

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 Роботы, мехатроника и робототехнические системы

Факультет

Специальное машиностроение (СМ)

Кафедра

Подводные работы и аппараты (СМ11)

Москва, 2025 г.

1. ФОРМА ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Вступительные испытания проводятся в устно-письменной форме в соответствии с установленным расписанием.

Поступающему предлагается ответить на 2 вопроса, 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

2.1. Основы робототехники и мехатроники

- 2.1.1. Примеры мехатронных модулей и систем. Исполнительная система (составные части). Традиционная схема проектирования (достоинства и недостатки). Особенности мехатронной исполнительной системы.
- 2.1.2. Основные этапы развития подводной робототехники. Функциональное назначение и классификация подводных роботов и аппаратов по областям применения, по взаимодействию с человеком, по автономности.
- 2.1.3. Роботы для экстремальных условий: применение роботов для выполнения операций под водой.
- 2.1.4. Элементы и подсистемы подводных робототехнических систем: манипуляторы; захваты; рабочий инструмент; силовые агрегаты; системы очувствления; управляющие устройства; системы технического зрения.
- 2.1.5. Понятие подводной робототехнической системы (ПРТС). Функциональная схема ПРТС. Структура и компоненты ПРТС.
- 2.1.6. Основные типы движителей подводных технических средств.
- 2.1.7. Манипуляторы подводных аппаратов. Назначение манипуляционных устройств. Основные понятия и определения. Кинематические и конструктивные схемы построения исполнительных органов манипуляционных комплексов. Способы управления: релейный, копирующий, скоростной. Типы задающих органов манипуляционных устройств.
- 2.1.8. Кинематика манипуляционных механизмов. Выбор систем координат, связанных со звеньями манипулятора; решение задачи о положении звеньев манипулятора; прямая и обратная задачи кинематики.
- 2.1.9. Статика подводных аппаратов: плавучесть, вес в воде, водоизмещение подводного аппарата. Понятие метацентрической высоты. Влияние на величину плавучести параметров водной среды. Статическая устойчивость подводных аппаратов.
- 2.1.10. Гидродинамика подводных аппаратов.
- 2.1.11. Классификация приводов, используемых в подводной робототехнике и мехатронике. Электромеханические приводы постоянного тока. Приводы с бесконтактными двигателями постоянного тока. Приводы переменного тока. Приводы на базе шаговых двигателей. Высокомоментные безредукторные приводы. Электрогидравлические приводы.
- 2.1.12. Классификация информационных устройств, применяемых в подводной робототехнике. Датчики положения, скорости, ускорения, сил и моментов.
- 2.1.13. Построение информационно-управляющих систем подводных аппаратов (основные топологии локальных вычислительных сетей).

- 2.1.14. Структура и состав микропроцессорных систем обработки информации и управления ПРТС. Организация систем сопряжения с объектом регулирования. Принципы архитектуры микроконтроллеров и микропроцессоров, работающих в реальном масштабе времени, особенности программного обеспечения.
- 2.1.15. Принципы моделирования подводных робототехнических систем. Детализация математических моделей подводных аппаратов разной степени сложности: полная модель с упрощённым учётом влияния кабеля, декомпозиция, линеаризация, передаточные функции, динамика движителей, особенности учёта влияния кабеля.
- 2.1.16. Основные этапы разработки систем управления подводных аппаратов: разработка математических моделей разной степени сложности; построение информационно-измерительного комплекса подводного аппарата; разработка алгоритмов системы управления угловой ориентацией и положением центра масс подводного аппарата; построение информационно-управляющей системы подводного аппарата; отработка алгоритмов системы управления и информационно-измерительного комплекса в полунатуральном эксперименте и реальных условиях.
- 2.1.17. Принципы построения информационных систем в мехатронике и робототехнике. Задачи и состояния. Процессы и потоки. Двухуровневая организация технического и вычислительного аспектов управляющего программного обеспечения.
- 2.1.18. Программирование систем реального времени. Программы и процессы. Организация внутренней памяти процесса. Образ процесса. Понятия области кода, области данных, рабочей области (кучи), стека. Понятие контекста процесса. Управление системными ресурсами. Принцип организации многозадачного режима.
- 2.1.19. Алгоритмы диспетчеризации. Принцип вытесняющей многозадачности. Вытесняемый системный вызов.
- 2.1.20. Классификация и характеристики задач реального времени. Задачи жесткого и мягкого реального времени. Параметры задач реального времени: предельное время выполнения, худшее время выполнения, среднее время выполнения. Периодические, апериодические, спорадические задачи реального времени
- 2.1.21. Назначение и состав программного обеспечения подводных робототехнических систем. Структура прикладного программного обеспечения телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА). Пульт оператора ТНПА. Особенности прикладного программного обеспечения для автономных необитаемых подводных аппаратов.
- 2.1.22. Программное обеспечение средств отладки алгоритмов систем управления подводных робототехнических систем. Программная реализация математической модели движения подводного аппарата.
- 2.1.23. Современные средства разработки программного обеспечения. Фреймворк Qt. Особенности и основные механизмы фреймворка Qt. Объектная иерархия, метаобъектный компилятор МОС. Механизм сигналов и слотов.
- 2.1.24. Современные средства контроля версий программного обеспечения. Система контроля версий Git. Инструменты Git для совместной работы. Работа с ветками. Методы и инструменты тестирования и отладки программного обеспечения. Отладчик GDB.
- 2.1.25. Работа с устройствами ввода/вывода в фреймворке Qt. Класс QIODevice. Работа с файлами. Реализация UDP – сервера и UDP – клиента. Классы Qt для работы с датой и временем. Таймеры.

2.2. Основы теории автоматического управления

- 2.2.1. Математические модели автоматических систем. Основные характеристики непрерывных линейных систем автоматического управления (САУ). Частотные характеристики и передаточные функции. Описание многомерных систем.
- 2.2.2. Анализ точности САУ. Частотные методы. Метод коэффициентов ошибок.
- 2.2.3. Анализ устойчивости линейных САР. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Критерии устойчивости линейных систем. Применение ЛЧХ для анализа устойчивости.
- 2.2.4. Синтез линейных систем методом ЛЧХ. Выбор желаемых ЛЧХ. Синтез параллельных и последовательных корректирующих устройств. Прочие виды коррекции.
- 2.2.5. Метод пространства состояний. Математическая модель линейной системы в пространстве состояний. Теоремы об управляемости и наблюдаемости.
- 2.2.6. 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.
- 2.2.7. Устойчивость по Ляпунову. Теоремы Ляпунова об устойчивости, об асимптотической устойчивости. Теорема об устойчивости по линейному приближению. Построение функций Ляпунова.
- 2.2.8. Условия абсолютной устойчивости нелинейной системы. Теоремы В.М.Попова. Геометрическая интерпретация условий абсолютной устойчивости.
- 2.2.9. Анализ автоколебаний в нелинейных САУ методом гармонической линеаризации. Основное уравнение метода. Условие применения. Линеаризация нелинейностей. Определение параметров автоколебаний и их устойчивости.
- 2.2.10. Классические методы синтеза систем автоматического регулирования: метод корневых годографов, метод стандартных переходных характеристик, метод логарифмических амплитудных характеристик.
- 2.2.11. Дискретные системы. Виды дискретных систем. Их математические модели: разностные уравнения, передаточные функции и частотные характеристики.
- 2.2.12. Критерии устойчивости линейных дискретных систем. Критерии, основанные на применении w-преобразования. Применение частотных характеристик.
- 2.2.13. Синтез дискретных корректирующих устройств. Их программная и аппаратная реализация.
- 2.2.14. Описание дискретных систем в пространстве состояний. Теоремы о наблюдаемости и об управляемости.
- 2.2.15. Оптимальные автоматические системы; применение методов вариационного исчисления для оптимизации САУ.
- 2.2.16. Метод оптимизации САУ по среднеквадратическому критерию. Метод аналитического конструирования регуляторов. Численные методы параметрической оптимизации.
- 2.2.17. Принцип максимума Понтрягина и его применение для синтеза оптимальных САУ. Принцип динамического программирования Беллмана. Уравнение Беллмана; примеры применения в задачах синтеза САУ.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ястребов В.С. Системы управления движением робота. - М: Машиностроение, 1979. - 174с.
2. Пантов Е.Н. Основы теории движения подводных аппаратов. Л.: Судостроение, 1973. 210 с.
3. Грумондз В. Т., Половинкин В. В., Яковлев Г. А. Теория движения двусредных аппаратов. Математические модели и методы исследования. М. : Вузовская книга, 2012. 643 с.
4. Филаретов В. Ф., Алексеев Ю. К., Лебедев А. В. Системы управления подводными роботами / ред. Филаретов В. Ф. - М. : Круглый год, 2001. - 282 с.
5. Вельтищев В. В. Организация технических средств подготовки операторов подводных аппаратов // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Машиностроение, 2012. Спец.вып. Специальная робототехника. С. 24-31.
6. Куценко А. С., Егоров С. А. Организация движения телекомандного подводного аппарата по заданной траектории // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Машиностроение, 2012. Спец.вып. Специальная робототехника. С. 51-56.
7. Войтов Д.В. Телеуправляемые необитаемые подводные аппараты. М.: МОРКНИГА, 2012. 500 с.
8. Войтов Д.В. Автономные необитаемые подводные аппараты. М.: МОРКНИГА, 2015. 332 с.
9. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника. -М: Мир, 1989
10. Шахинпур К. Курс робототехники. -М: Мир, 1990
11. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами роботами. –М.: Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004.
12. Рассадкин Ю. И., Синицын А. В. Компьютерное управление в мехатронных системах: учеб. пособие по дисциплине "Компьютерное управление в мехатронных системах". - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. 61 с.
13. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-ти тт.;2-е изд. перераб. и доп./Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.
14. Тененбаум Э. Архитектура компьютера. 5-е издание – СПб.: Питер, 2009.
15. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М.: Горячая линия – Телеком, 2014, 606 с.
16. Зыль С. Н. Проектирование, разработка и анализ программного обеспечения систем реального времени. СПб.: «БХВ-Петербург», 2010, 328 с.
17. Д.М. Ослэндер, Дж. Р. Риджли, Дж.Д.Ринггенберг. Управляющие программы для механических систем. Объектно-ориентированное проектирование систем реального времени. Пер. с англ., М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2009, 416с.
18. Шлее М. Qt 5.3. Профессиональное программирование на C++. СПб: «БХВ-Петербург», 2016. 928 с.

4. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Поступающему предлагается ответить в устно-письменной форме на 2 вопроса билета, охватывающих содержание разделов и тем программы соответствующих вступительных испытаний.

Максимальная сумма баллов за 2 вопроса билета – 100.

Распределение баллов по задачам следующее:

Номер вопроса	1	2
Баллы	50	50

Критерии оценивания:

- 50 – дан полный ответ на все части вопроса, включая определения, формулы и графики.
- 40 – дан полный ответ на все части вопроса, но ответ содержит неточности.
- 30 – дан ответ не на все части вопроса или ответ содержит небольшие ошибки.
- 15 – 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 СМ11

В.В. Вельтищев