

Программа

вступительного испытания

по направлению подготовки

**15.04.06 «Мехатроника и робототехника»**

для поступающих на 1 курс по программе магистратуры МГТУ «СТАНКИН»

в 2019 г.

# **Программа письменного вступительного испытания**

## **I. Пояснительная записка**

Программа вступительного испытания составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника».

**Цель письменного вступительного испытания:**  
определить уровень подготовки поступающего и оценить его возможности в освоении выбранного направления подготовки в магистратуре.

## **II. Содержание программы**

### **Раздел 1.**

Концепции построения и области применения мехатронных систем. Концепции построения и области применения робототехнических систем. Кинематические схемы манипуляционных роботов. Примеры таких схем. Преобразование Лапласа. Передаточные функции систем автоматического управления. Частотные характеристики систем автоматического управления. Критерии устойчивости систем автоматического управления. Критерий устойчивости Найквиста. Понятие о синтезе систем автоматического управления. Корректирующие устройства. Требования к точности и качеству переходных процессов систем автоматического управления. Преобразователи движения: реечный, зубчатый, волновой. Кинематические погрешности. Преобразователи движения: планетарный, винт-гайка. Шарико-винтовая передача. Кинематические погрешности. Мехатронные модули. П-, ПИ- и ПИД-регулирование. Структура и свойства П-, ПИ- и ПИД-регуляторов. Системы непрерывного и дискретного действия. Принципы построения систем компьютерного управления. Цифровые системы. Импульсные системы. Обобщённая структурная схема систем компьютерного управления. Роль таймера в обеспечении работы системы в реальном времени. Квантование сигналов по времени и восстановление непрерывного сигнала из последовательности числовых данных в системах компьютерного управления. Преимущества систем компьютерного управления по сравнению с аналоговыми системами. Базовые устройства ЭВМ для хранения информации. Триггеры и регистры. Управление в реальном времени. Использование прерываний для реализации управления в реальном времени. Разностные

уравнения импульсных систем. Дискретные передаточные функции импульсных систем. Математическое описание дискретных во времени сигналов. Решётчатые функции.

## Раздел 2.

Назначение и основные типы приводов, используемых в робототехнике и мехатронике. Обобщённая функциональная схема привода робота и мехатронного модуля. Устройство и принцип действия коллекторных двигателей постоянного тока. Образование электромагнитного момента и ЭДС двигателя. Проявление ЭДС самоиндукции. Математическая модель коллекторного двигателя постоянного тока. Электромагнитная и электромеханическая постоянные времени двигателя. Механические характеристики коллекторных двигателей постоянного тока при непрерывном регулировании частоты вращения. Схемотехника и особенности функционирования силовых электронных устройств электроприводов. Основные схемы включения транзисторов. IGBT. Транзисторные силовые преобразователи. Применение широтно- импульсной модуляции. Особенности процессов изменения напряжений и токов при широтно- импульсной модуляции. Характеристики коллекторных двигателей постоянного тока при широтно-импульсном регулировании. Энергетический расчёт и выбор исполнительных элементов электроприводов роботов и мехатронных устройств. Тепловой расчёт электродвигателей. Понятие о следящих приводах. Структура и принцип действия следящего привода. Требования к следящим электромеханическим приводам роботов и мехатронных устройств. Следящий привод как система контуров подчинённого регулирования. Регуляторы и датчики сигналов обратных связей. Формирование низкочастотной части амплитудно-частотной характеристики разомкнутого следящего привода с учётом требований к точности. Формирование средне- и высокочастотной частей амплитудно-частотной характеристики разомкнутого следящего привода с учётом требований к запасам устойчивости и качеству переходных процессов. Датчики тока для приводов роботов и мехатронных устройств. Гальваническая развязка. Настройка подсистемы регулирования тока на технический оптимум. Передаточная функция и частотные характеристики пропорционально- интегрального регулятора. Устройство и принцип действия вращающегося трансформатора (резольвера) как датчика положения. Обработка сигналов резольвера. Устройство и принцип действия энкодера как датчика положения. Частотные свойства энкодеров. Статические характеристики цифровых датчиков положения. Разрешающая способность

цифрового датчика положения. Назначение, устройство, принцип действия и характеристика тахогенератора. Устройство, принцип действия и свойства синхронных двигателей. Способы управления частотой вращения вала синхронного двигателя. Устройство, принцип действия и свойства асинхронных двигателей. Способы управления частотой вращения вала асинхронного двигателя. Устройство, принцип действия, разновидности и свойства шаговых двигателей. Управление шаговым двигателем. Устройство и принцип действия бесконтактного двигателя постоянного тока. Назначение датчика положения ротора. Звено постоянного тока. Транзисторный инвертор напряжения. Векторное управление вентильными двигателями. Геометрические преобразования. Векторное управление асинхронными двигателями. Геометрические преобразования. Стабилизация магнитного потока возбуждения. Датчики в мехатронных и робототехнических системах. Классификация датчиков. Датчики силы и устройства силомоментного осязательства роботов. Виды, устройство, принцип действия.

### **Раздел 3.**

Определение микропроцессора и микроконтроллера. Внутренняя структура микроконтроллера. Арифметико-логическое устройство (АЛУ). Операции, выполняемые АЛУ. Внутренняя структура микропроцессора с полным набором команд. Режимы прерывания и прямого доступа в память (ПДП, DMA) микропроцессорного устройства. Представление отрицательных чисел в микропроцессорной системе. Прямой, обратный и дополнительный коды. Методы адресации в микропроцессорных устройствах: прямая, непосредственная, косвенная, по паре регистров, с помощью указателя стека. Схемы гальванической развязки сигналов. Назначение. Виды. Пример схемы гальванической развязки сигналов на основе транзисторного оптрона. Уровни управления робототехнических устройств: исполнительный, тактический, стратегический, интеллектуальный. Особенности систем управления мобильным роботом. Схема системы управления движением мобильного робота. Структурная схема микропроцессорного устройства управления. Шины микропроцессорного устройства управления. Назначение и устройство кнопок и концевых датчиков микропроцессорного устройства управления. Алгоритм обработки сигнала с концевого датчика. Объединение групп кнопок в матричную клавиатуру микропроцессорного устройства. Принцип действия и взаимодействие с микроконтроллером матрицы клавиатуры. Классификация световых индикаторных устройств. Назначение, устройство и виды семисегментных светодиодных индикаторов. Подключение отдельного

семисегментного индикатора к микроконтроллеру. Статическая и динамическая индикация устройств отображения информации. Схема динамической индикации четырех семисегментных индикаторов с использованием микроконтроллера. Жидкокристаллические индикаторы (ЖКИ). Назначение и классификация. Достоинства ЖКИ по сравнению со светодиодными индикаторами. Примеры использования ЖКИ. Релейные исполнительные устройства. Схемы подключения устройств к микроконтроллеру с использованием биполярного транзистора, электромагнитного реле и симистора. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Определение, назначение, технические характеристики. Принцип работы и схема аналого-цифрового преобразователя последовательного счета. Принцип работы и схема параллельного аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП). Определение, назначение, технические характеристики. Принцип работы цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) с делением опорного напряжения. Принцип работы цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) со сложением токов. Принцип работы цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) на матрице R-2R. Межмикросхемная последовательная шина I2C. Назначение, технические характеристики, виды подключаемых устройств. Электрическая схема шины I2C. Способ исключения конфликтных ситуаций на шине I2C. Процесс передачи отдельных бит. Старт и стоп условия. Микросхемы EEPROM с I2C интерфейсом. Назначение и технические характеристики. Логические протоколы обмена между микроконтроллером и флэш-памятью по стандарту I2C с использованием однобайтового способа адресации: запись одного байта, запись последовательности байт, чтение данных с текущего адреса, чтение данных, начиная с заданного адреса. Назначение, технические характеристики шины Micro LAN (1-Wire). Топология сети Micro LAN. Виды микросхем с интерфейсом Micro LAN (1-Wire). Микросхемы iButton. Технология Master-Slave и электрическая схема шины Micro LAN (1-Wire). Синхронизация и побитовая передача информации в шине Micro LAN (1-Wire). Временные диаграммы сигналов. Уровни функционирования шины Micro LAN (1-Wire): физический, уровень связи, сетевой и транспортный уровни. Команды сетевого уровня. Команды транспортного уровня шины Micro LAN (1-Wire). Диаграмма обращения шины Micro LAN (1-Wire) к устройству с использованием команды сетевого уровня «Совпадение ПЗУ» и команды «Чтение данных» транспортного уровня. Интегральные датчики температуры с интерфейсом 1-Wire. Назначение, технические характеристики. Внутренняя структура интегрального цифрового датчика температуры DS18B20. Пример команды

транспортного уровня датчика температуры DS18B20. Назначение, технические характеристики и описание сигналов интерфейса SPI. Схемы независимого и каскадного подключений устройств с интерфейсом SPI. Назначение, устройство и принцип действия аналогового компаратора напряжения. Технические характеристики и классификация аналоговых компараторов напряжения. Схемы включения аналоговых компараторов напряжений. Принципы построения контроллеров для управления робототехническими и мехатронными устройствами. Технические характеристики контроллеров ведущих зарубежных фирм.

### **III. Критерии оценивания**

Абитуриенты должны в письменной форме ответить на три вопроса, содержащихся в билете. Результаты вступительного испытания оцениваются по стобалльной шкале. Максимальный тестовый балл по первому вопросу – 40, второму вопросу – 40, по третьему вопросу – 20.

#### **Критерии оценки ответа на первый и второй вопросы:**

##### **36-40 баллов:**

- Дан полный, развёрнутый ответ на поставленный в билете вопрос.
- Грамотное использование основных понятий в области мехатроники и робототехники.
- Продемонстрирована совокупность знаний в области мехатроники и робототехники, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи.
- Знание материала выходит за рамки обязательного курса.
- Ответ отличается чёткая логика и аргументированность выводов.
- В своем ответе абитуриент связывает теоретические результаты с практическими примерами робототехнических и мехатронных систем.
- Показано отличное знание научной литературы

##### **31-35 баллов:**

- Дан полный, развёрнутый ответ на поставленный в билете вопрос.
- Грамотное использование основных понятий в области мехатроники и робототехники.
- Умение выделить существенные и несущественные признаки объекта и причинно-следственные связи.
- Ответ отличается чёткая логика и аргументированность выводов.

- При ответе допущены незначительные погрешности, не искажающие смысла излагаемого материала.
- Показано хорошее знание основной научной литературы.
- Недостаточное раскрытие связи теории с практическими примерами робототехнических и мехатронных систем.
- Ответ недостаточно чётко структурирован.
- Допущены незначительные ошибки или недочёты.

**26-30 баллов:**

- Дан достаточно полный и в целом правильный ответ на поставленный в билете вопрос.
- Правильное оперирование понятиями мехатроники и робототехники.
- Продемонстрировано умение выделить существенные и несущественные признаки объекта и причинно-следственные связи.
- При ответе допущены незначительные ошибки и недочёты.
- Присутствуют незначительные нарушения в логике изложения материала.
- Отсутствие связи теории с практическими примерами робототехнических и мехатронных систем.

**21-25 баллов:**

- Ответ дан в целом правильно, однако неполно, и в нём допущены незначительные ошибки.
- Правильное оперирование понятиями мехатроники и робототехники.
- Присутствуют нарушения в логике изложения и аргументации.

**11-20 баллов:**

- Ответ дан неполный.
- Путаница в базовой терминологии.
- Логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения.
- Слабая аргументация.
- Допущены ошибки при определении сущности раскрываемых явлений и понятий мехатроники и робототехники.

**0-10 баллов:**

- Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса, с существенными ошибками.
- Нелогичность изложения.
- Отсутствует доказательность в ответе на вопрос.
- Допущены грубые ошибки при раскрытии сущности явлений и понятий мехатроники и робототехники.

**0 баллов:**

- полностью отсутствует ответ на вопрос;

- полностью отсутствует логика изложения материала;
- допущены грубые ошибки, свидетельствующие о незнании абитуриентом основ мехатроники и робототехники.

### **Критерии оценки ответа на третий вопрос:**

#### **16-20 баллов:**

- Дан полный, развёрнутый ответ на поставленный в билете вопрос.
- Ответ отличается чёткая логика и аргументированность.
- Показано отличное знание научной литературы.

#### **11-15 баллов:**

- Дан полный, развёрнутый ответ на поставленный в билете вопрос, но допущены незначительные погрешности, не искажающие смысла излагаемого материала.
- Ответ отличается логичностью и аргументированностью.
- Показано хорошее знание научной литературы.

#### **0-10 баллов:**

- неполный ответ на поставленный вопрос.
- некоторые элементы ответа на поставленный вопрос являются правильными, но другие элементы содержат грубые ошибки, отражающие непонимание абитуриентом объясняемого явления.
- в ответе использованы описания физических законов, не имеющих отношения к рассматриваемым явлениям и процессам.

#### **0 баллов:**

- полностью отсутствует ответ на вопрос;
- отсутствует логика изложения материала;
- допущены грубые ошибки, свидетельствующие о незнании абитуриентом основ мехатроники и робототехники.

#### **Недочёты:**

- отсутствие поясняющего рисунка или схемы.

#### **Негрубые ошибки:**

- незначительные ошибки в формулировках понятий, не меняющие их смысл;
- негрубые арифметические ошибки;
- отсутствие численного ответа при полученном ответе в общем виде, если в условии заданы числовые значения.



### **Грубые ошибки:**

- неверные названия или единицы измерения физических величин и параметров;
- отсутствие обозначений и размерностей величин на графиках;
- отсутствие пояснений к вводимым обозначениям величин в формулах;
- ошибки в формулировках понятий, приводящие к искажению их смысла;
- ошибки в записях математических выражений, характеризующих свойства систем и способы управления ими;
- ошибки в графиках зависимостей, существенно искажающих представление о свойствах мехатронных и робототехнических систем и их компонентов;
- грубые арифметические ошибки;
- ошибки в записи уравнений, описывающих физические законы, лежащие в основе мехатронных и робототехнических систем;
- ответ на поставленный вопрос с использованием уравнений, не имеющих отношения к рассматриваемым физическим явлениям и процессам.

### **IV. Рекомендуемая литература**

1. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.
2. Мехатроника / Большая российская энциклопедия. / [Электронный ресурс] / URL: [https://bigenc.ru/technology\\_and\\_technique/text/v/2210280](https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/v/2210280)
3. Мехатроника / Исии Т., Симояма И., Иноуэ Х. и др. Пер. с япон. – М.: Мир, 1988. – 318с.
4. Егоров О.Д., Подураев Ю.В. Расчёт и конструирование мехатронных модулей: учебное пособие. – М.: ГОУ ВПО МГТУ «Станкин», 2012. – 422 с.
5. Юревич Е.И. Основы робототехники: учебное пособие - 3-е издание. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 368 с.
6. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов. В 2-х ч. Ч. I. Теория линейных систем автоматического управления / Н. А. Бабаков, А. А. Воронов, А. А. Воронова и др.; Под ред. А. А., Воронова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 367 е., ил.
7. Илюхин Ю.В., Зеленский А.А. Информационные устройства в мехатронике и робототехнике: учебное пособие. М.: ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН», 2018. – 264 с.: ил.
8. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. заведений . – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 272 с.
9. Карнаухов Н.Ф. Электромеханические и мехатронные системы. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 320 с.

10. Илюхин Ю.В. Компьютерное управление мехатронными системами: учебное пособие. – М.: ФГБОУ ВПО МГТУ «Станкин». – 2014. – 320 с.: ил.
11. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9-ти кн. Кн.2. Приводы робототехнических систем / Ж.П. Ахромеев, Н.Д. Дмитриева, В.М. Лохин и др. – М.: Высш.шк., 1986. – 175 с.
12. Кенио Т., Нагамори С. Двигатели постоянного тока с постоянными магнитами: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 184 с.
13. Ильинский Н.Ф., Козаченко В.Ф. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат – 1992.
14. Илюхин Ю.В., Подураев Ю.В. Проектирование исполнительных систем роботов. – М.: Изд-во МПИ, 1989. – 75с.
15. Усольцев А.А. Частотное управление асинхронными двигателями / Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 94 с. / [Электронный ресурс] / URL: <http://ets.ifmo.ru/usolzev/SEITEN/konspekt/chastupr.pdf>
16. Шаговый двигатель / [Электронный ресурс] / URL: <http://engineering-solutions.ru/motorcontrol/stepper/>
17. Прянишников В.А. Электроника. Полный курс лекций. – СПб.: КоронаВек, 2014. – 416 с.
18. Новиков Ю.В., Скоробогатов П.К. Основы микропроцессорной техники: учебное пособие. - 4-е изд., испр. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 357 с.
19. Белов А.В. Разработка устройств на микроконтроллерах AVR. – СПб.:Наука и Техника, 2014. – 528 с.
20. Белов А.В. Конструирование устройств на микроконтроллерах. – СПб.:Наука и Техника, 2005. – 256 с.
21. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! Т4. – Издательский дом «Додека-XXI», 2008. – 464 с.