

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Факультет космических исследований

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета космических исследований МГУ  
имени М.В. Ломоносова



Д.Ф.-м.н. Сазонов В.В.  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г.

## **ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА**

**(для осуществления приема на обучение по  
образовательным программам высшего образования -  
программам подготовки научных и научно-педагогических  
кадров в аспирантуре)**

**по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и  
обработка информации, статистика**

Рабочая программа утверждена  
Ученым советом факультета  
(протокол № 2  
от 27.03.2024 г.)

Москва - 2024

# I. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Настоящая программа предназначена для организации приема вступительного экзамена в аспирантуру по научной специальности **2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика** и содержит основные темы и вопросы к экзамену, список основной и дополнительной литературы и критерии оценивания. (все темы и вопросы должны быть не выше ФГОС ВО магистратуры и специалитета)

## II. ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ И ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

### 1. Общая часть

1. Непрерывные функции одной переменной и их свойства. Дифференцируемость функции одной переменной.
2. Функции многих переменных, их непрерывность и дифференцируемость. Полный дифференциал. Необходимые условия дифференцируемости. Градиент, его геометрический смысл.
3. Определенный и неопределенный интеграл. Достаточные условия интегрируемости функции по Риману. Несобственный интеграл (условная и абсолютная сходимость).
4. Числовые ряды. Сходимость рядов. Критерий Коши. Достаточные признаки сходимости (Коши, Даламбера, интегральный, Лейбница).
5. Абсолютная и условная сходимость числового ряда. Свойства абсолютно сходящихся рядов. Перестановка членов ряда. Теорема Римана.
6. Функциональные ряды и последовательности функций. Равномерная сходимость. Признак Вейерштрасса. Свойства равномерно сходящихся рядов (непрерывность суммы, почленное интегрирование и дифференцирование).
7. Степенные ряды в действительной и комплексной области. Радиус сходимости. Теорема Коши-Адамара. Теорема Абеля. Свойства степенных рядов (почленное интегрирование и дифференцирование). Разложение элементарных функций в степенной ряд.
8. Функции комплексного переменного. Условия Коши-Римана. Геометрический смысл аргумента и модуля производной.
9. Элементарные функции комплексного переменного:  $z^n, e^z, \frac{az+b}{cz+d}$  и отображения, которые они задают. Простейшие многозначные функции:  $\sqrt[n]{z}, \text{Ln } z$ .
10. Теорема Коши об интеграле по замкнутому контуру. Интеграл Коши. Ряд Тейлора.
11. Ряд Лорана. Полос и существенно особая точка. Вычеты. Основная теорема о вычетах и ее применение.

12. Линейные пространства. Линейная зависимость и независимость векторов. Ранг матрицы. Системы линейных алгебраических уравнений, теорема Кронекера-Капелли. Общее решение системы линейных алгебраических уравнений.
13. Линейные операторы в  $\mathbb{R}^n$ . Матрица линейного оператора. Ядро и образ линейного оператора. Характеристический многочлен линейного оператора векторного пространства. Собственные значения и собственные векторы. Самосопряженные операторы.
14. Квадратичные формы. Приведение их к каноническому виду. Закон инерции.
15. Евклидово пространство. Скалярное произведение, неравенство КБШ. Ортогональные преобразования в евклидовом пространстве и ортогональные матрицы.
16. Абстрактное гильбертово пространство. Линейные функционалы в гильбертовом пространстве и их норма. Линейные операторы, норма линейного оператора.
17. Пространство  $L_2$ . Ортогональные системы функций. Ряды Фурье по ортогональной системе функций, неравенство Бесселя, сходимость ряда Фурье в пространстве  $L_2$ . Достаточные условия равномерной сходимости рядов Фурье по тригонометрической системе функций. Влияние гладкости функции на порядок коэффициентов Фурье.
18. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для уравнения первого порядка, системы уравнений первого порядка и уравнения  $n$ -го порядка.
19. Линейные дифференциальные уравнения  $n$ -го порядка. Линейное однородное уравнение. Линейная независимость функций. Фундаментальная система решений. Определитель Вронского. Общее решение неоднородного уравнения.
20. Линейные обыкновенные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами (однородные и неоднородные).
21. Устойчивость по Ляпунову решений обыкновенных дифференциальных уравнений. Теорема об устойчивости по первому приближению.
22. Простейшая задача вариационного исчисления. Уравнение Эйлера. Вариационная задача с подвижными концами. Условия трансверсальности.
23. Формализация понятия алгоритма (машины Тьюринга, нормальные алгоритмы Маркова).
24. Функции алгебры логики. Реализация их формулами. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма.

## 2. Дополнительная часть

1. Совместное движение космических аппаратов. Общая характеристика совместного движения КА. Основные определения. Классификация методов

- наведения. Уравнения движения КА в орбитальной системе координат.
2. Свободное относительное движение КА. Метод свободных траекторий. Метод орбитального параллельного сближения. Метод инерциального параллельного сближения.
  3. Методы априорного статистического анализа движения ракет и снарядов. Числовые характеристики, используемые при статистическом анализе движения ЛА.
  4. Теория малых возмущений и коррекция параметров орбиты. Классификация возможных видов коррекции параметров траектории КА. Выбор корректируемых параметров. Связанная и несвязанная типы коррекций.
  5. Линеаризация при анализе и синтезе систем управления. Гармоническая линеаризация. Статистическая линеаризация. Использование передаточных функций и частотных характеристик для анализа систем управления. Типовые звенья систем управления. Структурные схемы и их преобразования.
  6. Понятие динамической системы. Свойства траекторий динамических систем. Особые точки и аттракторы. Бифуркации и грубость динамических систем и систем управления.
  7. Понятия качества систем управления. Оценки точности систем управления. Временные показатели качества. Частотные показатели качества. Показатели точности. Интегральные показатели качества.
  8. Понятие о космическом полете и об управлении им. Структура процесса управления полетом. Основные компоненты процесса управления. Контур управления полетом. КА как объект управления.
  9. Полетные операции. Система управления полетом. Основные функции системы управления полетами КА. Информация, циркулирующая в контуре управления полетом.
  10. Виды информационного обеспечения процесса управления полетом. Возможные разновидности результатов контроля и реакции на них со стороны системы управления полетом. Нештатные ситуации (НС) при полете КА, их классификация.
  11. Бортовые вычислительные системы, в составе БКУ. Архитектура бортовых вычислительных систем. Задачи, состав, наземных комплексов управления КА.
  12. Формализация исходных данных, необходимых для разработки командно-программной информации. Технологический цикл разработки КПИ. Применение различных видов КПИ, в зависимости от содержания и назначения реализуемых полётных операций. Виды бортовых программ отложенного управления.
  13. Методы реализации отложенного управления. Выбор бортовых программ отложенного управления для реализации запланированных полётных операций.
  14. Трансляция бортовых программ управления. Синтаксический и семантический контроль исходных текстов бортовых программ. Цели и задачи моделирования в процессе командно-программного управления. Моделирование в процессе формирования КПИ. Моделирование в целях контроля достоверности КПИ.

15. Технические и программные средства моделирования в процессе командно-программного управления. Алгоритмы решения задач учета и использования ресурсов БКУ. Алгоритмы моделирования БКУ для решения задач контроля достоверности КПИ.
16. Организация непрерывного контроля достоверности КПИ с использованием стендов и математических моделей. Алгоритмы моделирования бортовых ресурсов управляющих программных комплексов.
17. Область рассеивания в пространстве корректируемых параметров. Определение гарантированных запасов топлива для коррекции. Однопараметрическая и двухпараметрическая коррекции. Плоскость оптимальной коррекции.
18. Уравнения линейных динамических систем в пространстве состояний. Эквивалентные преобразования и канонические формы уравнений в пространстве состояний. Понятия и критерии управляемости и наблюдаемости.
19. Методы модального управления. Оптимальные регуляторы линейных систем при квадратичных критериях качества.
20. Оптимальные регуляторы линейных систем при квадратичных критериях качества и гауссовых случайных воздействиях типа «белый шум». Автоколебания в системах управления. Определение параметров автоколебаний.

### **III. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКЗАМЕНА**

Вступительный экзамен состоит из письменной и устной частей. Письменная часть включает пять задач по темам из списка вопросов. Устная часть включает в себя экзаменационный билет и собеседование по реферату по тематике будущего диссертационного исследования (с приложением реферата и отзыва на реферат предполагаемого научного руководителя)

### **IV. РЕФЕРАТ ПО ИЗБРАННОМУ НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ**

Реферат по избранному направлению подготовки представляет собой обзор литературы по теме будущего научного исследования и позволяет понять основные задачи и перспективы развития темы будущей диссертационной работы. Реферат включает титульный лист, содержательную часть, выводы и список литературных источников. Объем реферата 10-15 страниц машинописного текста (за основу принимается шрифт Times New Roman, 14 pt, полуторный межстрочный интервал). Реферат сопровождается отзывом предполагаемого научного руководителя, содержащим характеристику работы и рекомендуемую оценку, входящую в общий экзаменационный балл.

## V. ПРИМЕР ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Экзаменационный билет состоит из двух вопросов.

**Вопрос 1.** Линейные дифференциальные уравнения  $n$ -го порядка. Линейное однородное уравнение. Линейная независимость функций. Фундаментальная система решений. Определитель Вронского. Общее решение неоднородного уравнения.

**Вопрос 2.** Теория малых возмущений и коррекция параметров орбиты. Классификация возможных видов коррекции параметров траектории КА. Выбор корректируемых параметров. Связанная и несвязанная типы коррекций.

При формировании билетов первый вопрос билета выбирается из списка основных вопросов, второй – из списка дополнительных вопросов программы.

## VI. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 1. ЛИТЕРАТУРА К СПИСКУ ОСНОВНЫХ ВОПРОСОВ

1. Болотин С.В., Карапетян А.В., Кугушев Е.И., Трещев Д.В. Теоретическая механика. М.: Академия, 2010. 432 с.
2. Вильке В.Г. Механика систем материальных точек и твердых тел. М.: Физматлит, 2013. 268 с.
3. Влахова А.В., Мартыненко Ю.Г., Новожилов И.В. Колебания и фракционный анализ. М.- Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2020. 412 с.
4. Голубев Ю.Ф. Основы теоретической механики. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2019. 728 с.
5. Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. М.: Наука, 1967. 472 с.
6. Зорич В.А. Математический анализ. М.: Изд-во МЦНМО, 2012. Ч. 1. 702 с.; Ч. 2. 818 с.
7. Кострикин А.И. Введение в алгебру. Основы алгебры. М.: Физматлит, 1994. 320 с.
8. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. М.: Наука, 1973. 736 с.
9. Маркеев А.П. Теоретическая механика. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 592 с.
10. Новожилов И.В. Фракционный анализ. М.: Изд-во МГУ, 1995. 224 с.
11. Тихонов А.Н., Васильева А.Б., Свешников А.Г. Дифференциальные уравнения. М.: Физматлит, 2005. 254 с.
12. Тихонов А.Н., Самарский В.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1966. 724 с.
13. Филиппов А.Ф. Введение в теорию дифференциальных уравнений. М.: Едиториал УРСС, 2004. 240 с.
14. Бетанов В.В. Измерения при лётных испытаниях сложных динамических объектов: учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.

15. В.А. Соловьёв, Л.Н. Лысенко, В.Е. Любинский. Управление космическими полетами: учеб. пособие: в 2 ч. // Ч. 1 М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 476 с.
16. В.А. Соловьёв, Л.Н. Лысенко, В.Е. Любинский. Управление космическими полетами: учеб. пособие: в 2 ч. // Ч. 2 М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 426 с.
17. Антонов А. В. Системный анализ : учебник для вузов / Антонов А. В. - 2-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2006. - 452 с. - Библиогр.: с. 446-448. - ISBN 5-06-004862-4.
18. Солодовников В. В. Системный анализ и проектирование многообъектных систем управления: учеб. пособие. Основные понятия и определения. Оптимизация иерархических систем управления. - М. : Изд. МВТУ им. Н. Э. Баумана, 1982. - 42 с.
19. Корянов В.В., Казаковцев В.П. Основы теории космического полета. Ч. 2: Возмущенное движение. Учебно-методическое пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 57 с.
20. Корянов В.В., Казаковцев В.П. Основы теории космического полета. Ч. 3: Теория малых возмущений. Учебно-методическое пособие. М.: Издво МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. 60 с.
21. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов. Учебник для вузов. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 523 с.
22. Косяков А., Свит У. и др. Системная инженерия. Принципы и практика. Перевод с англ. под ред. В.К. Батоврина. – М.: ДМК Пресс, 2014 – 624 с.: ил.
23. Разработка систем космических аппаратов / Под ред. П. Фортеस्कью, Г. Суинерда, Д. Старка; Пер. с англ. – М.: Альпина ПРО, 2023. – 764 с.
24. Медведев А.А. Инновационные подходы при создании ракетно-космической техники. Унификация как проектный параметр управления эффективностью. Монография – 2-е изд. – М.: Издательство «Доброе слово и Ко», 2020. – 400 с., ил.
25. Основы компоновки бортового оборудования космических аппаратов: учебное пособие / А.В. Туманов, В.В. Зеленцов, Г.А. Щеглов. – 3-е изд., испр. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 572. с ил.

## **2. ЛИТЕРАТУРА К СПИСКУ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ВОПРОСОВ**

1. Бетанов В.В. Измерения при лётных испытаниях сложных динамических объектов: учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.
2. В.А. Соловьёв, Л.Н. Лысенко, В.Е. Любинский. Управление космическими полетами: учеб. пособие: в 2 ч. // Ч. 1 М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 476 с.
3. В.А. Соловьёв, Л.Н. Лысенко, В.Е. Любинский. Управление космическими полетами: учеб. пособие: в 2 ч. // Ч. 2 М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 426 с.
4. Антонов А. В. Системный анализ : учебник для вузов / Антонов А. В. - 2-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2006. - 452 с. - Библиогр.: с. 446-448. - ISBN 5-06-004862-4.

5. Солодовников В. В. Системный анализ и проектирование многообъектных систем управления: учеб. пособие. Основные понятия и определения. Оптимизация иерархических систем управления. - М. : Изд. МВТУ им. Н. Э. Баумана, 1982. - 42 с.
6. Корянов В.В., Казаковцев В.П. Основы теории космического полета. Ч. 2: Возмущенное движение. Учебно-методическое пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 57 с.
7. Корянов В.В., Казаковцев В.П. Основы теории космического полета. Ч. 3: Теория малых возмущений. Учебно-методическое пособие. М.: Издво МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. 60 с.
8. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов. Учебник для вузов. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 523 с.
9. Косяков А., Свит У. и др. Системная инженерия. Принципы и практика. Перевод с англ. под ред. В.К. Батоврина. – М.: ДМК Пресс, 2014 – 624 с.: ил.
10. Разработка систем космических аппаратов / Под ред. П. Фортескью, Г. Суинерда, Д. Старка; Пер. с англ. – М.: Альпина ПРО, 2023. – 764 с.
11. Медведев А.А. Инновационные подходы при создании ракетно-космической техники. Унификация как проектный параметр управления эффективностью. Монография – 2-е изд. – М.: Издательство «Доброе слово и Ко», 2020. – 400 с., ил.
12. Основы компоновки бортового оборудования космических аппаратов: учебное пособие / А.В. Туманов, В.В. Зеленцов, Г.А. Щеглов. – 3-е изд., испр. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 572. с ил.
13. Кравец В.Г., Любинский В.Е. Основы управления космическими полётами. // М.: Машиностроение, 1983. 256 с.
14. Колесников А. А. Новые нелинейные методы управления полетом / Колесников А. А. - М. : Физматлит, 2013. - 193 с. : ил. - Библиогр.: с. 188-193. - ISBN 978-5-9221-1490-5.
15. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 407 с. ил.
16. Охоцимский Д.Е., Сихарулидзе Ю.Г. Основы механики космического полета. М.: Наука, 1990
17. Власов С.А. Теория полета космических аппаратов: учебное пособие/ С.А.Власов, П.А.Мамон. -СПб.; ВКА им. А.Ф.Можайского, 2007. -435с.
18. Можаяев Г.В. Синтез орбитальных структур спутниковых систем. Теоретико-групповой подход. –М.: Машиностроение, 1989. -304с

## VII. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Письменная часть экзамена оценивается по пятибалльной шкале. За каждую задачу абитуриент получает максимум 1 балл.

Устная часть экзамена оценивается по пятибалльной шкале как среднее арифметическое оценок за каждый из вопросов билета и за собеседование по



реферату (минимальный балл за каждый вопрос равен 0, максимальный балл равен 5).

Таким образом, уровень знаний поступающих в аспирантуру МГУ оценивается по десятибалльной шкале.

При отсутствии поступающего на вступительном экзамене в качестве оценки проставляется неявка. Экзаменаторы дополнительно к вопросам билета могут задать вопросы по программе экзамена. Результаты сдачи вступительного экзамена сообщаются поступающим в течение трех дней со дня проведения экзамена путем их размещения на сайте и информационном стенде структурного подразделения. Вступительное испытание считается пройденным, если поступающий получил семь баллов и выше.

### **VIII. АВТОРЫ**

д.ф.-м.н. А.М. Савчук, д.ф.-м.н. И.В. Садовничая, д.ф.-м.н. В.В. Сазонов,  
д.т.н. С.В. Соловьёв, к.ф.-м.н. В.Е. Владыкина, к.т.н. В.В. Корянов, к.ф.-м.н.  
И.А. Самыловский