

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева-КАИ»**

**УТВЕРЖДАЮ**



**Проректор по НИИД**

**С.А. Михайлов**

**Программа вступительного испытания в аспирантуру  
по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности  
2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы**

Казань, 2022 г.

Программу вступительного экзамена в аспирантуру по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы разработали:

Д.т.н., проф. каф. ДПУ



Сиразетдинов Р.Т.

К.т.н., доцент каф. ДПУ



Деваев В.М.

Программу проверил:

Д.т.н., доцент, зав. каф. ДПУ



Бабушкин В.М.

### **1. Общие положения**

Настоящая программа вступительного экзамена по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы сформирована в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по программам специалитета и (или) магистратуры.

Процедура приема вступительных экзаменов регламентирована Порядком приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденным приказом Минобрнауки России от 06.08.2021 N 721

Результаты экзамена оцениваются по 100 (сто)-балльной системе.

Пересдача вступительных экзаменов не допускается.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 60 (шестьдесят) баллов.

### **2. Цели вступительных испытаний**

Выявление профессионального уровня знаний, приобретённых в процессе получения высшего образования, осознание основных аспектов будущей научной отрасли и выявление научного потенциала поступающего.

### **3. Требования к уровню подготовленности к профессиональной деятельности**

Кандидат на поступление в аспирантуру должен иметь диплом о высшем образовании (специалитет, магистратура) по выбранной, родственной или иметь опубликованные работы по отрасли профильной специальности или должен подготовить реферат по выбранной научной специальности.

### **4. Форма проведения вступительного экзамена**

Испытание осуществляется в устно-письменной форме по вопросам, перечень которых указан в данной программе.

Поступающему задаются 2 вопроса.

Продолжительность экзамена – 60 мин.



## **5. Вопросы программы вступительного экзамена в аспирантуру по научной специальности 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы:**

### **1. Механика машин и роботов**

1.1. Основные понятия и определения механики машин. Голономные и неголономные связи. Типовые соединения звеньев механизмов. Степени подвижности механизмов.

1.2. Приводы. Конструкции и сравнительный анализ приводов: электрического, гидравлического, пневматического. Основные характеристики приводов.

1.3. Передаточные механизмы. Назначение и классификация передаточных механизмов. Основные характеристики передаточных механизмов. Методы расчета передаточных механизмов.

1.4. Динамика машин. Уравнения движения машины. Передаточные функции системы. Собственные частоты и собственные формы колебаний, методы их определения. Резонансы. Учет диссипативных сил.

1.5. Кинематика манипуляторов и мобильных платформ роботов. Специальные системы координат в робототехнике. Прямая и обратная задача кинематики манипуляторов. Кинематика механизмов с последовательными и параллельными соединениями звеньев.

1.6. Динамика роботов. Прямая и обратная задача динамики роботов. Основные способы получения дифференциальных уравнений движения роботов. Способы решения систем дифференциальных уравнений движения.

### **2 Моделирование роботов и мехатронных систем**

2.1. Сложные системы. Понятие сложной системы. Эффективность. Показатели, характеризующие свойства сложных систем. Задачи исследования сложных систем.

2.2. Математические модели. Допущения и замечания, используемые при моделировании систем. Составление математических моделей различного рода систем. Формализация процессов функционирования сложных систем. Использование математических моделей.

2.3. Метод статистического моделирования. Имитационное моделирование. Фиксация и обработка результатов моделирования.

2.4. Точность моделирования. Принципы построения моделирующих алгоритмов для сложных систем. Верификация моделей. Идентификация моделей.

2.5. Моделирование случайных процессов. Случайные числа и процессы. Моделирование испытаний в схеме случайных событий. Формирование значений случайных величин с заданным законом распределения. Формирование реализаций случайных векторов и функций.

2.6. Моделирование систем массового обслуживания. Формирование реализаций случайных потоков однородных событий. Одноканальная система. Простейшая многоканальная система.



2.7. Система массового обслуживания с ненадежными элементами. Система массового обслуживания более общего характера.

2.8. Моделирование дискретных и непрерывных производственных процессов. Производственные операции. Отклонения течения производственного процесса от нормального. Моделирование производственных операций разных типов. Непрерывный производственный процесс как агрегативная система.

### **3. Информационные устройства и системы в мехатронике и робототехнике**

3.1. Сенсорные системы. Элементы сенсорных систем. Чувствительные элементы датчиков. Измерительные схемы датчиков. Датчики основных физических величин. Кинестетические датчики. Датчики скорости и динамических величин. Локационные и навигационные информационные системы. Теоретические основы локации. Электромагнитные, акустические и оптические локационные системы. Характеристики информационных сигналов.

3.2. Системы тактильного типа. Принципы силомоментного очувствления роботов. Датчики систем силомоментного очувствления. Методы распознавания контактных ситуаций. Тактильные датчики.

3.3. Системы технического зрения. Система технического зрения как составная часть системы управления робота. Основы формирования и передачи изображения. Устройства получения изображения. Устройства ввода и хранения изображений. Форматы хранения изображений в СТЗ.

3.4. Алгоритмы обработки изображений. Распознавание изображений. Фильтрация и коррекция изображений.

### **4. Управление мехатронными и робототехническими системами**

4.1. Управление в технических системах. Математические основы теории систем. Исследование операций и принятие решений. Современные методы теории управления. Системный анализ и моделирование. Информационные технологии в задачах управления. Модели технических объектов управления: механические, электрические, тепловые, гидравлические и др. Непрерывные и дискретные процессы управления.

4.2. Системы управления. Современные методы теории управления. Моделеориентированное проектирование. Управление в сложных системах. Адаптивные системы управления. Оптимальное управление. Управление многомерными системами. Теория дискретных систем управления. Теория нелинейных систем управления. Стохастические системы управления. Гибридные системы. Робастные системы управления. Интеллектуальные системы управления. Нечеткие множества в задачах управления.

4.3. Системные исследования в задачах управления. Системология. Прикладная общая теория систем. Системный анализ. Аппарат системных компьютерных технологий. Технология моделирования. Технология вычислительного эксперимента. Имитационные модели, системы, методы.



Модели знаний и экспертные системы. Нормативные модели, оптимизация, улучшение. Оптимальное управление. Модели сравнения и выбора. Групповой выбор.

4.4. Интеллектуальные системы управления (ИСУ). Проектирование ИСУ: этапы проектирования, предметная область и работа с экспертами. Алгоритмы идентификации, адаптации, оптимизации и диагностирования в ИСУ. Искусственные нейронные сети и их использование в ИСУ. Инструментальные средства для разработки и реализации ИСУ: программные и аппаратные средства.

## **5. Роботы и мехатронные системы**

5.1. Понятие о мехатронике и робототехнике. Определения и терминология мехатроники и робототехники. Новые технологии в мехатронике. Подходы к проектированию интегрированных мехатронных модулей и систем. Сокращение промежуточных преобразователей и интерфейсов. Метод объединения элементов мехатронного модуля в едином корпусе. Анализ мехатронных систем на основе показателя функционально-структурной интеграции.

5.2. Модули движения. Мехатронные модули движения. Интеллектуальные мехатронные модули. Мехатронные системы в автоматизированном машиностроении. Мехатронные системы (МТС) в бытовых приборах и устройствах. Автомобильные мехатронные системы. МТС специального назначения.

5.3. Производственные машины с параллельной и гибкой кинематикой. Роботы-манипуляторы. Мобильные роботы: колесные роботы, шагающие роботы, вибрационные роботы.

5.4. Параметрические модели динамики многосвязных механизмов. Синтез оптимальных движений многосвязных систем. Математическое моделирование электромеханических систем. Моделирование мехатронных систем.

## **6. Перечень литературы для подготовки к вступительному испытанию**

а) основная литература:

Литература

1. Яцун С.Ф., Кинематика, динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры: Учебное пособие. / С.Ф. Яцун, В.Я. Мищенко, Е.Н. Политов // М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2015 – 208 с.

2. Яцун С. Ф. Применение мехатронных систем :[Текст] : учебно-практическое пособие / Сергей Федорович Яцун, Александр Николаевич Рукавицын. - Курск: ЮЗГУ, 2011. - 178 с.: ил

3. Яцун С. Ф. Применение мехатроники в технических системах :[Текст] : учебное пособие / Сергей Федорович Яцун, Вадим Владимирович Серебровский, Александр Николаевич Рукавицын; Курская гос. с.-х. академия . - Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. акад., 2010. - 179 с.: ил. Гриф: Допущено УМО вузов по агроинженерному образованию



4. Лукинов А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств :[Комплект] : учеб. пособие / Александр Павлович Лукинов. - СПб.: Лань, 2012. - 608 с.: ил.

5. Подураев Ю. В. Мехатроника : основы, методы, применение :[Текст] : учебное пособие / Ю. В. Подураев. - 2-е изд., стер. - М.: Машиностроение, 2007. - 256 с. Гриф: Допущено Министерством образования и науки РФ

6. Юревич Е. Основы робототехники [Текст]: учебное пособие / Е. Юревич. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 416 с. Гриф: Рекомендовано УМО по университетскому политехническому образованию

7. Яцун С. Ф. Применение мехатронных систем :[Электронный ресурс] : учебно-практическое пособие / Сергей Федорович Яцун, Александр Николаевич Рукавицын; Юго-Западный гос. ун-т. - Курск: ЮЗГУ, 2011. - 178с.

8. Зенкевич С. Л. Основы управления манипуляционными роботами :[Текст] : учебник / С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: МГТУ им. Баумана, 2004. - 480 с. - (Робототехника). Гриф: Рекомендовано Министерством образования РФ

9. Вибрационные мобильные роботы :[Текст] : монография. - Курск: ЮЗГУ, 2013. - 182 с. - Библиогр.: с. 175

10. Механика миниатюрных роботов [Текст] / Российская акад. наук, Ин-т проблем механики им. А. Ю. Ишлинского ; Российская академия наук, Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского. - М. : Наука, 2010. - 271 с. : ил.

11. Лебедько Е.Г. Системы оптической локации. Часть 2: Учебное пособие. - СПб.: НИУ ИТМО, 2012. - 129 с. (<http://window.edu.ru>)

12. Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем: Учеб. Пособие. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 384 с.

13. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. - М.: Техносфера, 2007. 384 с.

14. Зайцев, М. Г. Методы оптимизации управления и принятия решений: примеры, задачи, кейсы: учебное пособие / М. Г. Зайцев, С. Е. Варюхин ; Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации. - [3-е изд., испр. и доп.]. - М.: Дело, 2011. - 640 с.

15. Гончаров, В. А. Методы оптимизации: учебное пособие / В. А. Гончаров. - М.: Юрайт, 2010. - 191 с.

16. Аттетков, А. В. Введение в методы оптимизации/ А. В. Аттетков, В. Зарубин, А. Канатников. - Москва : Финансы и статистика, 2008. - 272 с.

17. Поршнев, С. В. Численные методы на базе Mathcad: учебное пособие / С. В. Поршнев, И. В. Беленкова. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 464 с.

18. Кошев, А. Н. Численные методы и методы оптимизации: учебное пособие / А. Н. Кошев, В. В. Кузина ; Министерство образования Российской Федерации, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. - Пенза : ПГУАС, 2004. - 136 с.

19. Деммель, Дж. Вычислительная линейная алгебра: теория и приложения/Пер. с англ. Х. Д. Икрамова. - М.: Мир, 2001. - 429 с.

б) дополнительная литература:

1. Машков, К.Ю. Состав и характеристики мобильных роботов: учеб. пособие по курсу «Управление роботами и робототехническими комплексами» / В.И. Рубцов, И.В. Рубцов, К.Ю. Машков .— М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.

2. Корсунский, В. А. Выбор критериев и классификация мобильных робототехнических систем на колесном и гусеничном ходу : учебное пособие / В. А. Корсунский, К. Ю. Машков, В. Н. Наумов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 45 с. — ISBN 978-5-7038-3881-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58396> (дата обращения: 16.01.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Математические модели движения и системы технического зрения мобильных робототехнических комплексов. Носков Владимир Г., Издательство: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015

4. Лопатин, П. К. Интеллектуальные манипуляционные роботы : учеб. Пособие. Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2011. –204 с.

5. Кинематика и динамика исполнительных механизмов манипуляционных роботов : учебное пособие/ А. Г. Лесков, К. В. Бажинова, Е. В. Селиверстова. - Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 102 с.