

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Директор института

Е.А. Анциферов

«20» октября 2023 г.



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



В.В. Смирнов

«23» октября 2023 г.

ПРОГРАММА
вступительного испытания
по специальной дисциплине
для поступающих на обучение по образовательным программам
высшего образования – программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ИРНИТУ

Научная специальность:

2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Иркутск – 2023 г.

Тема №1 ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ.

Раздел 1. Основные понятия и принципы управления системами различной природы. Основные виды классификаций управляемых систем. Понятия состояния, управляемости и наблюдаемости. Принципы управления. Обратная связь. Замкнутая и разомкнутая системы управления. Основные подходы к анализу и синтезу автоматических и автоматизированных управляемых систем.

Раздел 2. Способы и языки описания автоматических и автоматизированных систем. Описание систем в задачах управления: теоретико-множественное, логическое, алгебраическое, статистическое и лингвистическое описание. Пространство состояния системы. Операторные модели детерминированных динамических систем. Линеаризация уравнений системы. Свойства линеаризованных систем. Аппроксимация систем с распределенными параметрами системами с сосредоточенными параметрами. Преобразование Лапласа. Передаточная функция стационарной линейной системы. Структура и структурная схема системы управления.

Раздел 3. Оценка статических и динамических свойств систем управления. Статическая и динамическая характеристики системы. Способы построения статических характеристик системы управления. Оценка динамических свойств систем управления. Переходная и импульсная переходная функции, комплексный коэффициент передачи. Взаимосвязь между динамическими характеристиками системы. Декомпозиция системы управления. Типовые элементы (звенья) систем управления. Основные характеристики типовых звеньев (переходная и передаточная функции, частотные характеристики). Передаточная функция разомкнутой и замкнутой системы управления. Преобразование структурных схем. Статические и астатические системы. Структурные признаки статизма и астатизма систем управления.

Раздел 4. Линейные детерминированные динамические управляемые системы. Физическая и математическая трактовка понятия устойчивости системы управления. Необходимое и достаточное условия устойчивости линейных систем управления. Алгебраические критерии устойчивости: Вышнеградского, Гурвица. Графоаналитический критерий Михайлова. Частотные критерии устойчивости. Структурная устойчивость. Устойчивость систем с запаздыванием. Инвариантность системы по отношению к возмущению. Условия физической реализуемости и способы создания инвариантных систем. Качество процессов управления в линейных динамических системах. Показатели качества переходных процессов. Косвенные методы оценки качества. Интегральные оценки. Оценка точности системы управления. Вычисление установившейся ошибки. Ошибки от задающих воздействий и возмущений. Коррекция систем управления. Выбор характеристики корректирующих звеньев. Аналитическое конструирование регуляторов.

Раздел 5. Нелинейные динамические системы. Основные виды нелинейностей в системах управления. Особенности поведения нелинейных систем управления. Фазовые портреты линейных систем второго порядка. Анализ поведения релейных систем на фазовой плоскости. Виды движений. Циклы. Метод точечных преобразований в исследовании нелинейных систем. Диаграмма Андронова. Устойчивость нелинейных систем. Определение устойчивости по Ляпунову. Основные понятия теории абсолютной устойчивости. Алгебраические методы анализа. Частотный критерий абсолютной устойчивости Попова. Автоколебания в замкнутых системах управления. Метод Гольдфарба в анализе автоколебательных режимов нелинейных систем. Скользящие режимы в нелинейных системах. Системы с переменной структурой. Бинарные системы. Явления динамического стохастизма в нелинейных системах. Стохастические автоколебания. К-системы. Аттракторы в динамических системах. Странные аттракторы. Влияние степени свободы динамической системы, запаздывания аргумента и нелинейности в контурах обратных связей на возбуждение системы.

Раздел 6. Основы теории оптимального управления. Оптимальные системы, классификация. Статическая и динамическая оптимизация. Постановка задач динамической оптимизации. Виды функционалов. Принцип максимума Понтрягина. Динамическое программирование. Принцип Беллмана, условия Гамильтона Якоби.

Раздел 7. Оценка состояния и управление неполностью наблюдаемыми системами. Адаптивные системы. Основные задачи анализа и синтеза систем в условиях неопределенности. Неопределенность в описании, параметрах, состоянии. Постановка задач наблюдения, фильтрации и предсказания. Оценивание параметров и состояний линейных систем. Метод минимизации среднеквадратичной ошибки. Уравнение Винера-Хопфа. Рекуррентное оценивание с минимальной среднеквадратической ошибкой. Оптимальный фильтр Калмана. Оценивание параметров и состояний нелинейных систем. Дифференциальная аппроксимация, расширенный фильтр Калмана, поисковые процедуры. Адаптивные системы. Классификация. Системы со стабилизацией динамических свойств. Системы с пробными сигналами. Системы с эталонной моделью. Экстремальные самонастраивающиеся системы.

Раздел 8. Управление многомерными и сложными слабоструктурированными системами. Многомерные системы управления. Классификация многомерных систем управления. Математическое описание и структурное представление. Способы составления характеристических полиномов. Свойства, особенности анализа и синтеза многомерных систем управления. Свойства сложных систем. Основные принципы системного подхода к оценке состояния и управлению сложными системами. Слабоструктурированные задачи управления, методы и системы принятия управленческих решений. Интеллектуальные управляющие системы. Нечеткое адаптивное управление. Методы синтеза САУ с нечеткими регуляторами. Принцип двухканальной инвариантности. Многокритериальные задачи управления.

Основная литература:

1. **Ротач, Виталий Яковлевич.** Теория автоматического управления : учеб. для вузов по специальности "Автоматизация технол. процессов и пр-в (энергетика)" ... / В. Я. Ротач. - 3-е изд., стер. - М. : Изд-во МЭИ, 2005. - 399 с.

Дополнительная литература:

1. **Ким, Дмитрий Петрович.** Теория автоматического управления [Электронный ресурс] : учебник и практикум для академического бакалавриата / Д. П. Ким. - Москва : Юрайт, 2018. - 276 с. <http://www.biblio-online.ru/book/B7ADC8BE-61B0-40AF-B9DC-6B70196EC27F?>
2. **Гайдук, А. Р.** Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 464 с. <https://e.lanbook.com/book/90161#authors>
3. **Теория автоматического управления** : учебник для вузов по направлению подготовки "Автоматизация и управление"... / С. Е. Душин [и др.]; под ред. В. Б. Яковлева. - Изд. 3-е, стер. - Москва : Высшая школа, 2009. - 566 с.
4. **Кудинов, Ю. И.** Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK) : учебное пособие / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пашенко. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 308 с. <https://e.lanbook.com/book/176901>

Тема № 2 МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ.

Раздел 1. Математический анализ и дифференциальные уравнения. Исследование точек оптимума и перегиба функций одной переменной с помощью производных. Полные системы функций (полиномы и тригонометрические функции). Разложение произвольной функции по полной системе функций; остаточный член. Обыкновенные дифференциальные уравнения: теорема существования и единственности, линейные

уравнения первого и второго порядков, однородные уравнения, классификация стационарных точек.

Раздел 2. Основные принципы математического моделирования. Виды математических моделей. Области применения. Принципы построения математических моделей. Методы исследования математических моделей.

Раздел 3. Компьютерное и имитационное моделирование. Методология имитационного моделирования. Область применения. Математический аппарат имитационного моделирования. Принципы и методы построения имитационных моделей.

Раздел 4. Построение математических моделей объектов и систем по экспериментальным данным. Структурная и параметрическая идентификация; методы построения статических и динамических моделей объектов управления. Описание модели при взаимодействии с внешней средой; модели возмущений. Методы планирования эксперимента. Принципы описания сложных систем; декомпозиция и агрегирование сложных моделей. Модели систем в пространстве состояний. Оценивание адекватности моделей.

Основная литература:

1. Моделирование систем : учебное пособие / И. А. Елизаров [и др.]. - Старый Оскол : ТНТ, 2013. - 135 с.

2. Дьяконов, Владимир Павлович . MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем : спец. справ. / Владимир Дьяконов, Владимир Круглов, 2002. - 444 с.

Дополнительная литература:

1. Морозов В. К. Моделирование процессов и систем : учебное пособие по направлению подготовки бакалавров / В. К. Морозов, Г. Н. Рогачев, 2015. - 263 с.

2. Советов, Борис Яковлевич. Моделирование систем [Электронный ресурс]: учебник для академического бакалавриата / Б. Я. Советов и др. - 7-е изд. - Москва : Юрайт, 2017. - 343 с.

3. Затонский, А. В. Моделирование объектов управления в MatLab : учебное пособие / А. В. Затонский, Л. Г. Тугашова. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 144 с

4. Моделирование систем и процессов : учебник для академического бакалавриата по инженерно-техническим направлениям и специальностям / В. Н. Волкова, Г. В. Горелова, В. Н. Козлов [и др.]; под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова ; С.-Петерб. политехн. ун-т Петра Великого (Нац. исслед. ун-т). - Москва : Юрайт, 2015. - 449 с

Тема №3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Раздел 1. Понятие об автоматизированных и автоматических системах управления.

Управление предприятием по 2-х и 3-х уровневой иерархии: структурные схемы; задачи и технические решения на отдельных уровнях иерархии. Интегрированные АСУ крупными промышленными предприятиями. Основные функции MES систем. АСОДУ, как компонент MES-системы. Примеры MES-систем. Системы планирования ресурсов предприятия (ERP-системы). Основные функции и подсистемы ERP-систем. Примеры ERP-систем Основные функции и типовая функциональная структура АСУ ТП.

Раздел 2. Основные виды обеспечения АСУТП. Техническое и алгоритмическое обеспечение АСУТП. Виды и компоненты программного обеспечения. Операционные системы. Информационное обеспечение АСУ. Средства и методы проектирования технического, математического, лингвистического и других видов обеспечения АСУ. Разработка методов обеспечения совместимости и интеграции АСУ, АСУТП, АСУП, АСПП и других систем и средств управления. Раздел 3. Методы определения свойств и характеристик объектов. Аналитические методы определения характеристик объектов. Методики вывода передаточных функций объекта. Экспериментальные методы определения свойств объектов. Синтез одноконтурных промышленных систем регулирования: постановка задачи; основные качественные характеристики; методы синтеза АСР по прямым и косвенным показателям качества. Основные методы расчета

оптимальных настроечных параметров промышленных регуляторов для одноконтурных АСР. Синтез и расчет комбинированных АСР. Системы с подключением динамического компенсатора. Синтез и расчет каскадных АСР. Основные структуры, принципы расчета каскадных АСР. Регулирование объектов с запаздыванием. Особенности применения одноконтурных АСР с типовыми законами регулирования на объектах с запаздыванием. Свойства АСР с регуляторами Смита и Ресвика. Регулирование многосвязных объектов. Синтез и расчет систем несвязанного регулирования многосвязных объектов. Синтез и расчет систем связанного регулирования многосвязных объектов. Основные типы структур и принципы расчета. Методики расчета компенсаторов.

Раздел 5. Системный анализ ТП как объекта управления и автоматизации. Выбор каналов управления, параметров контроля, сигнализации и защиты. Автоматизация типовых ТП: гидромеханических, тепловых, массообменных, реакторных и др. видов технологических процессов. Типовое решение автоматизации. Типовая схема автоматизации. Автоматизация непрерывных производственных процессов на основе идеологии АСУТП. Специфика периодических и дискретных процессов как объектов управления. Автоматизация периодических производств. Структура и функциональные характеристики АСУТП автоматизированных ХТС.

Раздел 5. Технические средства автоматизации. Средства измерения теплотехнических величин. Измерительные преобразователи температуры, давления, расхода, уровня. Средства контроля состава и качества веществ и материалов: рН-метры, концентратомеры, газоанализаторы. Исполнительные устройства систем управления.

Раздел 6. Вычислительная техника в управлении. Программируемые логические контроллеры (ПЛК) и промышленные персональные компьютеры (ППК) в системах управления. Классификация и методы выбора ПЛК. Современные тенденции развития распределенных АСУТП: интеграция АСУ ТП и АСУП; открытость систем (соответствие всех компонентов системы стандартам МЭК; интеллектуализация полевой автоматике (первичных преобразователей и исполнительных механизмов); резервирование контроллеров; повышение быстродействия систем управления, развитие встраиваемых систем и др.

Основная литература:

1. Технология, экономика и автоматизация процессов переработки нефти и газа: Учеб. пособие/ С.А. Ахметов, М.Х. Ишмияров, А.П. Веревкин, Е.С. Докучаев, Ю.М. Малышев; Под ред. С.А. Ахметова. – М.: Химия, 2005 – 736 с.
2. Веревкин А.П., Денисов С.В. Современные технологии управления процессами: Учеб. пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. – 86 с.
3. Клюев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие. / Под ред. А.С. Клюева. – М.: Энергия, 1980. – 410 с.
4. Хапусов В.Г., Ершов П.Р. Автоматизация технологических процессов и производств. – Иркутск, ИрГТУ, 2013. – 300 с.
5. Пьявченко, Тамила Алексеевна. Автоматизированные информационно-управляющие системы с применением SCADA-системы Trace Mode : учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Автоматизация технологических процессов и производств" / Т. А. Пьявченко. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2015. - 335 с
6. Харазов, В. Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами : учебное пособие для вузов по специальности 220201 "Управление и информатика в технических системах" / В. Г. Харазов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Профессия, 2013. - 655 с.
7. Кангин, Владимир Венедиктович. Промышленные контроллеры в системах автоматизации технологических процессов : учебное пособие для вузов по

- направлению "Автоматизация технологических процессов и производств" / В. В. Кангин. - Старый Оскол : ТНТ, 2015. - 407 с.
8. Шишов, Олег Викторович. Технические средства автоматизации и управления : учебное пособие / О. В. Шишов. - Москва : ИНФРА-М, 2014. - 395 с.
 9. Автоматизация процессов нефтепереработки : учебное пособие для бакалавров и магистров вузов по направлению "Управление в технических системах" / А. Д. Ермоленко [и др.] ; под общ. ред. В. Г. Харазова. - Санкт-Петербург : Профессия, 2012. - 303 с.

Дополнительная литература:

1. Автоматизация технологических и производственных процессов в металлургии : межвузовский сборник научных трудов / ГОУ ВПО Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова ; под ред. Б. Н. Парсункина; редкол.: В. Г. Лисиенко [и др.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2009. - 188 с.
2. Еремеев, С. В. Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. В. Еремеев. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 136 с. <https://e.lanbook.com/book/110916>
3. Плетнев, Геннадий Пантелеймонович. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учеб. для вузов по специальности "Автоматизация технол. процессов и пр-в (энергетика)" ... / Г. П. Плетнев. - 4-е изд., стер. - М. : Изд-во МЭИ, 2007. - 351 с.
4. Половнева, Светлана Ивановна. Измерение расхода газов и жидкостей : учебное пособие для вузов по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств (нефтегазовая отрасль)" направления "Автоматизированные технологии и производства" / С. И. Половнева, В. В. Ёлшин, М. Ю. Толстой. - 2-е изд., репр. - Иркутск : ИрГТУ, 2010. - 87 с.
5. Половнева, Светлана Ивановна. Анализаторы состава и качества : учебное пособие / С. И. Половнева, В. В. Елшин, А. М. Захаров ; Иркут. гос. техн. ун-т. - Иркутск : ИрГТУ, 2014. - 124 с.
6. Шишмарев, Владимир Юрьевич. Технические измерения и приборы : учебник для вузов по направлению подготовки "Автоматизированные технологии и производства" / В. Ю. Шишмарев. - Москва : Академия, 2010. - 383 с.
7. Исакович, Роман Яковлевич. Автоматизация производственных процессов нефтяной и газовой промышленности : учеб. для вузов по спец. "Электрификация и автоматизация горных работ" / Р. Я. Исакович, В. И. Логинов, В.Е. Попадько. - М. : Недра, 1983. - 424 с.
8. Кангин, Владимир Венедиктович. Аппаратные и программные средства систем управления. Промышленные сети и контроллеры : учебное пособие для вузов по направлению 150400 "Технологические машины и оборудование" / В. В. Кангин. - Москва : БИНОМ, 2013. - 418 с.
9. Аппаратные средства и программное обеспечение контроллеров SIMATIC S7-300/400 : учебное пособие / С. М. Андреев [и др.]. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2011. - 197 с.
10. Парр, Эндрю. Программируемые контроллеры : руководство для инженера / Э. Парр ; пер.3-го англ. изд. Б. И. Копылова. - Москва : Бином, 2009. - 516 с.

Составитель:

Ёлшин В.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой АиУ