

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

Кафедра **И8 «Системы приводов, мехатроника и робототехника»**
(наименование)

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по образовательной
деятельности и цифровизации
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
А.Е. Шашурин

«10» 04 2024 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ,
СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

2.5.4 Роботы, мехатроника и робототехнические системы

Санкт-Петербург
2024 г.

1. Форма вступительного испытания

1.1 Вступительное испытание по специальной дисциплине проводится устно в соответствии с перечнем тем и вопросов, установленных данной программой.

1.2 Вступительное испытание проводится комиссией, действующей на основании приказа ректора.

1.3 Вступительное испытание проводится на русском языке.

1.4 Продолжительность проведения устного экзамена — не более 60 минут.

2. Структура вступительного испытания

2.1 Во время проведения вступительных испытаний их участникам и лицам, привлекаемым к их проведению, запрещается иметь при себе и использовать средства связи. Участники вступительных испытаний могут иметь при себе и использовать справочные материалы и электронно-вычислительную технику.

2.2 При нарушении поступающим во время проведения вступительных испытаний правил приема, уполномоченные должностные лица организации вправе удалить его с места проведения вступительного испытания с составлением акта об удалении.

2.3 Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, на каждого поступающего ведется отдельный протокол. Протокол приема вступительного испытания подписывается членами комиссии, которые присутствовали при проведении испытания, с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и утверждается председателем комиссии. Протоколы приема вступительных испытаний после утверждения хранятся в личном деле поступающего.

3. Порядок приема и критерии оценивания вступительного экзамена

3.1 Билет содержит три вопроса из перечня тем, установленных данной программой. Вопросы для билета выбираются на усмотрение членов комиссии. Вступительное испытание оценивается экзаменационной комиссией по 100-балльной шкале. В целях обеспечения объективности и единообразия в оценке знаний при приеме вступительных экзаменов в аспирантуру ФГБОУ ВО «БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» предлагается использовать следующие критерии оценки знаний:

Баллы	Критерии выставления оценки	Детализация баллов	Критерии выставления оценки
90-100	Ставится при полных, исчерпывающих, аргументированных ответах на все экзаменационные вопросы, в том числе на все дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Ответы демонстрируют системность знаний в соответствующей сфере,	6-10	При раскрытии темы поступающий строит рассуждение на основе не менее одного примера по собственному выбору, определяя свой путь использования научного материала, показывает разный уровень его осмысления.

	<p>владение понятийно-категориальным аппаратом, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, в том числе с предполагаемой тематикой научных исследований в аспирантуре, знание фундаментальных и прикладных аспектов рассматриваемых вопросов. Поступающий при ответе на вопросы проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении практической задачи. Ответы структурированы, отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, изложены литературным языком с использованием современной научной терминологии по направлению и профилю подготовки в аспирантуре.</p>	0-5	<p>Ответ отличается композиционной цельностью, его части логически связаны между собой, но есть нарушения последовательности и/или мысль повторяется и не развивается.</p>
80-89	<p>Ставится при достаточно полных и развернутых ответах на все экзаменационные вопросы и неполных ответах на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Ответы демонстрируют владение понятийно-категориальным аппаратом, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, знание фундаментальных и прикладных аспектов рассматриваемых вопросов. Поступающий при ответе на вопросы дает определение некоторых основных понятий, может показать причинно-следственные</p>	0-5	<p>Поступающий строит рассуждение с опорой на научный материал, но ограничивается общими высказываниями.</p>
		6-9	<p>Поступающий рассуждает на предложенную тему, выбрав убедительный путь её раскрытия, коммуникативный замысел выражен ясно.</p>

	связи явлений, при решении практической задачи может допустить непринципиальные ошибки.		
60-79	Ставится при неполных и слабо аргументированных ответах, демонстрирующих общее представление и элементарное понимание предметной области. Ответы показывают слабое владение понятийно-категориальным аппаратом и научной терминологией по направлению роботы, мехатроника и робототехнические системы и профилю подготовки в аспирантуре и построены с нарушением логической последовательности изложения. Поступающий при ответе на вопросы не дает определение некоторых основных понятий, при решении практической задачи делает принципиальные ошибки.	0-5	Грубые логические нарушения мешают пониманию смысла сказанного или аргументация не убедительна.
		6-10	Допущены две и более фактических ошибок в материале.
		11-15	Допущена одна фактическая ошибка в материале.
		15-19	Фактические ошибки отсутствуют.
40-59	Ставится при фрагментарных знаниях, существенных пробелах в области робототехники и непонимании сущности экзаменационных вопросов. Поступающий не может решить практическую задачу.	0-10	Неполный ответ на два из трех заданных теоретических вопросов.
		11-19	Отсутствует ответ на один из заданных теоретических вопросов.
20-39	Отсутствуют ответы на два заданных вопроса, фрагментарный ответ на третий вопрос.		
1-19	Ответ построен без привлечения научного материала.		
0	Нет ответа ни на один из трех заданных вопросов, либо отказ от ответа.		

4. Вопросы, выносимые на экзамен

1. Раздел 1. Основы механики

- 1.1. Механическая система.
- 1.2. Постановка и решение задач статики, кинематики и динамики систем тел при наличии связей.
- 1.3. Степени свободы и обобщенные координаты.
- 1.4. Составление выражений для кинетической и потенциальной энергии.
- 1.5. Уравнения Лагранжа второго рода
- 1.6. Прямая и обратная задачи динамики.
- 1.7. Типовые механизмы, их назначение и задачи их расчета.
- 1.8. Кинематика механизмов, расчет распределений скоростей и ускорений.
- 1.9. Расчеты деформаций звеньев механизмов.
- 1.10. Колебания механизмов, расчет собственных частот и форм свободных колебаний.
- 1.11. Расчет режимов вынужденных колебаний.
- 1.12. Программные движения систем.
- 1.13. Линеаризация уравнений динамики.
- 1.14. Приводы и их типовые характеристики, методы управления приводами.
- 1.15. Достоинства и недостатки пневмо-, гидро- и электроприводов.
- 1.16. Механическая система, как объект управления.

2. Раздел 2. Основы теории автоматического управления

- 2.1. Основные понятия теории управления: цели и принципы управления, динамические системы.
- 2.2. Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы.
- 2.3. Основные задачи теории управления: стабилизация, слежение, программное управление, оптимальное управление, экстремальное регулирование.
- 2.4. Классификация систем управления.
- 2.5. Автоматические и автоматизированные системы управления (АСУ) технологическими процессами (ТП) и производствами.
- 2.6. Основные подходы к анализу и синтезу автоматических и автоматизированных управляемых систем.
- 2.7. Структуры систем управления: разомкнутые системы, системы с обратной связью, комбинированные системы.

- 2.8. Динамические и статические характеристики систем управления: переходная и весовая функции и их взаимосвязь, частотные характеристики.
- 2.9. Типовые динамические звенья и их характеристики.
- 2.10. Понятие об устойчивости систем управления.
- 2.11. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость.
- 2.12. Устойчивость по первому приближению.
- 2.13. Функции Ляпунова.
- 2.14. Теоремы об устойчивости и неустойчивости.
- 2.15. Структуры систем автоматического управления механическими системами.
- 2.16. Учет ограничений по кинематическим параметрам, силам и моментам.

3. Раздел 3. Основы мехатроники

- 3.1. Предпосылки появления робототехники и мехатроники и ключевые факторы развития.
- 3.2. Краткая история становления мехатроники.
- 3.3. Синтез наук в мехатронике (электроники, механики, компьютерных технологий).
- 3.4. Предпосылки появления робототехники и мехатроники и ключевые факторы развития.
- 3.5. Основные понятия, термины и определения, стандартизация в робототехнике.
- 3.6. Принцип синергетической интеграции элементов робототехнических и мехатронных систем.
- 3.7. Примеры мехатронных модулей и подсистем, их назначение, классификация, типовые кинематические схемы, особенности компоновочных решений и конструкций.
- 3.8. Прецизионные механические системы в мехатронике; особенности конструкции и компоновки.
- 3.9. Мехатронные устройства в микросистемном исполнении.
- 3.10. Обобщенная структура типовой мехатронной системы.
- 3.11. Принцип программно-аппаратной интеграции в реализации мехатронной системы.
- 3.12. Социальное и экономическое значение достижений мехатроники.

4. Раздел 4. Основы робототехники

- 4.1. Основные этапы развития робототехники.
- 4.2. Функциональное назначение и классификация роботов по областям применения.
- 4.3. Промышленные роботы, роботы, вспомогательные и технологические роботы вспомогательные и технологические роботы.

- 4.4. Основные операции, выполняемые технологическими роботами: сварка (шовная и точечная), окрашивание, сборка, механообработка, контроль и измерения.
 - 4.5. Типовые конструкции отечественных и зарубежных манипуляционных промышленных роботов.
 - 4.6. Классификация промышленных роботов по типу кинематической схемы.
 - 4.7. Переносные и ориентирующие степени свободы.
 - 4.8. Роботы для экстремальных условий: для выполнения операций под водой, в космическом пространстве, при ликвидации последствий аварий и т.д.
 - 4.9. Мобильные роботы и телеоператоры.
 - 4.10. Транспортные роботы на колесных и гусеничных шасси.
 - 4.11. Шагающие роботы, экзоскелеты.
 - 4.12. Роботы, перемещающиеся по наклонным, вертикальным и произвольно ориентированным в пространстве поверхностям при различных принципах удерживания.
 - 4.13. Обобщенная функциональная схема, элементы и подсистемы роботов: манипуляторы; хватные устройства; рабочий инструмент; силовые агрегаты; механизмы разгрузки; системы осязания; управляющие устройства; средства передвижения.
 - 4.14. Демонстрационные роботы и особенности требований к ним.
5. Раздел 5. Математические модели роботов, манипуляционных механизмов и мехатронных систем
- 5.1. Методы решения задач о положении и кинематики звеньев механизмов Типовые системы координат, согласование систем координат с кинематическими схемами роботов, однородные координаты.
 - 5.2. Методы решения задачи о положении звеньев манипулятора; прямая и обратная задачи геометрии и кинематики манипулятора.
 - 5.3. Определение обобщенных координат, скоростей и ускорений звеньев манипулятора и рабочих органов.
 - 5.4. Особенности решения обратной задачи кинематики для механизмов со структурной избыточностью.
 - 5.5. Уравнения кинестатики манипуляционного механизма.
 - 5.6. Уравнения динамики манипулятора в матричной форме.
 - 5.7. Компьютерное составление уравнений динамики.

5.8. Методы математического моделирования уравнений динамики манипуляционного механизма.

5.9. Решение первой (обратной) и второй (прямой) задач динамики для манипулятора.

5.10. Уравнения движения мобильного робота на колесных шасси.

5.11. Кинематика и динамика колесных роботов, как механических систем с неголономными связями.

5.12. Модели движения колесных роботов с учетом проскальзывания.

5.13. Методы задания микроперемещений и управления микроперемещениями.

5.14. Особенности динамики мини- и микроробототехнических и мехатронных устройств и систем.

5.15. Моделирование динамики при использовании компьютерного пакета.

6. Раздел 6. Исполнительные подсистемы в робототехнике и мехатронике

6.1. Приводы, используемые в робототехнике и мехатронике Классификация приводов, используемых в робототехнике и мехатронике.

6.2. Электромеханические приводы постоянного тока.

6.3. Приводы переменного тока; приводы с бесколлекторными двигателями.

6.4. Приводы на базе шаговых двигателей.

6.5. Высокомоментные безредукторные приводы.

6.6. Использование линейных двигателей и многофазных магнитов.

6.7. Электрогидравлические и электропневматические приводы в робототехнике и мехатронике.

6.8. Расчет силовых агрегатов и принципы выбора их элементов

6.9. Энергетический расчет силовых агрегатов и принципы выбора их элементов.

6.10. Математическая модель исполнительной системы.

6.11. Методы регулировочного расчета приводов.

6.12. Принцип подчиненного регулирования.

6.13. Влияние нелинейных факторов на работу исполнительной системы.

6.14. Методика расчета и автоматизированного проектирования исполнительных систем.

6.15. Электронные силовые подсистемы в мехатронике: принципы построения, основные характеристики и области применения.

6.16. Особенности расчета и программно-аппаратной реализации исполнительных систем в мехатронике.

7. Раздел 7. Информационно-сенсорные системы в робототехнике и мехатронике

- 7.1. Типы и виды информационных устройств систем, применяемых в робототехнике и мехатронике.
 - 7.2. Датчики внешней и внутренней информации.
 - 7.3. Датчики ближнего и дальнего действия, кинестетические датчики.
 - 7.4. Датчики положения, скорости, ускорения, сил и моментов, тактильные датчики.
 - 7.5. Применение лазерных и ультразвуковых дальномеров.
 - 7.6. Системы технического зрения; их структура, аппаратные средства.
 - 7.7. Распознавание объектов и анализ рабочей сцены Предварительная обработка информации.
 - 7.8. Применение методов искусственного интеллекта в задаче распознавания объектов и анализа рабочей сцены.
 - 7.9. Системы силомоментного осязания; конструкции датчиков; способы обработки сигналов.
 - 7.10. Способы получения интегральной оценки рабочей сцены с использованием датчиков различной модальности.
 - 7.11. Взаимодействие информационно-сенсорной и управляющей систем робота или мехатронного агрегата.
8. Раздел 8. Управление роботами, мехатронными и робототехническими системами
- 8.1. Методы и системы управления манипуляционными механизмами и мехатронными системами Принцип кинематического управления манипулятором (по положению, по вектору скорости, по вектору силы).
 - 8.2. Полуавтоматическое, командное и копирующее управление, Методы динамического управления манипуляторами.
 - 8.3. Системы управления манипуляторами двустороннего действия (обратимые и необратимые, симметричные и несимметричные системы); методы анализа и синтеза таких систем.
 - 8.4. Оптимальное управление манипуляторами, критерии оптимизации; ограничения.
 - 8.5. Методы адаптивного управления роботами.
 - 8.6. Принципы обучения автоматических манипуляторов.
 - 8.7. Управление мобильными роботами; методы кинематического и динамического управления подвижной платформой.
 - 8.8. Управление робокаром.
 - 8.9. Управление мобильным роботом в условиях неопределенности на основе нечеткой логики.

- 8.10. Методика кинематического и динамического расчета механических прецизионных подсистем мехатронных модулей.
 - 8.11. Методика их точностного и силового расчетов; методы оптимизации движения механических подсистем.
 - 8.12. Системный подход при проектировании мехатронных систем; методы автоматизированного моделирования и проектирования.
 - 8.13. Современные методы интеллектуального управления мехатронными системами.
 - 8.14. Нейросетевое управление мехатронными системами
 - 8.15. Требования к управлению робототехническими системами.
 - 8.16. Постановка задачи управления робототехнической системой.
 - 8.17. Понятие мультиагентной системы.
 - 8.18. Математический аппарат теории распределенных систем управления.
 - 8.19. Конечные автоматы.
 - 8.20. Математическое описание робототехнологического комплекса как сети конечных автоматов.
 - 8.21. Представление технологического задания в виде сети Петри.
 - 8.22. Понятие об управляющей структуре.
 - 8.23. Методы синтеза управляющих структур.
 - 8.24. Способы реализации локальных управляющих сетей, включающих роботы и автоматизированное технологическое оборудование.
 - 8.25. Взаимодействие системы управления робототехнологического комплекса с системой управления современного компьютеризированного производства.
 - 8.26. Системы автоматизированного проектирования роботизированных технологических комплексов.
 - 8.27. Применение робототехнических систем в непромышленной сфере.
 - 8.28. Микроробототехнические системы: методы исследования, проектирования и оптимизации.
 - 8.29. Особенности управления мехатронными системами.
 - 8.30. Применение методов искусственного интеллекта для управления робототехническими системами.
 - 8.31. Принципы диалогового и супервизорного управления и их применение в робототехнике.
9. Раздел 9. Вычислительные средства робототехнических и мехатронных систем.
- 9.1. Принцип микропроцессорного управления.

- 9.2. Структура и состав микропроцессорной системы для обработки информации и управления в РТС.
- 9.3. Типовые схемы и способы программирования микропроцессоров.
- 9.4. Архитектура микроконтроллера, работающего в реальном масштабе времени; особенности программного обеспечения.
- 9.5. Организация интерфейса с оборудованием.
- 9.6. Принципы построения мультипроцессорной системы управления роботом и робототехнических систем.
- 9.7. Типы управляющих устройств, применяемых для управления промышленными роботами и робототехнологическими комплексами.
- 9.8. Аппаратные средства реализации информационно-сенсорных систем, включая системы технического зрения.
- 9.9. Использование универсальных компьютеров и рабочих станций для управления роботами и их программирования в режиме «off-line».
- 9.10. Компьютерные управляющие подсистемы в мехатронике; принципы построения и архитектура аппаратной части.

5. Рекомендуемая литература

5.1. Основная литература:

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 ; СанктПетербургский государственный политехнический университет, Центральный научноисследовательский 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.

7. Балковой.А.П. Прецизионный электропривод с вентильными двигателями/А.П. Балковой, В.К.Цаценкин. – М. Издательский дом МЭИ, 2010 – 328с.; ил.

8. Войтович И.Д., Корсунсукий В.М. Интеллектуальные сенсоры. – Интернет университет информационных технологий. – 2010.

9. Р. Дорф, Р. Бишоп. Современные системы управления. М.: Лаб. Базовых Знаний, 2002, 18 экз.

10. С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. . Основы управления манипуляционными роботами. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004, 43 экз.

11. Вихров Н.М., Гаскаров Д.В. Грищенков А.А., Шнуренко А.А. Управление и оптимизация производственно-технологических процессов / Под ред. Д.В. Гаскарова. СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отд., 1995.

12. Кузнецов Н.А., Кульба В.В., Ковалевский С.С., Косяченко С.А. Методы анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем. М.: Физматлит, 2002.

5.2 Дополнительная литература:

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.

5. И. А. Каляев, В. М. Лохин, И. М. Макаров. . Интеллектуальные роботы. М.: Машиностроение, 2007, 3 экз.

6. К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Баркин. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т. 3 Методы современной теории автоматического управления. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, , 1 экз.

7. Кларк Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. М.: Радио и связь, 1990..
8. Иванов В.А., Ющенко А.С. Теория дискретных систем автоматического управления. М.: Наука, 1983.
9. Воронов А.А. Введение в динамику сложных управляемых систем. м.: Наука, 1985.
10. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. М.: Наука, 1986.
11. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Г. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000.

5.3 Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы:

Электронные ресурсы:

1. <https://urait.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова.