



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ИМЕНИ ГЛАВНОГО МАРШАЛА
АВИАЦИИ А.А. НОВИКОВА»**

УТВЕРЖДАЮ
Ректор / Ю.Ю. Михальчевский
« 30 » марта 2023 года

**ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ
АТТЕСТАЦИИ**

Направление подготовки
01.03.04 Прикладная математика

Направленность программы (профиль)
Математическое и программное обеспечение систем управления

Квалификация выпускника
бакалавр

Форма обучения
очная

Санкт-Петербург
2023 г.

1 Цели и задачи государственной итоговой аттестации

Целью государственной итоговой аттестации является определение соответствия результатов освоения обучающимися основной профессиональной образовательной программы соответствующим требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика» (уровень бакалавриата).

Типы профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники, освоившие программу бакалавриата – научно-исследовательский тип профессиональной деятельности.

Задачами государственной итоговой аттестации являются:

1 Проверка результатов освоения образовательной программы – уровня сформированности компетенций выпускников, установленных федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика» (уровень бакалавриата), профилю «Математическое и программное обеспечение систем управления», утвержденным Приказом Минобрнауки России №11 от 10 января 2018 г.:

универсальных компетенций (УК):

- *категория системного и критического мышления:*

способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1);

индикаторы:

ИД_{УК1}¹ Осуществляет поиск информации об объекте, определяет достоверность полученной информации, формирует целостное представление об объекте, а также о сущности и последствиях его функционирования;

ИД_{УК1}² Решает поставленные задачи, исходя из целостности объекта, выявления механизмов его функционирования и многообразных связей во внутренней и внешней среде объекта;

- *категория разработки и реализации проектов:*

способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений (УК-2);

индикаторы:

ИД_{УК2}¹ Формулирует конкретные задачи согласно поставленной цели и определяет последовательность действий для решения этих задач, выбирает наиболее оптимальный способ решения;

ИД_{УК2}² Рассматривает, оценивает и выбирает оптимальные способы решения задач, учитывая правовые нормы, имеющиеся ресурсы и иные ограничения;

- *категория командной работы и лидерства:*

способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде (УК-3);

индикаторы:

ИД_{УК3}¹ Применяет навыки социального взаимодействия в коллективе для выполнения поставленных целей и задач;

ИД_{УК3}² Эффективно взаимодействует с членами команды в процессе группового решения профессиональных проблем;

- *категория коммуникации:*

способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах) (УК-4);

индикаторы:

ИД_{УК4}¹ Формулирует и корректно выражает свои идеи, предложения в устной и письменной форме, осуществляет деловую коммуникацию, соблюдая ее цели, деловой этикет, субординацию и формальные ограничения;

ИД_{УК4}² Использует для устной и письменной деловой коммуникации русский и английский языки;

- *категория межкультурного взаимодействия:*

способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах (УК-5);

индикаторы:

ИД_{УК5}¹ Рассматривает межкультурное разнообразие как результат исторического процесса и необходимое условие устойчивого развития современного общества;

ИД_{УК5}² Учитывает в социальных и деловых взаимодействиях культурные особенности человека, основываясь на философских и этических учениях;

- *категория самоорганизации и саморазвития (в том числе здоровьесбережение):*

способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни (УК-6);

индикаторы:

ИД_{УК6}¹ Определяет цели и задачи собственной деятельности, выбирает способы и последовательность их реализации, эффективно управляя своим временем;

ИД_{УК6}² Понимает необходимость профессионально-личностного роста посредством непрерывного образования как основу саморазвития, выстраивает и реализует траекторию саморазвития;

способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (УК-7);

индикаторы:

ИД_{УК7}¹ Оценивает физическую подготовленность как необходимое условие обеспечения качества жизни в современном обществе;

ИД_{УК7}² Приобретает и поддерживает в процессе занятий физической подготовкой уровень развития физических качеств, обеспечивающий полноценную социальную и профессиональную деятельность;

- категория безопасности жизнедеятельности:

способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций (УК-8);

индикаторы:

ИД_{УК8}¹ Организует свою повседневную жизнь и профессиональную деятельность с учетом принципов экологической безопасности и концепции устойчивого развития современного общества;

ИД_{УК8}² Применяет меры безопасности и правила поведения в опасных условиях, в том числе при угрозе чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов, принимает обоснованные решения в конкретной опасной ситуации с учётом реально складывающейся обстановки и индивидуальных возможностей;

-экономическая культура, в том числе финансовая грамотность:

Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности (УК-9);

ИД_{УК9}¹ Владеет основами экономической и финансовой грамотности, понимает сущность рациональной организации хозяйственной деятельности в современном обществе;

ИД_{УК9}² Экономически обосновывает принятые решения, в том числе в профессиональной деятельности;

-гражданская позиция:

Способен формировать нетерпимое отношение к проявлениям экстремизма, терроризма, коррупционному поведению и противодействовать им в профессиональной деятельности (УК-10);

ИД_{УК10}¹ Оценивает серьёзность порождаемых коррупцией проблем и угроз для стабильности и безопасности современного общества;

ИД_{УК10}² Понимает сущность государственной антикоррупционной политики, в том числе в отраслевой сфере.

ИД_{УК10}³ Оценивает серьёзность проявлений экстремизма и терроризма как угроз национальной безопасности России и всего мирового сообщества, понимает сущность государственной системы противодействия экстремизму и терроризму, в том числе в отраслевой сфере.

общефессиональных компетенций (ОПК):

- категория теоретических и практических основ профессиональной деятельности:

способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике (ОПК-1);

индикаторы:

ИД_{ОПК1}¹ Применяет знания фундаментальной математики при решении поставленных задач;

ИД_{ОПК1}² Выбирает оптимальные методы фундаментальной математики при решении поставленных задач, в том числе в профессиональной сфере;

способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем (ОПК-2);

индикаторы:

ИД_{ОПК2}¹ Обрабатывает полученные в ходе решения научно-исследовательских и проектных задач экспериментальные данные с применением математических методов обработки результатов;

ИД_{ОПК2}² Оценивает построенную модель и ее адекватность применения в конкретной научно-исследовательской и проектной задаче, в том числе в профессиональной сфере;

Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-3);

индикаторы:

ИД_{ОПК3}¹ Строит математические модели при решении научно-исследовательских задач;

ИД_{ОПК3}² Использует аналитические и научные пакеты прикладных программ для создания математических моделей;

Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения (ОПК-4);

Индикаторы:

ИД_{ОПК4}¹ Владеет знаниями в области проектирования и разработки современных программных средств коммуникационных технологий;

ИД_{ОПК4}² Применяет имеющиеся навыки использования современных программных методов и средств коммуникационных технологий в профессиональной деятельности;

профессиональных компетенций (ПК):

способен планировать и осуществлять вычислительные эксперименты, анализировать и интерпретировать полученные результаты (ПК-1);

индикаторы:

ИД_{ПК1}¹ Владеет навыками планирования и осуществления вычислительных экспериментов в различных сферах профессиональной деятельности;

ИД_{ПК1}² Дает оценку полученным в ходе вычислительных экспериментов

результатам и успешно их интерпретирует;

способен разрабатывать алгоритмы и реализовывать их на основе современных парадигм, технологий и языков программирования (ПК-2);

индикаторы:

ИД_{ПК2}¹ Применяет имеющиеся технологии и знания при разработке и реализации алгоритмов в ходе профессиональной деятельности;

ИД_{ПК2}² Оценивает адекватность и логичность применения разработанного алгоритма в рамках конкретной задачи.

2 Принятие решения по результатам государственной итоговой аттестации о присвоении квалификации бакалавра и выдаче документа о высшем образовании: диплома бакалавра.

2 Форма государственной итоговой аттестации

Государственная итоговая аттестация выпускников по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика» (уровень бакалавриата), профилю «Математическое и программное обеспечение систем управления» проводится в форме:

1 государственного экзамена;

2 защиты выпускной квалификационной работы.

3 Место государственной итоговой аттестации в структуре ОПОП ВО

Государственная итоговая аттестация в структуре ОПОП ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика» (уровень бакалавриата), профилю «Математическое и программное обеспечение систем управления» относится к Блоку 3. «Государственная итоговая аттестация».

Государственная итоговая аттестация базируется как на результатах обучения всех дисциплин ОПОП ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика» (уровень бакалавриата), профилю «Математическое и программное обеспечение систем управления», основными из которых являются «Вычислительная математика», «Нелинейные модели», «Основы функционального анализа», «Методы оптимизации», «Алгоритмы и структуры данных» («Теория сложных вычислений и алгоритмов»), а также результатах прохождения производственной практики.

Государственная итоговая аттестация проводится в 8 семестре.

4 Общая трудоемкость и продолжительность государственной итоговой аттестации

Общая трудоемкость государственной итоговой аттестации составляет 9 зачетных единиц, 324 часа. Продолжительность государственной итоговой аттестации 6 недель.

5 Фонд оценочных средств для проведения государственной итоговой аттестации

5.1 Фонд оценочных средств для проведения государственного экзамена

5.1.1 Сформированность компетенций выпускника

Государственный экзамен направлен на оценку сформированности следующих компетенций выпускника:

Перечень и код компетенций	Наименование дисциплин
Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике (ОПК-1)	Вычислительная математика Нелинейные модели Основы функционального анализа Алгоритмы и структуры данных (Теория сложных вычислений и алгоритмов)
Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем (ОПК-2)	Методы оптимизации Алгоритмы и структуры данных (Теория сложных вычислений и алгоритмов)
Способен планировать и осуществлять вычислительные эксперименты, анализировать и интерпретировать полученные результаты (ПК-1)	Вычислительная математика Нелинейные модели Методы оптимизации
Способен разрабатывать алгоритмы и реализовывать их на основе современных	Алгоритмы и структуры данных (Теория сложных вычислений и алгоритмов)

Перечень и код компетенций	Наименование дисциплин
парадигм, технологий и языков программирования (ПК-2)	

5.1.2 Содержание государственного экзамена

Государственный экзамен проводится по следующим дисциплинам образовательной программы, результаты освоения которых имеют определяющее значение для профессиональной деятельности выпускников:

- Вычислительная математика
- Нелинейные модели
- Методы оптимизации
- Основы функционального анализа
- Алгоритмы и структуры данных (Теория сложных вычислений и алгоритмов)

По каждой дисциплине раскрывается тематика с указанием дидактических единиц и проверяемых компетенций в соответствии с вопросами, выносимыми на государственный экзамен.

Дисциплина 1. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА

Тема 1. Приближенные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем

Приближенные аналитические методы. Метод степенных рядов (метод последовательного дифференцирования). Метод последовательных приближений (метод Пикара). Метод Эйлера. Модификации метода Эйлера. Метод Рунге – Кутты.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Тема 2. Приближенные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений

Приближенные численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод редукции. Приближенные аналитические методы. Метод коллокаций. Метод наименьших квадратов. Метод Рунге.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Тема 3. Приближенные методы решения интегральных уравнений

Основные виды линейных интегральных уравнений. Связь между дифференциальными уравнениями и уравнениями Вольтерра. Метод

последовательных приближений. Метод замены ядра на вырожденное. Метод коллокаций. Метод наименьших квадратов.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Тема 4. Приближенные методы решения краевых задач для дифференциальных уравнений с частными производными

Классификация дифференциальных уравнений с частными производными. Начальные и краевые условия. Задача Коши. Краевые условия для уравнений эллиптического типа. Процесс Либмана. Метод прямых. Метод прямых для уравнения Пуассона.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Дисциплина 2. НЕЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ

Тема 1. Введение в моделирование нестационарных процессов

Анализ подходов к построению интерполяционных и экстраполяционных моделей. Экстраполяция при известном порядке аппроксимации. Оценка погрешности интерполяции и экстраполяции. Численная фильтрация результатов. Обзор нестационарных задач, решенных ранее и анализ недостатков известных методов.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Тема 2. Стационарные процессы формообразования как предельный случай нестационарности

Постановка стационарной и предельно-стационарной задач. Условие стационарности. Условие предельного формообразования. Квазистационарная постановка задачи. Стационарная обработка криволинейным ЭИ. Метод годографа.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Тема 3. Моделирование нестационарных процессов

Физическая постановка задачи. Математическая модель. Постановка плоской нестационарной задачи. Описание границы области составной функцией. Разработка численно-аналитического метода решения нестационарной задачи. Восстановление границы области при помощи интеграла Шварца и частных производных.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Тема 4. Основы теории возмущений

Анализ размерностей. Функции сравнения (калибровочные функции). Символы порядка. Разложения по степеням параметра или независимой переменной. Асимптотические ряды. Асимптотические разложения и последовательности. Единственность асимптотических разложений. Сравнение

сходящихся и асимптотических рядов. Простейшие действия над асимптотическими разложениями.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Тема 5. Методы теории возмущений

Прямые разложения типа Пуанкаре. Методика Линдштедта-Пуанкаре. Метод перенормировки. Метод многих масштабов. Метод Прандтля. Внешнее и внутреннее разложения. Высшие приближения и усовершенствованные процедуры сращивания. Метод составных разложений.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Дисциплина 3. МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Тема 1. Оптимизация функций

Понятие экстремума функции. Локальные и глобальные экстремумы. Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума функции одной и нескольких переменных. Задача поиска условного экстремума функции с ограничениями в виде равенств. Метод множителей Лагранжа. Задача поиска условного экстремума функции с ограничениями в виде равенств и неравенств. Задача математического программирования. Выпуклое программирование.

Проверяемые компетенции: ОПК-2, ПК-1.

Тема 2. Необходимые условия экстремума функционала

Понятие функционала. Экстремумы функционала. Задачи о брахистохроне и о поверхности вращения с наименьшей площадью. Близость кривых 0 и 1 порядка. Сильный и слабый экстремум. Линейные функционалы. Первая вариация функционала. Лемма о представлении первой вариации. Необходимое условие экстремума. Классическая задача вариационного исчисления. Основная лемма вариационного исчисления. Уравнение Эйлера. Случаи упрощения уравнения Эйлера. Функционалы, зависящие от нескольких функций (система уравнений Эйлера) и от производных старшего порядка (уравнение Эйлера - Пуассона). Функционалы, зависящие от функции нескольких переменных (уравнение Остроградского). Классическая вариационная задача с подвижными границами. Случаи свободной границы и границы, лежащей на некоторой кривой (условия трансверсальности). Экстремали с угловыми точками. Односторонние вариации.

Проверяемые компетенции: ОПК-2, ПК-1.

Тема 3. Достаточные условия экстремума функционала

Понятие второй вариации функционала. Достаточные условия экстремума функционала. Достаточные условия слабого экстремума в классической вариационной задаче. Условия Лежандра и Якоби. Поле экстремалей. Функция

Вейерштрасса. Достаточные условия сильного экстремума в классической вариационной задаче. Каноническая форма уравнений Эйлера. Функция Гамильтона.

Проверяемые компетенции: ОПК-2, ПК-1.

Тема 4. Задачи условной оптимизации функционалов

Задача Лагранжа на условный экстремум. Изопериметрическая задача. Задачи Майера и Больца. Задача программного управления. Оптимальные программные уравнения. Принцип максимума Понтрягина. Задача оптимального демпфирования. Уравнение Беллмана. Связь с оптимальным программным управлением.

Проверяемые компетенции: ОПК-2, ПК-1.

Тема 5. Численные методы оптимизации

Градиентные методы поиска экстремума функции. Прямые методы в вариационных задачах. Методы Эйлера и Рунге.

Проверяемые компетенции: ОПК-2, ПК-1.

Дисциплина 4. ОСНОВЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Тема 1. Метрические пространства

Понятие метрического пространства. Сходимость. Открытые и замкнутые множества. Полные метрические пространства. Принцип сжимающих отображений и его применение.

Проверяемые компетенции: ОПК-1.

Тема 2. Линейные, нормированные, евклидовы пространства

Линейные пространства. Выпуклые множества и выпуклые функционалы. Нормированные пространства. Евклидовы пространства. Пространство Банаха. Пространство Гильберта.

Проверяемые компетенции: ОПК-1.

Тема 3. Топологические пространства

Общее описание топологического пространства. Определение и примеры топологических пространств. Сравнение топологий. Определяющие системы окрестностей. База. Непрерывные отображения. Гомеоморфизм. Аксиомы отделимости. Различные способы задания топологий в пространстве. Топологические линейные пространства.

Проверяемые компетенции: ОПК-1.

Тема 4. Линейные операторы и функционалы

Непрерывные линейные функционалы. Сопряженное пространство. Обобщенные функции. Линейные операторы.

Проверяемые компетенции: ОПК-1.

Тема 5. Теория меры и интеграла Лебега

Мера плоских множеств. Общее понятие меры. Лебегово продолжение меры. Измеримые функции. Основные понятия и общее определение интеграла Лебега. Монотонные функции. Дифференцируемость интеграла Лебега по верхнему пределу. Производная неопределенного интеграла Лебега. Интеграл Лебега как функция множества. Интеграл Лебега – Стильтьеса. Пространство L_1 . Пространство L_2 . Ряды по ортогональным системам.

Проверяемые компетенции: ОПК-1.

Дисциплина 5.1 АЛГОРИТМЫ И СТРУКТУРЫ ДАННЫХ

Тема 1. Введение.

Определение алгоритма, вычислительной проблемы, размера задачи. Формальное описание алгоритма. Пузырьковый алгоритм сортировки (Insertion-Sort). Время выполнения алгоритма. Худшее, лучшее и среднее время выполнения алгоритма. Асимптотический анализ. Определения для O , Θ , Ω – нотаций. Методы определения верхней и нижней границы скорости роста монотонной функции. Элементы теории множеств. Рекуррентные выражения. Стратегия разделяй и властвуй. Алгоритм сортировки слиянием (Merge-Sort). Методы вычисления рекурсивных выражений: итерационны, подстановки, мастер формула. Примеры использования математической индукции. Алгоритм быстрой сортировки Quick-Sort. Нижняя граница для решения проблемы сортировки. Сортировка за линейное время – сортировка подсчетом (Count-Sort).

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 2. Элементарные структуры данных.

Статический массив. Динамический массив. Стек. Очередь. Связанный список (двойной, одиночный). Организация машинной памяти элементарных структур данных. Интерфейсы и их вычислительная сложность. Области применения.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 3. Элементы теории графов и алгоритмы обходов.

Определение графа. Направленный и ненаправленный граф. Степень вершины. Путь и цикл. Методы представления графов в машинной памяти: последовательность граней, массив смежных вершин, список смежных вершин, матрица смежностей. Проблема обхода графа. Обобщенный алгоритм обхода. Обход графа поиском в ширину – алгоритм BFS. Обход графа поиском в глубину – алгоритм DFS. Классификация граней в графе. Топологическая сортировка. Деревья и их свойства. Двоичная куча. Пирамидальная сортировка.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 4. Проблема нахождения наикратчайших путей.

Определение проблемы. Стоимость путей в графах. Стратегии решения проблемы SSSP. Релаксация граней. SSSP в направленном ациклическом графе. SSSP в графах с неотрицательной стоимостью граней – алгоритм Дикстра. Приоритетная очередь. Практическое использование алгоритма Дикстра. Дикстра с различными реализациями приоритетных очередей: наивная реализация, очередь корзин, радикс. SSSP для произвольных стоимостей граней – алгоритм Бельман-Форда.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 5. Вычислительная геометрия.

Область применения. Функция ориентации. Проблема выпуклой оболочки. Алгоритм Грехема. Алгоритм разделяй и властвуй. Алгоритм последовательного построения. Проблема нахождения наименьшей окружности обрамления. Нахождение пересечений отрезков на плоскости – алгоритм скользящей линии (Sweep Line). Пересечение плоскостных разбиений. Триангуляция.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 6. Двоичные деревья поиска.

Проблема двоичного поиска. Определение отсортированной последовательности (ОП) и операции над ними. Примеры использования ОП в практических приложениях. Реализация двоичного дерева. (a,b)-деревья. Операции locate(), insert(), remove(). Амортизационный анализ производительности структуры данных. Метод агрегаций. Банковский метод. Метод потенциалов.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 7. Хеш таблицы.

Прямая адресация. Хеш-функции. Универсальное хеширование. Эвристические методики выбора хеш функции. Открытая адресация.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 8. Минимальные покрывающие деревья.

Проблема построения минимального остова. Практическая область применения. Алгоритм Крускала. Алгоритм Ярника-Прима. Структура данных Union-Find.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 9. Алгоритмы поиска подстроки.

Обозначения и терминология. Простейший алгоритм. Алгоритм Рабина-Карпа. Поиск подстроки с помощью конечных автоматов. Алгоритм Кнута-Морриса-Пратта. Префикс-функция. Алгоритм Бойера-Мура.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Дисциплина 5.2 ТЕОРИЯ СЛОЖНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ И АЛГОРИТМОВ

Тема 1. Введение в теорию сложных вычислений и алгоритмов

Определение алгоритма, вычислительной проблемы, размера задачи. Формальное описание алгоритма. Худшее, лучшее и среднее время выполнения алгоритма. Асимптотический анализ. Определения для O , Θ , Ω – нотаций. Методы определения верхней и нижней границы скорости роста монотонной функции. Элементы теории множеств. Рекуррентные выражения. Построение алгоритмов. Принцип «разделяй и властвуй». Анализ алгоритмов типа «разделяй и властвуй».

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 2. Алгоритмы сортировки

Задача сортировки. Пузырьковый алгоритм сортировки (Insertion-Sort). Анализ времени выполнения пузырьковой сортировки. Алгоритм сортировки слиянием (Merge-Sort). Анализ времени выполнения сортировки слиянием. Методы вычисления рекурсивных выражений: итерационны, подстановки, мастер формула. Примеры использования математической индукции. Алгоритм быстрой сортировки Quick-Sort. Анализ времени выполнения быстрой сортировки. Нижняя граница для решения проблемы сортировки. Сортировка за линейное время – сортировка подсчетом (Count-Sort). Анализ времени выполнения сортировки подсчетом. Двоичная куча. Сортировка с помощью кучи (Binary Sort). Анализ времени выполнения сортировки с помощью кучи.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 3. Алгоритмы на графах

Определение графа. Типы графов. Степень вершины. Путь и цикл. Представление графов в программе: последовательность граней, массив смежных вершин, список смежных вершин, матрица смежностей. Алгоритм BFS. Алгоритм DFS. Топологическая сортировка ориентированного графа без циклов. Деревья и их свойства. Стоимость путей в графах. Стратегии решения проблемы нахождения кратчайшего пути: в направленном ациклическом графе, в графах с неотрицательной стоимостью граней (алгоритм Дикстры), для произвольных стоимостей граней (алгоритм Бельман-Форда). Минимальные покрывающие деревья и их построение. Алгоритм Крускала. Алгоритм Ярника-Прима.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 4. Максимальный поток

Потоки в сетях. Метод Форда-Фалкерсона. Анализ и доказательство корректности. Способы реализации метода Форда-Фалкерсона. Максимальное паросочетание в двудольном графе. Алгоритм проталкивания предпотока. Алгоритм поднять-и-в-начало. Доказательство корректности и оценка времени выполнения алгоритмов.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 5. NP-полнота

Класс NP-полных задач. Полиномиальные алгоритмы. Сложностный класс P. Формальные языки. Проверка принадлежности языку и класс NP. Гамильтонов цикл. Задача о гамильтонове цикле. Сложностный класс NP. NP-полнота и сводимость. Задача о выполнимости схемы. Задача о выполнимости формулы. Анализ работы и доказательства NP-полноты для некоторых задач о графах и множествах с помощью полиномиального сведения.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 6. Приближенные алгоритмы

Понятие приближенного алгоритма. Оценка качества приближенных алгоритмов. Полиномиальные приближенные алгоритмы для NP-полных задач. Задача о вершинном покрытии. Задача коммивояжера (с неравенством треугольника). Общая задача коммивояжера. Задача о сумме подмножества.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 7. Алгоритмы вычислительной геометрии

Структуры геометрических данных, основные операции. Построение выпуклой оболочки конечного множества точек. Алгоритм Грехема. Анализ времени выполнения алгоритма Грехема. Отыскание пары ближайших точек методом «разделяй и властвуй». Анализ времени выполнения алгоритма методом «разделяй и властвуй». Проблема нахождения наименьшей окружности обрамления и анализ времени выполнения. Нахождение пересечений отрезков на плоскости – алгоритм скользящей линии (Sweep Line). Пересечение плоскостных разбиений. Триангуляция.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

Тема 8. Алгоритмы поиска подстроки

Обозначения и терминология. Простейший алгоритм. Алгоритм Рабина-Карпа. Поиск подстроки с помощью конечных автоматов. Алгоритм Кнута-Морриса-Пратта. Префикс-функция. Алгоритм Бойера-Мура.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

5.1.3 Примерный перечень вопросов и типовые контрольные задания к государственному экзамену

Экзаменационный билет включает в себя два вопроса и одно практическое задание, с помощью которых оцениваются компетенции выпускника.

Вычислительная математика:

1. Какие приближенные аналитические методы существуют для решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем?
2. Алгоритм нахождения решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем методом последовательного дифференцирования.
3. Алгоритм нахождения решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем методом Пикара.
4. Алгоритм метода Рунге-Кутты.
5. Идея модификации метода Эйлера.
6. Приближенный метод редукции для решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.

7. Аппроксимация дифференциального уравнения разностным. Аппроксимация граничных условий.

8. Суть метода коллокаций. Алгоритм решения задачи методом коллокаций.

9. Приближенный метод решения обыкновенных дифференциальных уравнений – метод наименьших квадратов. Описание метода.

10. В чём заключается метод Рунге?

11. Частный случай линейных уравнений 1-го и 2-го порядка – уравнения Вольтерра.

12. Системы интегральных уравнений Вольтерры.

13. Метод последовательных приближений.

14. Метод резольвент (метод итерированных ядер).

15. Алгоритм метода коллокаций для решения интегральных уравнений.

16. Алгоритм метода наименьших квадратов для решения интегральных уравнений.

17. Виды дифференциальных уравнений. Граничные условия. Постановка задачи Коши.

18. Уравнения эллиптического типа. Краевые задачи для уравнения Лапласа.

19. Процесс Либмана, метод последовательных замещений.

20. Метод прямых решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона.

21. Экстраполяция при известном порядке аппроксимации

22. Оценка погрешности интерполяции многочленом большей степени. Изменение погрешности результатов с увеличением степени интерполяционного многочлена.

Нелинейные модели:

23. Математическая модель погрешности при численной фильтрации результатов.

24. Аналитическое и численное решение нестационарных задач. Квазистационарное приближение.

25. Отображения функциями z_n , $\ln z$, e^z .

26. Постановка стационарной задачи. Косинусное приближение, условие стационарности.

27. Постановка предельно-стационарной задачи. Модель «цилиндрического конденсатора». Условие предельного формообразования.

28. Начальные условия плоской задачи нестационарного формообразования. Физическая постановка задачи. Зависимость выхода по току от плотности тока.

29. Закон Фарадея, описывающий процесс электрохимического растворения в дифференциальной форме. Переход к безразмерным величинам.

30. Математическая модель нестационарного формообразования. Функция $z(\chi, \tau)$.

31. Численно-аналитический метод решения нестационарной задачи. Плоскости χ и ξ .
32. Возмущения по параметру. Основная формула разложения, применимость.
33. Символ порядка O большое, калибровочные функции, примеры.
34. Символ порядка o малое, калибровочные функции, примеры.
35. Асимптотические ряды.
36. Асимптотические разложения и последовательности.
37. Метод растянутых координат. Метод Линдштедта. Метод Лайтхилла.
38. Метод растянутых параметров. Метод Линдштедта-Пуанкаре.
39. Метод составных разложений, виды процедур сращивания, применимость.
40. Усовершенствованная процедура сращивания, условие Ван Дайка. Пример уравнения второго порядка $\epsilon y'' + y' + y = 0$, $0 \leq x \leq 1$, $y(0) = a$, $y(1) = b$.
41. Усовершенствованная процедура сращивания. Соответствие краевых условий внешнему и внутреннему решениям для уравнения с переменными коэффициентами $\epsilon y'' + a(x)y' + b(x)y = 0$, $y(0) = \alpha$, $y(1) = \beta$.
- Методы оптимизации:*
42. Понятие экстремума функции. Локальные и глобальные экстремумы. Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума функции одной и нескольких переменных.
43. Задача поиска условного экстремума функции с ограничениями в виде равенств. Метод множителей Лагранжа.
44. Задача поиска условного экстремума функции с ограничениями в виде равенств и неравенств. Задача математического программирования.
45. Выпуклое программирование.
46. Понятие функционала. Экстремумы функционала. Задачи о брахистохроне и о поверхности вращения с наименьшей площадью.
47. Близость кривых 0 и 1 порядка. Сильный и слабый экстремум.
48. Линейные функционалы. Первая вариация функционала. Лемма о представлении первой вариации. Необходимое условие экстремума.
49. Классическая задача вариационного исчисления. Основная лемма вариационного исчисления. Уравнение Эйлера.
50. Случай упрощения уравнения Эйлера.
51. Функционалы, зависящие от нескольких функций (система уравнений Эйлера) и от производных старшего порядка (уравнение Эйлера - Пуассона).
52. Функционалы, зависящие от функции нескольких переменных (уравнение Остроградского).
53. Классическая вариационная задача с подвижными границами. Случай свободной границы и границы, лежащей на некоторой кривой (условия трансверсальности).

54. Экстремали с угловыми точками.
55. Односторонние вариации.
56. Понятие второй вариации функционала. Достаточные условия экстремума функционала.
57. Достаточные условия слабого экстремума в классической вариационной задаче. Условия Лежандра и Якоби.
58. Поле экстремалей. Функция Вейерштрасса. Достаточные условия сильного экстремума в классической вариационной задаче.
59. Каноническая форма уравнений Эйлера. Функция Гамильтона.
60. Задача Лагранжа на условный экстремум.
61. Изопериметрическая задача.
62. Задачи Майера и Больца.
63. Задача программного управления. Оптимальные программные уравнения. Принцип максимума Понтрягина.
64. Задача оптимального демпфирования. Уравнение Беллмана. Связь с оптимальным программным управлением.
65. Градиентные методы поиска экстремума функции.
66. Прямые методы в вариационных задачах. Методы Эйлера и Рунге.
- Основы функционального анализа:*
67. Множества. Основные операции над множествами. Отображения множеств. Эквивалентность множеств.
68. Счетные множества. Счетность множества рациональных чисел. Теорема Кантора. Мощность континуума.
69. Метрические пространства. Примеры. Основные определения (шара, предельной точки, замкнутости, открытости, всюду плотности, нигде не плотности, сепарабельности). Примеры.
70. Фундаментальные последовательности. Полные пространства. Примеры. Теорема о вложенных шарах. Теорема Бэра. Пополнение пространства.
71. Линейные пространства. Основные определения (линейной независимости, базиса, размерности пространства, подпространства). Изоморфизм линейных пространств. Нормированные пространства. Примеры. Связь нормы и метрики. Банахово пространство.
72. Непрерывные отображения. Сжимающиеся отображения. Принцип сжимающихся отображений.
73. Приложение принципа сжимающихся отображений к решению алгебраических уравнений и систем.
74. Приложение принципа сжимающихся отображений к решению дифференциальных уравнений. Теорема Пикара.
75. Приложение принципа сжимающихся отображений к решению интегральных уравнений. Уравнения Фредгольма и Вольтерра.
76. Компактные метрические пространства. Критерий компактности. Выпуклые множества. Принцип неподвижной точки Шаудера.

77. Евклидовы пространства. Ортогональные системы элементов. Полнота системы элементов. Теоремы об ортогональном базисе.
78. Ряд Фурье. Теорема о наилучшем приближении элемента. Неравенство Бесселя.
79. Замкнутые ортогональные системы. Равенство Парсеваля. Теорема о полноте и замкнутости ортогональной системы в сепарабельном пространстве. Теорема Рисса-Фишера.
80. Необходимое и достаточное условие полноты ортогональной системы в сепарабельном пространстве.
81. Гильбертовы пространства. Теорема об изоморфизме сепарабельных гильбертовых пространств.
82. Топологические пространства.
83. Функционалы в нормированном пространстве. Непрерывность, линейность функционалов. Теорема о непрерывности дистрибутивного функционала.
84. Теорема о непрерывности дистрибутивного функционала в R^n . Общий вид линейного функционала в R^n .
85. Ограниченность функционала. Теорема об ограниченности непрерывных функционалов.
86. Норма функционала. Теорема о норме. Примеры.
87. Общий вид линейного функционала в евклидовом пространстве.
88. Линейные операторы в конечномерных пространствах. Матрица оператора. Сумма и произведение операторов.
89. Ядро и образ линейного оператора. Дефект и ранг линейного оператора. Невырожденный оператор. Свойства. Обратный оператор.
90. Собственные числа и собственные элементы линейного оператора. Инвариантные подпространства. Сопряженные операторы. Свойства. Самосопряженные, ортогональные, нормальные операторы. Норма оператора.
91. Аддитивные функции. Свойства. Теорема о счетной аддитивности. Теорема о возрастающей и убывающей последовательности множеств.
92. Мера множества. Свойства меры.
93. Внешняя мера. Теорема о внешней мере.
94. Мера, порожденная внешней мерой. Теорема о μ^* -измеримых множествах.
95. Теоремы о повторном применении процедуры стандартного распространения меры и о единственности распространения.
96. Мера Лебега.
97. Измеримые множества. Измеримость открытых, замкнутых множеств и параллелепипедов. Конечные и счетные множества.
98. Теорема о представлении внешней меры. Следствия. Множества типа F_σ и G_δ .
99. Измеримые функции. Свойства.
100. Арифметические свойства измеримых функций.
101. Предельный переход в классе измеримых функций.

102. Сходимость «почти всюду» и эквивалентные функции.
103. Сходимость по мере. Теорема об эквивалентных функциях.
104. Связь сходимости «почти всюду» и сходимости по мере. Теорема Лебега.
105. Связь сходимости по мере и сходимости «почти всюду». Леммы. Теорема Рисса.
106. Теорема об устойчивости сходимости. Теорема о регуляторе сходимости.
107. Интеграл Лебега от ограниченной функции по множеству конечной меры. Суммы Лебега-Дарбу. Теорема об интегрируемости измеримой функции. Связь интеграла Лебега с интегралом Римана.
108. Свойства интеграла Лебега от ограниченной функции.
109. Интеграл Лебега – общий случай. Суммируемые функции. Свойства суммируемых функций. Геометрический смысл интеграла Лебега.
- Алгоритмы и структуры данных:*
110. Формальное определение алгоритма.
111. Пример вычислительной проблемы.
112. Формальное описание алгоритма. Отличия от кода языка высокого уровня.
113. Алгоритм пузырьковой сортировки.
114. Худшее время выполнения пузырьковой сортировки.
115. Асимптотический анализ – назначение и пример.
116. Определение и примеры рекуррентного выражения. Пример реализации стратегии разделяй и властвуй.
117. Алгоритм сортировка слиянием (Merge-Sort).
118. Концепция алгоритма быстрой сортировки Quicksort. Анализ времени выполнения.
119. Нижняя граница проблемы сортировки для общего случая.
120. Сортировка за линейное время методом Count-Sort.
121. Интерфейс и реализация динамического массива (vector).
122. Интерфейс и реализация стека. Стратегия LIFO.
123. Интерфейс и реализация очередь. Стратегия FIFO.
124. Формальное определение графа.
125. Представление графа последовательностью граней.
126. Представление графа матрицей смежностей.
127. Представление графа массивом смежных вершин.
128. Представление графа списком смежных вершин.
129. Проблема нахождения кратчайшего пути.
130. Алгоритм Дикстра. Общее время выполнения.
131. Определение приоритетная очередь.
132. Наивная реализация приоритетной очереди.
133. Реализация приоритетной очереди очередью корзин.
134. Проблема выпуклой оболочки и алгоритмы ее построения.

135. Роль асимптотической нотации в определении производительности алгоритмов и структур данных.
136. Алгоритмы сортировки – принципы действия и производительность. Нижняя граница проблемы сортировки в общем случае.
137. Алгоритмы обхода графа. Сравнение и анализ.
138. Проблема поиска кратчайших путей.
139. Алгоритм Дикстры с различными приоритетными очередями.
140. Методы нахождения выпуклой оболочки.
141. Двоичное дерево поиска пример и назначение.
142. Структура (a,b) – дерева поиска.
143. Формальное определение хэш-функции.
144. Амортизационный анализ – назначение и примеры использования.
145. Метод агрегаций и банковский метод.
146. Минимальные покрывающие деревья.
147. Поиск подстроки. Алгоритмы поиска и анализ времени выполнения.
- Теория сложных вычислений и алгоритмов:*
148. Формальное определение алгоритма.
149. Пример вычислительной проблемы.
150. Общее представление о сети. Исходная сеть, ее параметры.
151. Теорема Форда — Фалкерсона, ее алгоритм.
152. Поток в сети. Определение и параметры.
153. Алгоритм пузырьковой сортировки. Худшее время выполнения пузырьковой сортировки.
154. Определение и примеры рекуррентного выражения. Пример реализации стратегии разделяй и властвуй.
155. Алгоритм сортировка слиянием (Merge-Sort).
156. Концепция алгоритма быстрой сортировки Quicksort. Анализ времени выполнения.
157. Нижняя граница проблемы сортировки для общего случая.
158. Сортировка за линейное время методом Count-Sort.
159. Сортировка Binary Sort.
160. Представление графа последовательностью граней.
161. Представление графа матрицей смежностей.
162. Представление графа массивом смежных вершин.
163. Представление графа списком смежных вершин.
164. Проблема нахождения кратчайшего пути.
165. Алгоритм Дикстры. Общее время выполнения.
166. Алгоритмы обхода графа. Сравнение и анализ.
167. Минимальные покрывающие деревья и алгоритм построения Ярника-Прима.
168. Минимальные покрывающие деревья и алгоритм построения Крускала.
169. Классы P и NP.

170. Принадлежность классу NP задач с полиномиальной проверкой.
171. Полиномиальная сводимость. Сведение задачи о гамильтоновом цикле.
172. NP-полные задачи. NP-полнота задачи о выполнимости схемы.
173. NP-полные задачи. NP-полнота задачи о выполнимости формулы.
174. Анализ принадлежности к классу NP задачи о клике.
175. Анализ принадлежности к классу NP задачи о вершинном покрытии.
176. Анализ приближенных алгоритмов для решения задачи коммивояжера.
177. Критерии качества приближенных алгоритмов.
178. 8. Анализ приближенных алгоритмов для решения задачи о сумме подмножества.
179. Методы нахождения выпуклой оболочки.
180. Методы нахождения наименьшей окружности обрамления.
181. Топологическая сортировка графа.
182. Алгоритм Беллман-Форда, анализ времени выполнения.
183. Поиск подстроки. Алгоритмы поиска и анализ времени выполнения.

Примеры типовых контрольных практических заданий для государственного экзамена

1. Исследовать уравнение:

$$y'' + \frac{1}{x} y' + \left(1 - \frac{n^2}{x^2}\right) y = 0$$

и найти его решение в виде ряда

$$y = a_0 x^\sigma + a_1 x^{\sigma+1} + \dots + a_n x^{\sigma+k} + \dots$$

2. Провести отображение верхнего полукруга единичной окружности при помощи функции Жуковского.
3. Построить отображение области в форме полукольца с параметрической плоскости на полосу на плоскости комплексного потенциала.
4. Разложить в 3-членное разложение $\epsilon y' + xy = -1$, $y(0) = 1$, $\epsilon \ll 1$.
5. Даны A и B – нечеткие множества на универсальном множестве E.

Найти $A \oplus B$, если:

$$A = 0,5/x_1 + 0,4/x_2 + 0,1/x_3 + 1/x_4$$

$$B = 0,1/x_1 + 0,3/x_2 + 0,1/x_3 + 0,5/x_4$$

6. Проектируется распределенная информационная система, позволяющая собирать в диспетчерский пункт (ДП) информацию от заданных объектов, расположение которых на местности фиксировано и известно. Требуется найти такое расположение ДП, при котором общая длина проводной линии, связывающей объекты с ДП, была бы минимальной.

7. Доказать, что множество точек разрыва монотонной функции, заданной на отрезке $[a, b]$, конечно или счетно.

8. Имеются заготовки в виде листов материала определенного размера. Из них нужно накроить детали четырех видов: А – 6 шт., Б – 15 шт., В – 25 шт., Г – 10 шт. Известны три способа раскроя заготовки. Количество деталей каждого вида, получаемых при этих способах раскроя: 3, 2, 1, 1 (1 раскрой), 2, 4, 1, 2 (2 раскрой), 2, 1, 1, 4 (3 раскрой). Найти оптимальный план раскроя заготовки, т.е. количество заготовок, при котором должно быть получено заданное количество деталей каждого вида из минимального количества заготовок.

9. Имеется 2 предприятия А1 и А2, в которых производится однородная продукция. Количество ежедневно производимой продукции в каждом из них задано: 120 (в А1), 90 (в А2). Эту продукцию нужно доставить в 4 пункта потребления: В1, В2, В3, В4. Их ежедневные объемы потребления заданы: 40 (В1), 20 (В2), 80 (В3), 70 (В4). Требуется найти оптимальный план перевозок, определяющий количество продукции, перевозимой из пункта А_і в пункт В_ј (і = 1, 2; ј=1, ..., 4). Этот план должен обеспечивать минимальные общие затраты на перевозки. При этом задана стоимость перевозки единицы продукции из каждого пункта отправления в каждый пункт доставки: 2, 4, 1, 1 (из А1 в В1, В2, В3, В4, соответственно), 4, 3, 2, 2 (из А2 в В1, В2, В3, В4, соответственно).

10. Для следующего рекуррентного выражения

$$T(n) = \begin{cases} a & n = 1 \\ T(\lfloor n/2 \rfloor) + d \lfloor n/6 \rfloor & n > 1 \end{cases}$$

найдите формулу $T(n)$ в явном виде

при помощи итерационного метода.

11. Пусть P_1 и P_2 - два выпуклых полигона на плоскости, каждый из которых представлен списком вершин (точек). Предложите алгоритм, который определяет выпуклую оболочку для объединения $P_1 \cup P_2$ за время $O(n_1 + n_2)$, где n_1 и n_2 число вершин в P_1 и P_2 , соответственно. (Для удобства можете предположить, что все координаты x точек P_1 меньше чем у вершин полигона P_2).

12. Построить счетную совокупность попарно не пересекающихся счетных множеств, каждое из которых всюду плотно на прямой.

5.1.4 Показатели и критерии оценивания результатов сдачи государственного экзамена, а также шкалы оценивания

Показатели для оценки компетенций для государственного экзамена:

1) способность четко, логично и последовательно излагать материал по каждому вопросу в билете, приводить практические примеры, оценивать

текущее состояние и выявлять проблемные ситуации, а так же предлагать пути их решения;

2) умения применять на практике полученные по дисциплинам знания для решения различных задач, уметь идентифицировать и анализировать проблему, обосновывать выбор метода ее решения;

3) умение четко формулировать ответы на поставленные в билете вопросы в рамках программы государственного экзамена.

Результаты государственного экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение государственного экзамена.

Критериями оценки уровня сформированности компетенций являются:

– «отлично» – ответ обучающегося полный, логичный, последовательный и грамотный. Обучающийся способен обобщить материал, сделать собственные выводы, выразить свое мнение, привести иллюстрирующие примеры. Решение и ответ практического задания аккуратно оформлены, выводы обоснованы, дана правильная и полная интерпретация выводов, студент аргументированно обосновывает свою точку зрения, уверенно и правильно отвечает на дополнительные вопросы;

– «хорошо» – ответ студента правильный, но не полный. Обучающийся обобщает материал с неточностями и делает собственные выводы с трудом. Не приводит иллюстрирующих примеров. Ход решения практического задания правильный, незначительные погрешности в оформлении; правильная, но не полная интерпретация выводов, студент дает верные, но не полные ответы на дополнительные вопросы, испытывает некоторые затруднения в интерпретации полученных выводов;

– «удовлетворительно» – ответ студента неполный, но правильный в основных моментах. Обучающийся затрудняется в обобщении материала и не может сделать собственные выводы, а также не приводит иллюстрирующих примеров. ход решения правильный, незначительные погрешности в оформлении. Ход решения практического задания правильный, но обучающийся дает неполную интерпретацию выводов, затрудняется в ответе на дополнительные вопросы, допускает ошибки;

– «неудовлетворительно» – В ответе обучающегося существенные ошибки в основных аспектах темы. Решение практического задания содержит грубые ошибки, неаккуратное оформление работы, выводы отсутствуют; студент не может прокомментировать ход решения задачи, дает неправильные ответы на дополнительные вопросы.

5.2 Фонд оценочных средств для оценки защиты выпускной квалификационной работы

5.2.1 Сформированность компетенций выпускника

универсальных компетенций (УК):

- категория системного и критического мышления:

способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1);

индикаторы:

ИД_{УК1}¹ Осуществляет поиск информации об объекте, определяет достоверность полученной информации, формирует целостное представление об объекте, а также о сущности и последствиях его функционирования;

ИД_{УК1}² Решает поставленные задачи, исходя из целостности объекта, выявления механизмов его функционирования и многообразных связей во внутренней и внешней среде объекта;

- категория разработки и реализации проектов:

способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений (УК-2);

индикаторы:

ИД_{УК2}¹ Формулирует конкретные задачи согласно поставленной цели и определяет последовательность действий для решения этих задач, выбирает наиболее оптимальный способ решения;

ИД_{УК2}² Рассматривает, оценивает и выбирает оптимальные способы решения задач, учитывая правовые нормы, имеющиеся ресурсы и иные ограничения;

- категория командной работы и лидерства:

способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде (УК-3);

индикаторы:

ИД_{УК3}¹ Применяет навыки социального взаимодействия в коллективе для выполнения поставленных целей и задач;

ИД_{УК3}² Эффективно взаимодействует с членами команды в процессе группового решения профессиональных проблем;

- категория коммуникации:

способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах) (УК-4);

индикаторы:

ИД_{УК4}¹ Формулирует и корректно выражает свои идеи, предложения в устной и письменной форме, осуществляет деловую коммуникацию, соблюдая ее цели, деловой этикет, субординацию и формальные ограничения;

ИД_{УК4}² Использует для устной и письменной деловой коммуникации русский и английский языки;

- категория межкультурного взаимодействия:

способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в

социально-историческом, этическом и философском контекстах (УК-5);

индикаторы:

ИД_{УК5}¹ Рассматривает межкультурное разнообразие как результат исторического процесса и необходимое условие устойчивого развития современного общества;

ИД_{УК5}² Учитывает в социальных и деловых взаимодействиях культурные особенности человека, основываясь на философских и этических учениях;

- *категория самоорганизации и саморазвития (в том числе здоровьесбережение):*

способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни (УК-6);

индикаторы:

ИД_{УК6}¹ Определяет цели и задачи собственной деятельности, выбирает способы и последовательность их реализации, эффективно управляя своим временем;

ИД_{УК6}² Понимает необходимость профессионально-личностного роста посредством непрерывного образования как основу саморазвития, выстраивает и реализует траекторию саморазвития;

способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (УК-7);

индикаторы:

ИД_{УК7}¹ Оценивает физическую подготовленность как необходимое условие обеспечения качества жизни в современном обществе;

ИД_{УК7}² Приобретает и поддерживает в процессе занятий физической подготовкой уровень развития физических качеств, обеспечивающий полноценную социальную и профессиональную деятельность;

- *категория безопасности жизнедеятельности:*

способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций (УК-8);

индикаторы:

ИД_{УК8}¹ Организует свою повседневную жизнь и профессиональную деятельность с учетом принципов экологической безопасности и концепции устойчивого развития современного общества;

ИД_{УК8}² Применяет меры безопасности и правила поведения в опасных условиях, в том числе при угрозе чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов, принимает обоснованные решения в конкретной опасной ситуации с учётом реально складывающейся обстановки и индивидуальных возможностей;

общефессиональных компетенций (ОПК):

- *категория теоретических и практических основ профессиональной*

деятельности:

способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике (ОПК-1);

индикаторы:

ИД¹_{ОПК1} Применяет знания фундаментальной математики при решении поставленных задач;

ИД²_{ОПК1} Выбирает оптимальные методы фундаментальной математики при решении поставленных задач, в том числе в профессиональной сфере;

способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем (ОПК-2);

индикаторы:

ИД¹_{ОПК2} Обрабатывает полученные в ходе решения научно-исследовательских и проектных задач экспериментальные данные с применением математических методов обработки результатов;

ИД²_{ОПК2} Оценивает построенную модель и ее адекватность применения в конкретной научно-исследовательской и проектной задаче, в том числе в профессиональной сфере;

Способен использовать и развивать методы математического моделирования и применять аналитические и научные пакеты прикладных программ (ОПК-3);

индикаторы:

ИД¹_{ОПК3} Строит математические модели при решении научно-исследовательских задач;

ИД²_{ОПК3} Использует аналитические и научные пакеты прикладных программ для создания математических моделей;

Способен разрабатывать и использовать современные методы и программные средства информационно-коммуникационных технологий (ОПК-4);

Индикаторы:

ИД¹_{ОПК4} Владеет знаниями в области проектирования и разработки современных программных средств коммуникационных технологий;

ИД²_{ОПК4} Применяет имеющиеся навыки использования современных программных методов и средств коммуникационных технологий в профессиональной деятельности;

профессиональных компетенций (ПК):

способен планировать и осуществлять вычислительные эксперименты, анализировать и интерпретировать полученные результаты (ПК-1);

индикаторы:

ИД¹_{ПК1} Владеет навыками планирования и осуществления вычислительных

экспериментов в различных сферах профессиональной деятельности;

ИД_{ПК1}² Дает оценку полученным в ходе вычислительных экспериментов результатам и успешно их интерпретирует;

способен разрабатывать алгоритмы и реализовывать их на основе современных парадигм, технологий и языков программирования (ПК-2);

индикаторы:

ИД_{ПК2}¹ Применяет имеющиеся технологии и знания при разработке и реализации алгоритмов в ходе профессиональной деятельности;

ИД_{ПК2}² Оценивает адекватность и логичность применения разработанного алгоритма в рамках конкретной задачи.

5.2.2 Примерный перечень тем выпускных квалификационных работ

1. Прогнозирование траектории воздушного судна с использованием методов машинного обучения.

2. Исследование методов траекторной обработки радиолокационной информации в АС УВД.

3. Исследование методов многомодельной фильтрации данных в многопозиционных радиолокационных комплексах.

4. Применение метаэвристических алгоритмов в задачах организации воздушного движения.

5. Моделирование системы расчета загрузки и центровки воздушного судна.

6. Моделирование задачи интермодальных перевозок для различных критериев оптимальности.

7. Сравнение эффективности методов простого перебора, ветвей и границ, и генетического алгоритма на примере задачи о коммивояжере.

8. Моделирование экспертной системы оптимизации работы диспетчера такси.

9. 3-D моделирование столкновения воздушного судна с птицей.

10. 3-D моделирование взлета и посадки воздушного судна для различных характеристик ветра и ВПП.

11. Автоматизация управления грузовым терминалом аэропорта.

12. Имитационная модель внутригородских пассажирских перевозок.

13. Сравнение эффективности алгоритмов теории графов поиска кратчайшего пути на схеме метрополитена.

14. Моделирование поведения ВС в районе приземления в АО «Международный аэропорт Шереметьево».

15. Применение некоторых численных методов интегрирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений для исследования поведения ВС.

16. Исследование турбулентности при посадке ВС в районе аэропорта.

Требования к выпускным квалификационным работам и порядку их выполнения приведены в следующих документах:

«Положение о государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации».

«Рекомендации по оформлению выпускной квалификационной работы бакалавриата (бакалаврской работы)» – Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, 2013 г. – 16 с.

5.2.3 Показатели и критерии оценивания результатов выпускной квалификационной работы, а также шкалы оценивания

Результаты выпускной квалификационной работы определяются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешную защиту выпускной квалификационной работы.

Оценка за выпускную квалификационную работу выносится в результате голосования членов государственной экзаменационной комиссии после обязательного обсуждения при отсутствии студентов. При выведении оценки ГЭК принимает во внимание следующие показатели:

- 1) содержание представленной к защите выпускной квалификационной работы соответствует заявленной теме ВКР;
- 2) оформление представленной выпускной квалификационной работы соответствует правилам оформления ВКР;
- 3) доклад студента о проделанной работе, его умение кратко и четко изложить ее основные положения, уровень владения материалом;
- 4) ответы студента на вопросы членов государственной экзаменационной комиссии по теме выпускной квалификационной работы;
- 5) содержание презентации и других представленных студентом демонстрационных материалов.

Результаты выпускной квалификационной работы определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешную защиту выпускной квалификационной работы.

Критерии оценки уровня сформированности компетенций:

«отлично»

– обучающийся обосновывает выбор темы и аргументирует предложения, описанные в ВКР;

– учебный материал по образовательной программе освоен в полном объеме, обучающийся может логично, грамотно и последовательно его излагать;

– по теме выпускной квалификационной работы обучающийся изучил литературу, свободно применяет изученный материал в практической деятельности;

– обучающийся свободно владеет профессиональной терминологией;

– содержание доклада обучающегося, а так же графический (презентационный) материал полностью соответствует выбранной теме ВКР;

– в ВКР прослеживается связь между целями и задачами, поставленными в ВКР и результатами работы (исследования);

– обучающийся аргументирует представленные выводы по работе над ВКР;

– соблюдены все требования к оформлению ВКР;

– материал доклада изложен ясно и аргументировано;

– обучающийся придерживается регламента при изложении доклада;

– обучающимся даны четкие ответы на поставленные вопросы членами

государственной экзаменационной комиссии.

«хорошо»

– обучающийся неуверенно обосновывает выбор темы и предложения, описанные в ВКР;

– учебный материал по образовательной программе освоен в полном объеме, обучающийся может допускать неточности в его изложении;

– обучающийся владеет основной профессиональной терминологией;

– содержание доклада обучающегося, а так же графический (презентационный) материал не полностью соответствует выбранной теме ВКР;

– в ВКР прослеживается связь между целями и задачами, поставленными в ВКР и результатами работы (исследования);

– обучающийся аргументирует представленные выводы по работе над ВКР;

– допущены ошибки в оформлении содержания ВКР и доклада;

– обучающийся слабо излагает материал доклада;

– обучающийся соблюдает регламент при изложении доклада;

– обучающийся дал не четкие ответы на поставленные вопросы членами государственной экзаменационной комиссии, но не было допущено существенных ошибок.

«удовлетворительно»

– обучающийся слабо обосновывает выбор темы и предложения, описанные в ВКР;

– обучающийся слабо освоил учебный материал по образовательной программе и допускает неточности в его изложении;

– по теме выпускной квалификационной работы обучающийся изучил литературу, но не может в полной мере применять изученный материал в практической деятельности;

– обучающийся плохо владеет профессиональной терминологией;

– в содержании доклада, а так же в графическом (презентационном) материале обучающийся допускает несоответствия содержанию ВКР;

- обучающимся не даны ответы на поставленные вопросы членами государственной экзаменационной комиссии;
- обучающийся отстывает от регламента при изложении доклада. «неудовлетворительно»
- обучающийся не может обосновывать выбор темы и предложения, описанные в ВКР;
- обучающийся не освоил учебный материал по образовательной программе;
- обучающийся не владеет основной профессиональной терминологией;
- содержание доклада обучающегося, а так же графический (презентационный) материал не соответствует выбранной теме ВКР;
- в ВКР нет связи между целями и задачами, поставленными в ВКР и результатами работы (исследования);
- не соблюдены требования к оформлению выпускной квалификационной работы;
- обучающийся не может сформулировать выводы по ВКР;
- обучающийся не представил выводы по работе над ВКР;
- допущены ошибки в оформлении содержания ВКР и доклада;
- обучающийся не излагает материал доклада;
- обучающийся не соблюдает регламент при изложении доклада;
- обучающийся не дал ответы на поставленные вопросы членами государственной экзаменационной комиссии, но не было допущено существенных ошибок.

В качестве методических материалов, определяющих процедуру оценивания результатов освоения образовательной программы, используется локальный нормативный акт ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации» (ФГБОУ ВО СПбГУ ГА) «Положение о государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации».

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение государственной итоговой аттестации

а) основная литература:

1 Конова, Е.А. **Алгоритмы и программы. Язык С++** [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.А. Конова, Г.А. Поллак. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 384 с. — ISBN — 978-5-8114-2020-9. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103905> — Загл. с экрана.

2 Кочегурова, Е. А. **Теория и методы оптимизации** : учебное пособие для академического бакалавриата / Е. А. Кочегурова. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 133 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-

10090-7. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/81138134-E61E-47F5-9D95-EFA409E1BF62 — Загл. с экрана.

3 Власова, Е.А. **Элементы функционального анализа** [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.А. Власова, И.К. Марчевский. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 400 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/67481> — Загл. с экрана..

4 Тузовский, А. Ф. **Объектно-ориентированное программирование** : учеб. пособие для прикладного бакалавриата / А. Ф. Тузовский. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 206 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-00849-4. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/BDEEFB2D-532D-4306-829E-5869F6BDA5F9

5 Прошкин, С.С. **Математика для решения физических задач** [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.С. Прошкин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/53688> — Загл. с экрана.

6 Береславский Э. Н., **Вычислительная математика: Учеб. пособ. для вузов. Реком. УМО [Текст]. Ч. 3: Приближенное решение интегральных уравнений** / Э. Н. Береславский, Я. М. Далингер, В. Д. Павлов. - СПб.: Политехника, 2017. - 134с. - ISBN 978-5-7325-1117-8. Количество экземпляров: 210.

7 Конова, Е.А. **Алгоритмы и программы. Язык С++** [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.А. Конова, Г.А. Поллак. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 384 с. — ISBN — 978-5-8114-2020-9. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103905> . — Загл. с экрана.

8 Лобанов, А. И. **Математическое моделирование нелинейных процессов** : учебник для академического бакалавриата / А. И. Лобанов, И. Б. Петров. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 255 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-8897-0. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/C7FE0C81-16DA-445E-8656-3A19CFB1170A

б) дополнительная литература:

9 Палий, И. А. **Линейное программирование** : учебное пособие для академического бакалавриата / И. А. Палий. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 175 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-04716-5. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/327FEF01-D1E7-41D5-BF05-4DB367826557 — Загл. с экрана.

10 Юдович, В.И. **Математические модели естественных наук** [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Юдович. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 336 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/689> — Загл. с экрана.

11 **Системы поддержки принятия решений** [Электронный ресурс] : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / В. Г. Халин [и др.] ; под ред. В. Г. Халина, Г. В. Черновой. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 494 с. — (Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-

534-01419-8. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/C65198DA-46BA-4EC4-B0ED-FFEEACE35A61

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

12 **BitDegree** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bitdegree.org/learn/>, свободный (дата обращения: 21.01.2021).

13 **Code Academy** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.codecademy.com/>, свободный (дата обращения: 21.01.2021).

14 **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный (дата обращения: 21.01.2021).

г) программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

15 **Qt** [программное обеспечение]. – Режим доступа: <https://www.qt.io/>, свободный (дата обращения: 21.01.2021).

16 **Visual Studio Community** [программное обеспечение]. – Режим доступа: <https://visualstudio.microsoft.com/ru/vs/community/>, свободный (дата обращения: 21.01.2021).

7 Материально-техническое обеспечение государственной итоговой аттестации

Для проведения государственного экзамена и защиты выпускной квалификационной работы выделяется аудитория кафедры №8 (800,801), переносной проектор.

Программа государственной итоговой аттестации составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры №8 «Прикладной математики и информатики»

« 21 » апреля 2023 года, протокол № 10.

Разработчики:

Д.Т.Н., доцент

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)

Костин Г.А.

К.П.Н., доцент

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)

Самойлов В. А.

И.о. заведующего кафедрой № 8 Прикладной математики и информатики

К.Т.Н., доцент

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Земсков Ю.В.

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

Д.Т.Н., доцент

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

Костин Г.А.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета « 29 » мая 2023 года, протокол № 8.

Костин Г.А.