

Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный конструктор
академик РАН

Е.А. Микрин

2018 г.

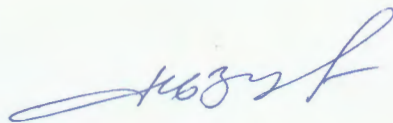
ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по направлению подготовки
научно-педагогических кадров в аспирантуре
24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника

направленность 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка
информации»

Рабочая программа дисциплины сформирована в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника (приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 № 890), Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (приказ Минобрнауки России от 19.11.2013 № 1259), учебным планом.

Составители:
д.т.н., профессор



Зубов Н.Е.

Согласовано:



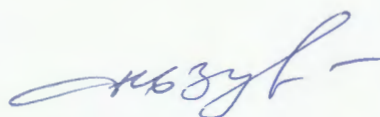
Заведующая аспирантурой

Потрываева Е.В.

Рабочая программа рассмотрена на заседании секции НТС «Подготовка научных кадров»

Протокол № 4/2018 от 17.07.2018

Председатель секции НТС
«Подготовка научных кадров»



Лукьяшко А.В.

Таблица переутверждения рабочей программы

Год утверждения (переутверждения)				
Председатель (заместитель председателя секции НТС) ФИО, ученая степень				
Подпись				
Номер и дата протокола заседания секции НТС	Протокол № от _____	Протокол № от _____	Протокол № от _____	Протокол № от _____

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа предназначена для проведения кандидатского экзамена по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника», по направленности «Системный анализ, управление и обработка информации» в аспирантуре «РКК «Энергия».

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: системный анализ, управление и обработка информации; математическое моделирование; применение математического моделирования и математических методов в научных исследованиях при создании БКУ КА, объекты управления и их классификация, автоматические и автоматизированные системы управления, теория моделирования и методы экспериментальных исследований автоматических систем, технология проведения экспериментов на космических кораблях и орбитальных станциях.

На экзамене по направленности «Системный анализ, управление и обработка информации» аспирант должен продемонстрировать владение методами моделирования бортовых и наземных систем управления КК, методами управления космическими полетами, принципами и методами планирования экспериментов, методами и средствами проектирования программного обеспечения. Он должен уметь анализировать информацию при подготовке соответствующих материалов в процессе научной деятельности, при принятии решений по данной специальности и избранной области предметной специализации.

Указанные знания и умения аспирант приобретает в процессе освоения дисциплин учебного плана подготовки аспирантов по направленности.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Раздел 1. Основные понятия и задачи системного анализа.

Управление в технических системах и научно-технический прогресс. Комплексная автоматизация производств.

Объекты управления и их классификация. Автоматические и автоматизированные системы управления. ЭВМ в системах управления и человеко-машинные комплексы. Человеко-машинные комплексы. Автоматизированные системы реального времени. Основные положения концепции создания автоматизированных систем реального времени. Основные положения концепции автоматизированного управления крупно-габаритных космических конструкций.

Раздел 2 Автоматическое регулирование

Системы стабилизации, программное регулирование, системы слежения. Многосвязные системы регулирования. Структура и модели систем регулирования. Линейные и нелинейные системы; детерминированные и стохастические системы; системы с сосредоточенными и распределенными параметрами.

Устойчивость линейных и нелинейных систем регулирования. Критерии устойчивости. Методы исследования нелинейных систем. Автоколебания. Качество систем регулирования.

Инвариантные системы регулирования. Адаптивные системы регулирования. Регуляторы с переменной структурой.

Раздел 3. Идентификация и оптимальное управление

Понятие абстрактной системы. Динамические системы в пространстве состояний. Управляемость и наблюдаемость. Задача идентификации. Модели систем. Оценивание параметров и состояний. Тестовые сигналы. Метод Винера.

Основные задачи теории оптимального управления, критерии оптимальности. Подходы и методы решения оптимизационных задач управления: вариационный подход, метод динамического программирования, принцип максимума Понтрягина. Управление при неполной информации о состоянии. Фильтр Калмана. Управление при наличии априорной неопределенности. Принцип адаптации в управлении. Модели систем «человек-машина». Метод статистических испытаний.

Раздел 4. Методы оптимизации и исследования операций

Основные определения. Проблемы оптимизации. Классификация задач оптимизации.

Общая постановка задачи математического программирования. Линейные и нелинейные задачи с гладковыпуклой структурой. Симплекс-метод.

Общая характеристика и особенности дискретных задач математического программирования. Задачи оптимизации на графах. Целочисленное линейное программирование (ЦЛП). Возможные подходы к решению задач ЦЛП. Проблема конечности алгоритмов в ЦЛП.

Нелинейные задачи дискретного программирования. Метод ветвей и границ. Булево программирование.

Предмет исследования операций (ИСО). Цели и этапы ИСО. ИСО и принятие решений. Типовые задачи ИСО. Постановка задач ИСО с учетом информационных условий. Детерминированные, стохастические задачи ИСО. Задачи ИСО в условиях неопределенности.

Задачи распределения ресурсов, размещения и назначения (выбора). Применение линейного и динамического программирования для решения задач распределения ресурсов.

Сетевые задачи выбора маршрута на графе. Задача коммивояжера и ее решение методом «ветвей и границ». Задачи выбора кратчайшего пути в незамкнутом графе.

Моделирование операций на основе Марковских процессов. Моделирование операций на основе статистических испытаний. Сведение испытаний к стандартному механизму розыгрыша.

Модели и методы теории массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания (СМО). Марковские СМО с отказом, ожиданием и очередью. Замкнутые СМО. Исследование надежности с резервированием и восстановлением.

Определение оптимальных решений сведением к задаче линейного программирования.

Раздел 5. Системы логического управления

Алгебра логики. Булевы функции. Функциональная полнота. Множества, отношения, предикаты.

Теория алгоритмов и формальных систем. Машины Тьюринга. Вычислимость и разрешимость. Алгоритмически неразрешимые проблемы. Теория графов и сетей. Маршруты, цепи, циклы. Обходы графа. Двудольные графы и паросочетания. Деревья, цикломатическое число. Операции над графами. Экстремальные задачи на графах и сетях.

Математические модели систем логического управления: логические сети; конечные, вероятностные, недетерминированные автоматы. Сети Петри и модели взаимодействующих дискретных процессов. Языки описания автоматов и дискретных

процессов. Структурные свойства систем логического управления. Эквивалентные преобразования и минимизация логических функций и автоматов. Композиция и декомпозиция автоматов. Сети из автоматов.

Методы схемной и программной реализации систем логического управления. Структурный синтез схем в различных базисах. Операторные и бинарные программы логического управления; сравнительные оценки их сложности.

Диагностика систем логического управления.

Раздел 6. Основы теории оптимального управления

Задачи анализа и синтеза оптимальных управлений, задача синтеза оптимальной системы. Параметрическая оптимизация. Оптимизация с помощью методов классического вариационного исчисления. Принцип максимума. Функция Беллмана и уравнения Беллмана. Метод аналитического конструирования. Взаимосвязь методов оптимизации. Возможности каждого метода по анализу и синтезу оптимальных управлений, по синтезу оптимальных систем.

Методы решения задачи оптимальной оценки вектора состояния по Калману в дискретном и непрерывном варианте. Дуальность.

Раздел 7. Обработка сигналов

Понятие об обобщенном спектре. Аппроксимация сигналов степенными функциями. Определение коэффициентов разложения по методу наименьших квадратов. Применение ортогональных разложений. Гармонический анализ периодических процессов. Последовательный и параллельный анализ. Быстрое преобразование Фурье. Понятие текущего спектра.

Статистические характеристики стационарных случайных процессов. Аппаратурный анализ стационарных процессов. Выбор длины реализации случайного процесса при заданной точности определения спектральной плотности или корреляционной функции.

Применение методов математической статистики. Принцип наименьшего риска. Байесовские оценки. Метод максимального правдоподобия. Предельные характеристики точности определения параметров сигналов статистическими методами.

Раздел 8. Методы идентификации

Постановка проблемы. Идентификация по разомкнутому и замкнутому циклу, активная и пассивная. Классификация методов идентификации в зависимости от критерия оптимизации, применяемой математической модели, входных сигналов, априорной информации, вычислительной процедуры. Проблема корректности. Влияние обратной связи.

Метод наименьших квадратов. Метод максимального правдоподобия. Метод Байесовских оценок. Метод стохастической аппроксимации.

Градиентный метод. Метод наименьших квадратов. Метод настраиваемой модели, дискретный и непрерывный варианты.

Определение и классификация адаптивных систем. Постановка задачи синтеза адаптивных систем управления. Гипотеза о квазистационарности.

Методы синтеза адаптивных систем.

Системы экстремального регулирования. Поисковые алгоритмы непрямого адаптивного управления с настраиваемой моделью.

Постановка задачи синтеза. Синтез основного контура управления. Синтез контура адаптации. Условия идентифицируемости.

Алгоритмы скоростного градиента и условия их применимости. Робастность алгоритмов скоростного градиента. Алгоритмы скоростного градиента в системах с явной эталонной моделью. Алгоритмы скоростного градиента в системах с неявной эталонной моделью.

Схемы построения адаптивных наблюдателей состояния. Непрямое адаптивное управление. Прямое адаптивное управление с явной эталонной моделью. Декомпозиция адаптивных систем на основе разделения движений.

Раздел 9. Основы системного анализа. Принятие решений и проектирование многоуровневых систем и бортовых комплексов управления КА

Понятие системы и ее структуры. Задачи системного анализа. Системный анализ с позиции кибернетики. Многоуровневые многообъектные многокритериальные эргатические распределенные системы управления (МРСУ).

Требования к алгоритмам, системам и процессам проектирования из условий эффективности, стабильности, сложности, живучести, робастности, адаптивности. Роль уровня принятия решений МРСУ в интеллектуальных системах.

Классические задачи принятия решений. Качественная постановка задачи принятия оперативных решений и обоснование необходимости формализации понятия «сложность». Концепция наименьшего действия-сложности и ее влияние на формализм задач принятия решений. Обзор математических теорий сложности.

Постановка задач принятия решений на расширенных множествах альтернатив по скалярному критерию. Общие процедуры принятия решений на расширенных множествах. Графы структур решений. Три уровня оценки действия-сложности для задач принятия решений. Математическая постановка задач принятия оперативных решений. Концепция доминантных условий в проблеме принятия решений.

Точные методы решения классической задачи выбора. Метод решения задачи назначения с матрицами особого рода. Приближенные методы решения классической задачи выбора.

Алгоритмы решения классической задачи выбора на расширенных множествах альтернатив. Алгоритмы решения объединенной задачи выбора на расширенных множествах альтернатив.

Векторная оптимизация решения на основе принципа сложности. Задачи принятия решений по векторному критерию на расширенных множествах альтернатив. Задача выбора с аддитивным и максиминным критериями. Многокритериальная задача выбора с аддитивными критериями.

Ракетно-космическая техника и проектирование бортовых комплексов управления. Проектирование систем управления движением и навигации. Задачи синтеза программного и информационного обеспечения модульных систем **отработки** данных реального масштаба времени бортовых комплексов управления КА. Модели и методы анализа процессов возникновения нештатных ситуаций при управлении функционированием космических аппаратов. Резервирование и достоверность данных в информационно-управляющих системах космических аппаратов. Модели и методы объектно-ориентированного анализа и структуризации предметных областей баз данных бортовых комплексов управления КА. Моделирование функционирования бортовых комплексов управления КА. Модели оптимизации процессов комплексной отладки программного обеспечения бортовых комплексов управления КА.

Вопросы к кандидатскому экзамену

1. Объекты управления и их классификация.
2. Автоматические и автоматизированные системы управления.

3. ЭВМ в системах управления и человеко-машинные комплексы. Человеко-машинные комплексы.
4. Автоматизированные системы реального времени.
5. Устойчивость линейных и нелинейных систем регулирования. Критерии устойчивости.
6. Динамические системы в пространстве состояний.
7. Управляемость и наблюдаемость.
8. Задача идентификации.
9. Оценивание параметров и состояний.
10. Основные задачи теории оптимального управления, критерии оптимальности.
11. Подходы и методы решения оптимизационных задач управления: вариационный подход.
12. Метод динамического программирования.
13. Принцип максимума Понтрягина.
14. Методы оптимизации и исследования операций.
15. Основные определения оптимизации.
16. Проблемы оптимизации.
17. Классификация задач оптимизации.
18. Основы теории оптимального управления для детерминированных систем.
19. Численные методы теории оптимального управления.
20. Общая характеристика системного анализа, управления и обработки информации.
21. Система как средство достижения цели, искусственные и естественные системы.
22. Моделирование как основа системного анализа.
23. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
24. Критерии и модели описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
25. Методы и алгоритмы решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
26. Методы идентификации систем управления на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации.
27. Методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем.
28. Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах.
29. Типы экспериментов и измерений. Виды измерительных шкал, признаки их различия и особенности применения.
30. Метод имитационного моделирования.
31. Задачи прогнозирования.
32. Системное планирование и его основные процедуры.
33. Основные процедуры сетевого планирования и управления проектами.

Примеры билетов к кандидатскому экзамену

Билет № 1

1. Объекты управления и их классификация.
2. Подходы и методы решения оптимизационных задач управления: вариационный подход.
3. Моделирование как основа системного анализа.

Билет № 2

1. Автоматические и автоматизированные системы управления.
2. Метод динамического программирования.

3. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

Билет № 3

1. ЭВМ в системах управления и человеко-машинные комплексы. Человеко-машинные комплексы.
2. Принцип максимума Понтрягина.
3. Критерии и модели описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

Билет № 4

1. Автоматизированные системы реального времени.
2. Методы и алгоритмы решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
3. Методы оптимизации и исследования операций.

Билет № 5

- 1 Устойчивость линейных и нелинейных систем регулирования. Критерии устойчивости.
- 2 Проблемы оптимизации.
- 3 Методы идентификации систем управления на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации.

Билет № 6

1. Динамические системы в пространстве состояний.
2. Классификация задач оптимизации.
3. Методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем.

Билет № 7

- 1 Управляемость и наблюдаемость.
- 2 Основы теории оптимального управления для детерминированных систем.
- 3 Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах.

Билет № 8

1. Задача идентификации.
2. Численные методы теории оптимального управления.
3. Типы экспериментов и измерений. Виды измерительных шкал, признаки их различия и особенности применения.

Билет № 9

1. Оценивание параметров и состояний.
2. Общая характеристика системного анализа, управления и отработки информации.
3. Метод имитационного моделирования.

Билет №10

4. Основные задачи теории оптимального управления, критерии оптимальности.
1. Общая характеристика системного анализа, управления и отработки информации.
2. Системное планирование и его основные процедуры.

Критерии оценивания кандидатского экзамена:

Оценка за экзамен	Критерии оценивания
«Неудовлетворительно»	Аспирант не знает значительной части программного материала (менее 50% правильно выполненных заданий от общего объема работы), допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой экзамена.
«Удовлетворительно»	Аспирант показывает знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, в целом, не препятствует усвоению последующего программного материала, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ, подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой экзамена на минимально допустимом уровне.
«Хорошо»	Аспирант показывает, что твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, допуская некоторые неточности; демонстрирует хороший уровень освоения материала, информационной и коммуникативной культуры и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой экзамена.
«Отлично»	Аспирант глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой экзамена.

Основная литература

1. Микрин Е.А. Бортовые комплексы управления космическими аппаратами и проектирование их программного обеспечения. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003.
2. Н.Е. Зубов, Е.А. Микрин, В.Н. Рябченко «Матричные методы в теории и практике систем автоматического управления летательных аппаратов, Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. -666с.
3. Н.Е.Зубов, В.Н. Рябченко. «Алгебраические и матричные методы в теории управления движением летательных аппаратов» учебное пособие / - Королев: Издательство ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева», 2015. -160с.: ил.

4. Зубов Н.Е., Рябченко В.Н. «Управление космическим аппаратом при сходе с орбиты и движении в атмосфере» учебное пособие/Н.Е.Зубов, В.Н.Рябченко- Королев: Издательство ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева», 2015. 150 с.
5. Зубов Н.Е., Мисриханов М.Ш., Рябченко В.Н. «Посткомпенсация в задачах управления движением летательных аппаратов» учебное пособие/Н.Е.Зубов, М.Ш. Мисриханов, В.Н.Рябченко. - Королев: Издательство ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева» , 2015. -124с.
6. Микрин Е.А., Платонов В.Н., Кульба В.В., Павлов Б.В. Теоретические основы проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов. Под общей редакцией доктора технических наук Микрина Е.А. – М.: Наука, 2006.
7. Управление в технических системах : учебник для вузов / Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. - М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. - 456 с. : ил. - Список лит.: с. 449

Дополнительная литература

1. Микрин Е.А., Гладков Ю.М., Павельев В.В. Модели и методы выбора оптимальных систем защиты центров обработки данных. М.: Научное издание. Институт проблем управления РАН., 2010
2. Программное обеспечение бортового комплекса управления. Бортовой комплекс управления системой спутниковой связи «Ямал». – Пояснительная записка. – 351.00518-01 81.
3. Программное обеспечение бортового комплекса управления. Бортовой комплекс управления системой спутниковой связи «Ямал». – Техническое задание. – ТЗ.0133.254-300 ГК.

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

Электронно-библиотечная система (ЭБС):

www.e.lanbook.com - неограниченный доступ по договору с ЭБС «Издательство Лань»

Интернет-ресурсы:

1. <http://www.energia.ru/ktt/archive.html> (журнал «Космическая техника и технологии»)
2. <http://doc.rsc.energia.ru/webtop/>
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/> - электронная свободная энциклопедия «Википедия»
4. <http://www.roscosmos.ru/> - государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос».
5. <http://www.nasa.gov/> - американское космическое агентство
6. http://doc.rsc.energia.ru/webtop/component/main?__dmfClientId=1457510569398&__dmfRequestId=__client1~~2&__dmfJumpType=jump – труды ученых РКК «Энергия»
7. <http://vip/aspirantura/DocLib3/Forms/AllItems.aspx> - электронная библиотека на портале Аспирантура