3	Метод опорных векторов	Основы метода опорных векторов. Случай линейно разделимой выборки. Случай линейно неразделимой выборки. Ядра и спрямляющие пространства. Разбор примеров и решение задач.
4	Методы восстановления регрессии	Метод наименьших квадратов. Непараметрическая регрессия: ядерное сглаживание. Линейная регрессия. Метод главных компонент. Разбор примеров и решение задач по этим темам.
5	Искусственные нейронные сети	Проблема полноты. Задача исключаящего "или". Вычислительные возможности двух- и трехслойных сетей. Метод обратного распространения ошибки. Изучение на лабораторном занятии алгоритма постройки нейронных сетей.
6	Выбор признаков и подготовка данных	Влияние выбора набора признаков на результаты классификации. Предварительная обработка данных. Недостающие значения. Выбор признаков на основе проверки гипотез. Выбор подмножества признаков.
7	Контекстно-зависимая классификация	Марковские цепи. Алгоритм Витерби. Скрытые марковские модели. Применение в задачах распознавания голоса. Решение задач по теории марковских моделей в машинном обучении.

На практических занятиях решаются задачи по теме занятия.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских

программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение

обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Типы задач. Метрические классификаторы. Алгоритмы кластеризации	ОПК-1; ПК-1	Тестирование
Деревья решений, линейные классификаторы. Нейронные сети	ОПК-1; ПК-1	Тестирование
Регрессионный анализ, Ансамблевые методы. Стохастический поиск	ОПК-1; ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля

1. Какие из этих задач типичны для машинного обучения с учителем?

1. Группировка сообщений от пользователей;
2. Оценка тона комментария: положительный или отрицательный;
3. Группировка изображений по визуальным признакам на размеченных данных;
4. Оценка вероятности, кликнет ли человек на рекламный баннер.

1. ☐ 1 и 2
2. ☐ 2 и 4
3. ☐ 1 и 3

2. Выберите все задачи, которые характерны для обучения без учителя.

1. Прогноз стоимости недвижимости;
2. Предсказание пола автора комментария;
3. Рекомендация друзей, контента и пабликов в социальных сетях;
4. Сегментация пользователей интернет-магазина по неявным интересам.

1. ☐ 1 и 3
2. ☐ 1 и 2
3. ☐ 3 и 4
4. ☐ 1 и 4

3. Вы хотите предсказать суммы, которые клиенты потратят на оплату трафика в разные месяцы, исходя из истории их предыдущего потребления. Это задача:

1. ☐ Регрессии
2. ☐ Классификации
3. ☐ Классификации и регрессии

4. В базе данных есть следующие записи: длительность звонков, общее число звонков, общее число переданных сообщений, количество потраченных гигабайтов трафика. Вы хотите предсказывать объем трафика, который потратят клиенты. Что будет объектом модели в этой задаче?

1. ☐ Длительность звонков
2. ☐ Общее число звонков
3. ☐ Клиент
4. ☐ Количество трафика

5. Вы хотите выявлять клиентов, которые, вероятно, перестанут пользоваться услугами компании в ближайшую неделю. Это задача:

1. ☐ Классификации
2. ☐ Регрессии
3. ☐ Кластеризации

6. Что будет объектом в задаче поиска уходящих от компании клиентов?

1. ☐ Уход клиента
2. ☐ Количество дней, через которые клиент уйдет
3. ☐ Клиент
4. ☐ Услуга, от которой отказывается клиент

7. Что будет целевой переменной (y) в задаче поиска уходящих от компании клиентов?

1. ☐ Уход клиента
2. ☐ Количество дней, через которые клиент уйдет
3. ☐ Клиент
4. ☐ Услуга, от которой отказывается клиент

8. Какие метрики можно использовать, чтобы оценить, насколько качественно модель решает задачу поиска уходящих клиентов?

1. ☐ Долю правильных ответов, полноту, точность
2. ☐ RMSE, MAE, MAPE
3. ☐ Долю правильных ответов, MAPE, MSE

9. Какой алгоритм не подходит для решения задачи, объекты в которой нужно разделить на классы?

1. ☐ Случайный лес
2. ☐ Дерево принятия решений
3. ☐ Линейная регрессия
4. ☐ Логистическая регрессия

10. Оцените метрики и решите, какую модель стоит выбрать для пилотного внедрения.

	Точность	Полнота	Доля правильных ответов
Логистическая регрессия	0.7	0.78	0.79
Решающее дерево	0.72	0.77	0.78
Случайный лес	0.82	0.79	0.88

1. ☐ Логистическая регрессия
2. ☐ Решающее дерево
3. ☐ Случайный лес

11. Компания запускает пилотный проект, чтобы проверить, помогают ли прогнозы модели лучше находить клиентов, которых можно удержать. Какой способ проверки подойдет:

1. ☐ Предлагать скидку 15% на услуги, как в компании всегда делали в этих случаях
2. ☐ Предлагать улучшенный пакет услуг — так делает конкурент, да и вообще, давно хотели такое попробовать

12. Компания отобрала клиентов, которых модель посчитала уходящими, в тестовую группу, а тех, кого уходящими посчитали маркетологи, — в контрольную. Тестовая группа получила предложение о скидке 15% в четверг вечером, а контрольная — в субботу. Будете ли вы доверять результатам такого эксперимента?

1. ☐ Да, ведь скидка одинакова
2. ☐ Нет, ведь они получили предложения в разное время

13. Как можно бороться с переобучением модели?

1. С помощью кросс-валидации;
2. С помощью отложенных выборок;
3. С помощью А/В-тестирований;
4. С помощью композиции алгоритмов.

1. ☐ 1 и 2
2. ☐ 3 и 4
3. ☐ 1 и 4
4. ☐ 2 и 4

14. Ваши клиенты активно пишут в онлайн-чаты техподдержки по любому поводу. Вы хотите в первую очередь работать с негативом, а значит, вам нужно научиться по тону сообщения отделять жалобы от стандартных вопросов, чтобы жалобы автоматически получали приоритет. Вы решаете делить сообщения на два класса. Дата-сайентист спрашивает, какая метрика будет ключевой?

Какую метрику вы выберете с учетом того, что вам важно научиться точно находить жалобы?

	y = 1 жалоба	y = 0 обычный вопрос
y прогнозное = 1	TP	FP
y прогнозное = 0	FN	TN

1. ☐ Доля правильных ответов $(TP+TN)/(TP+TN+FN+FP)$

2. ☐ Точность $TP/(TP+FP)$

3. ☐ Полнота $TP/(TP+FN)$

15. Если вы хотите, чтобы каждый объект попал в обучающую выборку и алгоритм стал учитывать его особенности, надо выбрать:

1. ☐ Метод многих отложенных выборок

2. ☐ Метод кросс-валидации (k-блоки)

16. К персональным данным относится:

1. ☐ Только та информация, которая непосредственно указывает физическое лицо

2. ☐ Любая информация, которая прямо либо косвенно может быть соотнесена с физическим лицом

3. ☐ Любая информация, которая прямо либо косвенно может быть соотнесена с физическим или юридическим лицом

17. Какая информация о пациентах, находящаяся в распоряжении медицинской организации, относится к персональным данным?

1. Диагнозы конкретных пациентов

2. Количество пациентов медицинской организации

3. Данные из электронной медицинской карты без Ф.И.О.: дата рождения, адрес регистрации и пр.

4. Динамика роста случаев конкретного заболевания.

1. ☐ 2 и 4

2. ☐ 1 и 4

3. ☐ 1 и 2

4. ☐ 1 и 3

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета с оценкой)

1. Препроцессинг. Масштабирование. Нормировка. Полиномиальные признаки. One-hot encoding.

2. Кластеризация. kMeans, MeanShift, DBSCAN, Affinity Propagation.

3. Смещение и дисперсия (bias and variance). Понятие средней гипотезы.

4. Ансамблевые методы. Soft and Hard Voting. Bagging. Случайные леса. AdaBoost.
5. Типы обучения: с учителем, без учителя, с подкреплением, с частичным участием учителя, активное обучение.
6. Бустинг деревьев решений.
7. Ошибка внутри и вне выборки. Ошибка обобщения. Неравенство Хёфдинга. Валидация и кросс-валидация.
8. Линейная регрессия. Полиномиальная регрессия. Гребневая регрессия.
9. Размерность Вапника-Червоненкиса. Размерность Вапника-Червоненкиса для перцептрона.
10. Логистическая регрессия. Градиентный спуск.
11. Пороговые условия. Эффективность по Парето. Precision-Recall и ROC кривые. AUC.
12. Ансамблевые методы регрессии. RANSAC. Theil-Sen. Huber.
13. Перцептрон. Перцептрон с карманом.
14. Метод опорных векторов. Постановка задачи. Формулировка и решение двойственной задачи. Типы опорных векторов. Ядра.
15. Гипотезы и дихотомии. Функция роста. Точка поломки. Доказательство полиномиальности функции роста в присутствии точки поломки.
16. Деревья решений. Информационный выигрыш, критерий Джини. Регуляризация деревьев. Небрежные решающие деревья.
17. Байесовский классификатор. Типы оценки распределений признаков (Gaussian, Bernoulli, Multinomial). EM алгоритм.
18. Нейронные сети. Перцептрон Розенблатта. Функции активации. Обратное распространение градиента. Softmax.
19. Стохастическая оптимизация. Hill Climb. Отжиг. Генетический алгоритм.
20. Метрические классификаторы. kNN. WkNN. Отбор эталонов. DROP5. Kdtree.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из	хорошо		71-85

	профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Банахевич К. Книга Kaggle. Машинное обучение и анализ данных / Пер. с англ. / К. Банахевич, Л. Массарон. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2024. - 448 с. - ISBN 978-5-9775-1903-8. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/396446/reading> (дата обращения: 05.01.2025). - Текст: электронный.

Дополнительная литература

1. Масис С. Интерпретируемое машинное обучение на Python: Пер. с англ. / С. Масис. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2023. - 640 с. - ISBN 978-5-9775-1735-5. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/389646/reading> (дата обращения: 05.01.2025). - Текст: электронный.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания (Договор с ФГБУ Российская Государственная библиотека № 101/НЭБ/1080-п от 27.09.2018)
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций (Договор с ООО «РУНЭБ» № SU-14-12/2018 от 21.12.2018 г.)
- ЭБС Консультант студента (Договор с ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» Договор № 2140 от 16.07.2024) до 24.08.2025
- ЭБС ZNANIUM.COM (Договор с ООО «ЗНАНИУМ», договор №3188 от 19.09.24 до 31.10.25)
- ЭБС «Айбукс» (Договор с ООО «Айбукс» №2482 от 7.08.2024) до 15.09.2025
- ООО «Проспект» (Договор с ООО Проспект, договор №3262 от 23.09.2024 до 22.09.2025)
- ЭБС РКИ (Договор с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №3508 от 1.11.2024) до 31.10.2025
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающая разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

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

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.