

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



Директор института
Е.А. Анциферов

« 19 » 01 2026 г.



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

В.В. Смирнов

« 19 » января 2026 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 – 2026 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, АСТПП 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 4. 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 автоматики (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