

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)



**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ В АСПИРАНТУРУ**
по научной специальности

2.5.4. Работы, мехатроника и робототехнические системы
шифр и наименование научной специальности

Факультет

Специальное машиностроение (СМ)

Полное наименование факультета (сокращенное наименование)

Кафедра

Робототехнические системы и мехатроника (СМ7)

Полное наименование кафедры (сокращенное наименование)

Москва, 2025 г.

1. ФОРМА ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Вступительные испытания проводятся в устной форме в соответствии с установленным расписанием.

Поступающему предлагается ответить на **5 вопросов** билета, охватывающих содержание разделов и тем программы соответствующих вступительных испытаний.

На ответы по вопросам и задачам билета отводится **60 минут**.

Результаты испытаний оцениваются по **100-балльной** шкале.

2. ПЕРЕЧЕНЬ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основы робототехники и мехатроники

1. Основные этапы развития робототехники. Функциональное назначение и классификация роботов по областям применения. Промышленные роботы; типовые конструкции отечественных и зарубежных промышленных роботов. Классификация промышленных роботов по типу кинематической схемы.
2. Роботы для экстремальных условий: применение роботов для выполнения операций под водой, в космическом пространстве, при ликвидации последствий аварий и т.д. Мобильные роботы и телеоператоры. Шагающие роботы. Экзоскелетоны.
3. Элементы и подсистемы роботов: манипуляторы; захваты; рабочий инструмент; силовые агрегаты; механизмы разгрузки; системы очувствления; управляющие устройства; средства передвижения роботов.
4. Понятие робототехнической системы (РТС). Функциональная схема РТС. Структура и компоненты РТС. Промышленные РТС. Организация робототехнологических ячеек, участков и гибких производственных систем. Требования к технологическому процессу и к конструкции изделий, обусловленные роботизацией. Особенности РТС для выполнения сложных операций в недетерминированных условиях.
5. Кинематика манипуляционных механизмов. Выбор систем координат, связанных со звеньями манипулятора; координаты Денавита-Хартенберга; однородные координаты; решение задачи о положении звеньев манипулятора; прямая и обратная задачи кинематики.
6. Определение скоростей и ускорений звеньев манипулятора. Кинематическое управление манипулятором по положению, по вектору скорости и по вектору силы. Особенности решения обратной задачи кинематики для механизмов с избыточностью.
7. Динамика манипуляционных механизмов. Уравнения кинетостатики манипулятора. Уравнения динамики манипулятора в форме уравнений Лагранжа второго рода. Принцип наименьшего принуждения Гаусса. Сравнительный анализ методов описания динамики манипуляционных механизмов. Решение первой (обратной) и второй (прямой) задач динамики для манипулятора. Методы динамического управления манипуляторами.
8. Управление распределенными робототехническими системами. Постановка задачи управления распределенной робототехнической системой. Математический аппарат теории распределенных систем управления. Конечные автоматы.
9. Математическое описание робототехнологического комплекса как сети конечных автоматов. Представление технологического задания в виде сети Петри. Понятие об управляющей структуре. Методы синтеза управляющих структур.

10. Способы реализации локальных управляющих сетей, включающих роботы и автоматизированное технологическое оборудование. Взаимодействие системы управления робототехнологического комплекса с системой управления современного компьютеризированного производства.
11. Классификация приводов, используемых в робототехнике и мехатронике. Электромеханические приводы постоянного тока. Приводы с бесконтактными двигателями постоянного тока. Приводы переменного тока. Приводы на базе шаговых двигателей. Высокомоментные безредукторные приводы. Использование линейных двигателей и многофазных магнитов.
12. Энергетический расчет силовых агрегатов и принципы выбора их элементов. Математическая модель исполнительной системы. Методы регулировочного расчета приводов. Принцип подчиненного регулирования. Влияние нелинейных факторов на работу исполнительной системы. Методика расчета и автоматизированного проектирования исполнительных систем.
13. Классификация информационных устройств, применяемых в робототехнике. Датчики внешней и внутренней информации. Датчики ближнего и дальнего действия, кинестетические датчики. Датчики положения, скорости, ускорения, сил и моментов; тактильные датчики. Применение лазерных и ультразвуковых дальномеров.
14. Системы технического зрения; их структура, аппаратные средства. Предварительная обработка информации. Анализ 2-мерных и 3-мерных сцен. Применение методов искусственного интеллекта в задаче распознавания объектов и анализа рабочей сцены. Аппаратные средства реализации систем технического зрения
15. Системы силомоментного чувствования; конструкции датчиков; способы обработки сигналов. Взаимодействие информационно-сенсорной и управляющей систем робота.
16. Структура и состав микропроцессорной системы для обработки информации и управления в РТС. Типовые схемы и способы программирования микропроцессоров. Архитектура микроконтроллера, работающего в реальном масштабе времени; особенности программного обеспечения. Организация интерфейса с оборудованием.
17. Принципы построения многопроцессорной системы управления роботов и робототехнических систем. Типы управляющих устройств, применяемых для управления промышленными роботами и робототехнологическими комплексами.
18. Взаимодействие человека-оператора с робототехническими и мехатронными системами. Обобщенная функциональная схема эргатической (человеко-машинной) системы. Способы взаимодействия оператора с роботом.
19. Методика эргономического проектирования робототехнической системы. Программное и аппаратное обеспечение взаимодействия оператора и робототехнической системы. Структура интерфейса «оператор-РТС»
20. Принципы моделирования робототехнических систем. Методы составления математических моделей РТС. Автоматизация моделирования. Прикладные программные пакеты для моделирования РТС. Особенности пакета «РОБОТ».

2. Основы теории автоматического управления

1. Математические модели автоматических систем. Основные характеристики непрерывных линейных систем автоматического управления (САУ). Частотные характеристики и передаточные функции. Описание многомерных систем.

2. Анализ точности САУ. Частотные методы. Метод коэффициентов ошибок.
3. Анализ устойчивости линейных САР. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Критерий устойчивости линейных систем. Применение ЛЧХ для анализа устойчивости.
4. Синтез линейных систем методом ЛЧХ. Выбор желаемых ЛЧХ. Синтез параллельных и последовательных корректирующих устройств. Прочие виды коррекции.
5. Метод пространства состояний. Математическая модель линейной системы в пространстве состояний. Теоремы об управляемости и наблюдаемости.
6. Исследование систем второго порядка на фазовой плоскости. Фазовые портреты линейных систем 2-го порядка. Фазовые портреты нелинейных систем 2-го порядка с дифференцируемыми нелинейностями. Фазовые портреты нелинейных систем с типовыми нелинейностями.
7. Устойчивость по Ляпунову. Теоремы Ляпунова об устойчивости, об асимптотической устойчивости. Теорема об устойчивости по линейному приближению. Построение функций Ляпунова. Применение критерия Сильвестра положительной определенности квадратичной формы.
8. Условия абсолютной устойчивости нелинейной системы. Теоремы В.М.Попова. Геометрическая интерпретация условий абсолютной устойчивости.
9. Анализ автоколебаний в нелинейных САУ методом гармонической линеаризации. Основное уравнение метода. Условие применения. Линеаризация нелинейностей. Определение параметров автоколебаний и их устойчивости.
10. Вибрационная линеаризация. Управление в автоколебательных системах и в системах с периодическими возмущениями (вибрациями). Проблема устойчивости.
11. Дискретные системы. Виды дискретных систем. Их математические модели: разностные уравнения, передаточные функции и частотные характеристики.
12. Критерии устойчивости линейных дискретных систем. Критерии, основанные на применении w-преобразования. Применение частотных характеристик.
13. Синтез дискретных корректирующих устройств. Их программная и аппаратная реализация.
14. Описание дискретных систем в пространстве состояний. Теоремы о наблюдаемости и об управляемости.
15. Статистический анализ САУ. Основные статистические характеристики САУ и способы их определения. Статистический анализ точности линейных САУ.
16. Оптимальное преобразование сигнала в линейной системе. Оптимальность САУ по Винеру и по Калману. Оптимальный фильтр и оптимальный наблюдатель.
17. Исследование точности нелинейных САУ методом статистической линеаризации. Особенности статистического анализа автоколебательных систем.
18. Оптимальные автоматические системы; применение методов вариационного исчисления для оптимизации САУ.
19. Метод оптимизации САУ по среднеквадратичному критерию. Метод аналитического конструирования регуляторов. Численные методы параметрической оптимизации.
20. Принцип максимума Понтрягина и его применение для синтеза оптимальных САУ. Принцип динамического программирования Беллмана. Уравнение Беллмана; примеры применения в задачах синтеза САУ.
21. Нечеткая логика и нейросети. Способы нечеткого логического вывода. Виды и способы обучения нейросетей. Нейро-нечеткие сети и их применение в управлении

3. Реферат по теме будущей диссертации

Перечень примерных вопросов.

1. Основные этапы развития робототехники.
2. Шагающие роботы.
3. Структура и компоненты РТС.
4. Методы динамического управления манипуляторами.
5. Управление распределенными робототехническими системами.
6. Способы реализации локальных управляющих сетей, включающих роботы и автоматизированное технологическое оборудование.
7. Классификация приводов, используемых в робототехнике и мехатронике.
8. Энергетический расчет силовых агрегатов и принципы выбора их элементов.
9. Методика расчета исполнительных систем
10. Структура и состав микропроцессорной системы для обработки информации и управления в РТС.
11. Принципы построения многопроцессорной системы управления роботов и робототехнических систем.
12. Анализ точности САУ. Частотные методы. Метод коэффициентов ошибок.
13. Теоремы Ляпунова об устойчивости, об асимптотической устойчивости.
14. Управление в автоколебательных системах и в системах с периодическими возмущениями (вибрациями).
15. Оптимальность САУ по Винеру и по Калману.

Основная учебная литература.

1. Попов Е.П., Верещагин А.Ф., Зенкевич С.Л. Манипуляционные роботы: динамика и алгоритмы. -М: Наука, 1978
2. Медведев В.С., Лесков А.Г., Ющенко А.С. Системы управления манипуляционных роботов. -М: Наука, 1978
3. Дистанционно управляемые роботы и манипуляторы /Под ред. В.С. Кулешова и Н.А. Лакоты. -М: Машиностроение, 1986
4. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами. -М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004
5. Управляющие и вычислительные устройства роботизированных комплексов на базе микроЭВМ /Под ред. В.С. Медведева. - М: Высшая школа, 1990
6. Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем. Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005
7. Черноусько Ф.Л., Болотник Н.Н., Градецкий В.Г. Манипуляционные роботы. Динамика, управление, оптимизация. -М: Наука, 1989
8. Черноруцкий Г.С., Сибрин А.П., Жабреев В.С. Следящие системы автоматических манипуляторов. -М: Наука, 1987
9. Градецкий В.Г., Вешняков В.Б., Калиниченко С.В., Кравчук Л.Н. Управляемое движение мобильных роботов по произвольно ориентированным в пространстве поверхностям. М.: Наука, 2001
10. Градецкий В.Г., Князьев М.М., Фомин Л.В., Чашухин В.Г. Механика миниатюрных роботов. М.: Наука, 2010

11. Жданов А.А. Автономный искусственный интеллект. М.: БИНОМ Лаборатория знаний, 2008
12. Каляев И.А., Лохин В.М., Макаров И.М. и др. Интеллектуальные роботы/ под ред. проф. Юревича Е.И. Учебное пособие. М.: Машиностроение, 2007
13. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение. Учебное пособие. М.: Машиностроение, 2006.
14. Борисов В.В., Круглов, В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. М.: Горячая линия-Телеком, 2015
15. Военная и специальная робототехника: приоритетные направления развития, организация исследований и разработок / Корчак В. Ю., Ильин Е. М., Полубехин А. И. [и др.] ; ред. Корчак В. Ю. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2023. - 310 с. : ил. - Библиогр.: с. 285-305. - ISBN 978-5-7038-6045-8.

Дополнительная учебная литература.

1. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9 книгах. /Под ред.И.М.Макарова. -М: Высшая школа, 1986
2. Вукобратович М., Стокич Д., Кирчански Н. Неадаптивное и адаптивное управление манипуляционными роботами. -М: Мир, 1989
3. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника. -М: Мир, 1989
4. Кореняев А.И., Саламандра Б.Л., Тывес Л.И. Теоретические основы робототехники (в двух томах). М.: Наука, 2006
5. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. (перевод с англ. М. БИНОМ Лаборатория знаний, 2009
6. Справочник по промышленной робототехнике. В двух кн./Под ред. Ш.Ноф - М: Машиностроение, 1989
7. Шахинпур К. Курс робототехники. -М: Мир, 1990
8. Механика промышленных роботов. В 3 книгах. /Под ред. К.В.Фролова и Е.И.Воробьева. -М: Высшая школа, 1988
9. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988.
10. Новые механизмы в современной робототехнике : монография / Воробьев Е. И., Гаврюшин С. С., Глазунов В. А. [и др.] ; ред. Глазунов В. А. - М. : ТЕХНОСФЕРА, 2021. - 315 с. : рис., табл. - (Мир робототехники и мехатроники). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-94836-537-4.
11. Белянин П.Н. Промышленные роботы и их применение. – М.: Машиностроение, 1983
12. Кандрашина Е.Ю.,Литвинцева Л.В., Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах. – М:, Наука, 1989

3. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Поступающему предлагается ответить в устной форме на 5 вопросов билета, охватывающих содержание разделов и тем программы соответствующих вступительных испытаний.

Максимальная сумма баллов за 5 вопросов билета – 100.

Распределение баллов по задачам следующее:

Номер вопроса	1	2	3	4	5
Баллы	20	20	20	20	20

Критерии оценивания:

20 – дан полный ответ на все части вопроса, включая определения, формулы и графики.

16 – дан полный ответ на все части вопроса, но ответ содержит неточности.

10 – дан ответ не на все части вопроса или ответ содержит небольшие ошибки.

6 - дан ответ не на все части вопроса и ответ содержит ошибки.

0 – ответ на вопрос отсутствует или неверен.

Декан факультета СМ

А.Ю.Луценко

Заведующий кафедрой СМ7 В.В.Серебренный