

ПРОГРАММА
вступительного экзамена по образовательной программе высшего образования –
программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
по научной специальности 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы
(группа научных специальностей 2.5. Машиностроение)

1. Организация вступительного испытания

Форма проведения вступительного испытания: устный ответ на вопросы экзаменационного билета. Билет вступительного испытания содержит 2 вопроса.

Язык проведения вступительных испытаний – русский.

2. Содержание вступительного экзамена.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
Раздел 1. Основы механики и теории автоматического управления		
1.	Тема 1. Основы механики	Механическая система. Постановка и решение задач статики, кинематики и динамики систем тел при наличии связей. Степени свободы и обобщенные координаты. Составление выражений для кинетической и потенциальной энергии. Уравнения Лагранжа второго рода. Прямая и обратная задачи динамики. Типовые механизмы, их назначение и задачи их расчета. Кинематика механизмов, расчет распределений скоростей и ускорений. Расчеты деформаций звеньев механизмов. Колебания механизмов, расчет собственных частот и форм свободных колебаний. Расчет режимов вынужденных колебаний. Программные движения систем. Линеаризация уравнений динамики. Приводы и их типовые характеристики, методы управления приводами. Достоинства и недостатки пневмо-, гидро- и электроприводов. Механическая система, как объект управления.
2.	Тема 2. Основы теории автоматического управления	Структуры систем автоматического управления механическими системами. Учет ограничений по кинематическим параметрам, силам и моментам.
Раздел 2. Основы мехатроники		
3.	Тема 3. Предпосылки появления робототехники и мехатроники и ключевые факторы развития.	Краткая история становления мехатроники. Синтез наук в мехатронике (электроники, механики, компьютерных технологий). Предпосылки появления робототехники и мехатроники и ключевые факторы развития. Основные понятия, термины и определения, стандартизация в робототехнике. Принцип синергетической интеграции элементов робототехнических и мехатронных систем. Примеры мехатронных модулей и подсистем, их назначение, классификация, типовые кинематические схемы, особенности компоновочных решений и конструкций.
4.	Тема 4. Мехатронные устройства и системы	Прецизионные механические системы в мехатронике; особенности конструкции и компоновки. Мехатронные устройства в микросистемном исполнении. Обобщенная структура типовой мехатронной системы. Принцип программно-аппаратной интеграции в реализации мехатронной системы. Социальное и экономическое значение достижений мехатроники.
Раздел 3. Основы робототехники		
5.	Тема 5. Промышленные	Основные этапы развития робототехники. Функциональное назначение и классификация роботов по областям применения. Промышленные роботы,

	роботы, вспомогательные и технологические роботы	вспомогательные и технологические роботы. Основные операции, выполняемые технологическими роботами: сварка (шовная и точечная), окрашивание, сборка, механообработка, контроль и измерения. Типовые конструкции отечественных и зарубежных манипуляционных промышленных роботов. Классификация промышленных роботов по типу кинематической схемы. Переносные и ориентирующие степени свободы.
6.	Тема 6. Мобильные роботы и телеоператоры.	Роботы для экстремальных условий: для выполнения операций под водой, в космическом пространстве, при ликвидации последствий аварий и т.д. Мобильные роботы и телеоператоры. Транспортные роботы на колесных и гусеничных шасси. Шагающие роботы, экзоскелетоны. Роботы, перемещающиеся по наклонным, вертикальным и произвольно ориентированным в пространстве поверхностям при различных принципах удерживания. Обобщенная функциональная схема, элементы и подсистемы роботов: манипуляторы; захватные устройства; рабочий инструмент; силовые агрегаты; механизмы разгрузки; системы осязания; управляющие устройства; средства передвижения. Демонстрационные роботы и особенности требований к ним.
Раздел 4. Математические модели роботов, манипуляционных механизмов и мехатронных систем		
7.	Тема 7. Методы решения задач о положении и кинематики звеньев механизмов	Типовые системы координат, согласование систем координат с кинематическими схемами роботов, однородные координаты. Методы решения задачи о положении звеньев манипулятора; прямая и обратная задачи геометрии и кинематики манипулятора. Определение обобщенных координат, скоростей и ускорений звеньев манипулятора и рабочих органов. Особенности решения обратной задачи кинематики для механизмов со структурной избыточностью. Уравнения кинестатики манипуляционного механизма.
8.	Тема 8. Методы математического моделирования уравнений динамики манипуляционного механизма.	Уравнения динамики манипулятора в матричной форме. Компьютерное составление уравнений динамики. Методы математического моделирования уравнений динамики манипуляционного механизма. Решение первой (обратной) и второй (прямой) задач динамики для манипулятора.
9.	Тема 9. Уравнения движения мобильного робота на колесных шасси.	Уравнения движения мобильного робота на колесных шасси. Кинематика и динамика колесных роботов, как механических систем с неголономными связями. Модели движения с колесных роботов учетом проскальзывания. Методы задания микроперемещений и управления микроперемещениями. Особенности динамики мини- и микроробототехнических и мехатронных устройств и систем. Моделирование динамики при использовании компьютерного пакета.
Раздел 5. Исполнительные подсистемы в робототехнике и мехатронике		
10.	Тема 10. Привода, используемые в робототехнике и мехатронике	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. Электрогидравлические и электропневматические приводы в робототехнике и мехатронике. Струйные системы управления пневматическими приводами.
11.	Тема 11. Расчёт силовых агрегатов и принципы выбора их элементов	Энергетический расчёт силовых агрегатов и принципы выбора их элементов. Математическая модель исполнительной системы. Методы регулировочного расчёта приводов. Принцип подчиненного регулирования. Влияние нелинейных факторов на работу исполнительной системы.

		Методика расчёта и автоматизированного проектирования исполнительных систем. Электронные силовые подсистемы в мехатронике: принципы построения, основные характеристики и области применения. Особенности расчёта и программно-аппаратной реализации исполнительных систем в мехатронике.
Раздел 6. Информационно-сенсорные системы в робототехнике и мехатронике		
12.	Тема 12. Информационные устройства систем, применяемых в робототехнике и мехатронике	Типы и виды информационных устройств систем, применяемых в робототехнике и мехатронике. 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. Системы технического зрения; их структура, аппаратные средства.
13.	Тема 13. Распознавание объектов и анализ рабочей сцены	Предварительная обработка информации. Применение методов искусственного интеллекта в задаче распознавания объектов и анализа рабочей сцены. Системы силомоментного осязания; конструкции датчиков; способы обработки сигналов. Способы получения интегральной оценки рабочей сцены с использованием датчиков различной модальности. Взаимодействие информационно-сенсорной и управляющей систем робота или мехатронного агрегата.
Раздел 7. Управление роботами, мехатронными и робототехническими системами		
14.	Тема 14. Методы и системы управления манипуляционными механизмами и мехатронными системами	Принцип кинематического управления манипулятором (по положению, по вектору скорости, по вектору силы). Полуавтоматическое, командное и копирующее управление, Методы динамического управления манипуляторами. Системы управления манипуляторами двустороннего действия (обратимые и необратимые, симметричные и несимметричные системы); методы анализа и синтеза таких систем. Оптимальное управление манипуляторами, критерии оптимизации; ограничения. Методы адаптивного управления роботами. Принципы обучения автоматических манипуляторов. Управление мобильными роботами; методы кинематического и динамического управления подвижной платформой. Управление робокаром. Управление мобильным роботом в условиях неопределённости на основе нечеткой логики. Методика кинематического и динамического расчёта механических прецизионных подсистем мехатронных модулей. Методика их точностного и силового расчётов; методы оптимизации движения механических подсистем. Системный подход при проектировании мехатронных систем; методы автоматизированного моделирования и проектирования. Современные методы интеллектуального управления мехатронными системами. Нейросетевое управление мехатронными системами
15.	Тема 15. Управление робототехническими системами	Требования к управлению робототехническими системами. Постановка задачи управления робототехнической системой. Понятие мультиагентной системы. Математический аппарат теории распределенных систем управления. Конечные автоматы. Математическое описание робототехнологического комплекса как сети конечных автоматов. Представление технологического задания в виде сети Петри. Понятие об управляющей структуре. Методы синтеза управляющих структур. Способы реализации локальных управляющих сетей, включающих роботы и автоматизированное технологическое оборудование. Взаимодействие системы управления робототехнологического комплекса с системой управления современного компьютеризированного производства. Системы автоматизированного проектирования роботизированных технологических комплексов. Применение робототехнических систем в непродуцированной сфере. Микроробототехнические системы: методы исследования,

		проектирования и оптимизации. Особенности управления мехатронными системами. Применение методов искусственного интеллекта для управления робототехническими системами. Принципы диалогового и супервизорного управления и их применение в робототехнике.
16.	Тема 16. Вычислительные средства робототехнических и мехатронных систем	Принцип микропроцессорного управления. 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. Принципы построения мультипроцессорной системы управления роботами и робототехническими системами. Типы управляющих устройств, применяемых для управления промышленными роботами и робототехнологическими комплексами. Аппаратные средства реализации информационно-сенсорных систем, включая системы технического зрения. Использование универсальных компьютеров и рабочих станций для управления роботами и их программирования в режиме «off-line». Компьютерные управляющие подсистемы в мехатронике; принципы построения и архитектура аппаратной части.

3. Перечень вопросов к вступительному экзамену.

1. Переход от исходной содержательной постановки задач манипулирования к формализованной постановке программирования траекторий в базовой системе координат и законов движения при выдерживании ограничений на параметры движения.
2. Выбор числа степеней свободы манипулятора робота, исходя из требований к выполняемым технологическим операциям. Механизмы манипуляторов последовательной и параллельной структур, их достоинства и недостатки.
3. Прямая и обратная задачи геометрии и кинематики механизмов манипуляторов при различных кинематических схемах. Подходы к их моделированию.
4. Выбор типа и числа степеней свободы манипуляторов в зависимости от назначения (обслуживание станков и другого оборудования, точечная и шовная сварка, окраска и нанесение покрытий, механообработка). Сравнительный анализ различных кинематических схем.
5. Особенности конструкций и элементов подсистем роботов, предназначенных для работы в экстремальных условиях без человека (в космосе, под водой, в агрессивных средах и пр.).
6. Принципиальные, схемные и конструктивные решения транспортных роботов при различных видах несущих шасси: колесных, гусеничных, шагающих (многоногих) и пр. Их достоинства и недостатки. Способы и схемы управления их движением.
7. Процедура составлений уравнений Лагранжа второго рода для механизмов манипуляторов роботов при исследовании динамики. Структура этих уравнений. Идеализированный случай независимости уравнений. Наличие перекрестных связей и их влияние на динамику.
8. Программирование движений многозвенных манипуляторов при позиционном и контурном автоматическом управлении. Критерии быстродействия и точности выполнения движений.
9. Задачи и методы решения задач оптимизации управлений. Учет влияния неопределенности, погрешностей получения информации о параметрах положения и движения, а также ограничений по мощности приводов.
10. Анализ преимуществ и недостатков электромеханических приводов для двигателей различных типов, комплектных приводов, пневмоприводов и гидроприводов. Влияние ограничений по скоростям и силам (моментам) при исследовании динамики манипуляторов.
11. Принципы копирующего управления манипуляторами в автоматизированных и ручных режимах, управление по вектору скорости и вектору силы.
12. Рабочие органы промышленных роботов. Захватные устройства зажимного типа, вакуумные, электромагнитные и пр. Технологические рабочие органы роботов для нанесения покрытия, механообработки и пр., требования к ним.

13. Демонстрационные роботы, области их использования. Типовые примеры. Особенности конструкций демонстрационных роботов для различных условий использования. Антропоморфные и зооморфные демонстрационные роботы.
14. Особенности математического моделирования динамики роботов при учете упругости звеньев и соединений в шарнирах для позиционного и контурного управления. Методики моделирования в средах.
15. Методы, методики и используемые технические средства при экспериментальном определении показателей точности манипуляционных роботов в режимах отработки программных траекторий и позиционирования в заданных точках. Нормирование показателей точности.
16. Типовые структуры мехатронных модулей и распределение требований к точности и надежности между их основными функциональными элементами. Связь мехатроники с теорией автоматического управления.
17. Особенности компоновки и конструктивного выполнения мехатронных модулей и их основных составных частей в зависимости от их назначения и основных технических требований.
18. Варианты назначения и состав типового роботизированного (робототехнического) комплекса. Требование единства логики, алгоритмического и программного управления робототехнического комплекса. Особенности и примеры использования единого интерфейса.
19. Методы и способы координации движений и этапов выполнения операций в робототехнических комплексах.
20. Мини- и микроробототехнические робототехнические комплексы и системы. Особенности принципов действия основных устройств и требований к их автоматическому управлению.
21. Физические величины, подлежащие измерению в роботах, робототехнических и мехатронных системах. Датчики положения, скоростей и ускорений. Варианты выходных сигналов и возможности обработки в аналоговой и цифровой формах.
22. Метрологические характеристики датчиков, используемых в мехатронике и робототехнике. Диапазоны, погрешности, стабильность и надежность.
23. Алгоритмы и программные средства тригонометрических преобразований координат и скоростей, сглаживания и регистрации выходных сигналов датчиков в робототехнике и мехатронике.
24. Принципы использования нечеткой логики при построении систем автоматического управления роботами, робототехническими комплексами и мехатронными системами.
25. Принципы интеллектуального управления. Структура и особенности нейросетевых структур и их применение в мехатронике при совместном управлении несколькими степенями свободы. Сравнение с традиционными способами автоматического управления.

4. Шкала оценивания, минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, максимальное количество баллов.

Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по **100-балльной шкале**. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, составляет **50 (пятьдесят) баллов**. Максимальное количество баллов составляет **100 (сто) баллов**.

Шкала оценивания на вступительном испытании по специальной дисциплине:

Оценка «100 – 76» – «5» баллов (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:

- глубокие знания основных понятий в области научной специальности, умение оперировать ими;
- высокую степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы;
- отличное умение представить основные вопросы в научном контексте;
- отличное владение научным стилем речи.

Оценка «75 – 64» – «4» балла (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:

- хорошие знания основных положений в области научной специальности, умение оперировать ими, демонстрируются единичные неточности;
- достаточная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы, демонстрируются единичные неточности;
- единичные (негрубые) стилистические и речевые погрешности;
- умение защитить ответы на основные вопросы;
- хорошее владение научным стилем речи.

Оценка «63 – 50» – «3» балла (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:

- удовлетворительные знания основных понятий в области научной специальности, умение оперировать ими, неточности знаний;
- удовлетворительная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы;
- посредственные ответы на вопросы.

Оценка «менее 50» – «2» балла (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:

- грубые ошибки в знании основных положений в области научной специальности;
- отсутствие знаний основных положений в области научной специальности, умения оперировать ими;
- недостаточное владение научным стилем речи;
- не умение защитить ответы на основные вопросы.

5. Рекомендуемая литература

Рекомендуемая основная литература

№	Название
1.	Лукинов, А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств : учебное пособие / А. П. Лукинов. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-1166-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2765 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2.	Юревич, Евгений Иванович. Робототехника: учебное пособие / Е. И. Юревич ; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики. Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. 299 с. : ил.
3.	Подураев, Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение : учебное пособие / Ю. В. Подураев. — Москва : Машиностроение, 2006. — 256 с. — ISBN 5-217-03355-X. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/806 — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4.	Сырямкин, В. И. Информационные устройства и системы в робототехнике и мехатронике / В. И. Сырямкин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 532 с. — ISBN 978-5-507-46110-3. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/297683 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5.	Зенкевич С. Л., Ющенко А. С. Основы управления манипуляционными роботами : учебник для вузов / Зенкевич С. Л., Ющенко А. С. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. - 478 с. : ил. - (Робототехника). - Библиогр.: с. 465-468. - ISBN 5-7038-2567-9.
6.	Иванов А. А. Основы робототехники : учеб. пособие для вузов / Иванов А. А. - М. : Форум, 2012. - 222 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 220. - ISBN 978-5-91134-575-4.

Рекомендуемая дополнительная литература

№	Название
1.	Артоболевский, Иван Иванович. Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов / И.И. Артоболевский. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Наука, 1988. 639 с.: ил. ISBN 502013810X.
2.	Попов, Евгений Павлович. Основы робототехники : введение в специальность : учебник для вузов по спец. "Робототехнические системы и комплексы" / Е. П. Попов, Г. В. Письменный. Москва: Высшая школа, 1990. 222, [2] с. : ил. ; 21 см. ISBN 5060016447.
3.	Юревич, Евгений Иванович. Основы робототехники : учебное пособие для вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов 652000 "Мехатроника и робототехника" (специальность 210300 "Роботы и робототехнические системы") / Е. И. Юревич. 3-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. VIII, 359 с. : ил. ; 24 см + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 9785941579426.
4.	Лопота, Александр Витальевич. Основы проектирования техники : учебное пособие / А. В. Лопота, Е. И. Юревич ; Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики . СанктПетербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 153 с. : ил.; 20 см. ISBN 978-5-7422-5895-7.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование программного обеспечения / ссылка на Интернет-ресурс	Компания-производитель, год
1.	http://www.rsl.ru/	Российская государственная библиотека
2.	http://www.gpntb.ru/	Государственная публичная научно-техническая библиотека России
3.	http://www.scopus.com/	SciVerse Scopus
4.	http://www.scimagojr.com/	SCImago Journal & Country Rank
5.	http://isiwebofknowledge.com/ http://webofknowledge.com/	Thomson Reuters / Web of Knowledge
6.	http://thomsonreuters.com/	Thomson Reuters / Web of Science
7.	http://www.highlycited.com/	Thomson Reuters / Highly Cited Research
8.	http://www.acm.org/dl/	Электронная библиотека ACM (Association for Computing Machinery)
9.	http://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека