



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова»

УТВЕРЖДАЮ

Ректор,
председатель Приемной комиссии

А.М. Марков

« »

2022 г.



ПРОГРАММА
вступительных испытаний в аспирантуру
по специальной дисциплине
для научной специальности
2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами»

| Статус | Должность | И.О. Фамилия |
|------------|---|----------------|
| Разработал | Заведующий кафедрой ИВТиИБ | А.Г. Якунин |
| Согласовал | Проректор по научной и инновационной работе | А.А. Беушев |
| | Отв. секретарь приёмной комиссии | П.О. Черданцев |

Барнаул 2022

1. ВВЕДЕНИЕ

Программа вступительных испытаний формируется на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

2. ВСТУПИТЕЛЬНОЕ ИСПЫТАНИЕ

Вступительное испытание для поступления на обучение в аспирантуре по научной специальности 2.3.3 "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами" проводится с сочетанием письменной и устной форм. Оно состоит из двух частей – теоретической части (проводится в форме письменного комплексного экзамена) и собеседования (проводится в устной форме).

Для прохождения вступительного испытания каждому поступающему выдаётся билет, содержащий два вопроса. На подготовку ответов отводится 1,5 часа.

Процедура проведения экзамена регламентируется Правилами приёма на обучение в АлтГТУ.

3. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Итоговая оценка выставляется по 100-балльной шкале. Она определяется как

$$R = 0,65R_{\Pi} + 0,35R_{С},$$

где R_{Π} – оценка по 100-балльной шкале, полученная за письменную часть; $R_{С}$ – оценка по 100-балльной шкале, полученная за собеседование.

Оценка за письменную часть определяется как

$$R_{\Pi} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^2 R_n,$$

где R_n – оценка по 100-балльной шкале, полученная за n-ый вопрос билета;

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, – 25 баллов.

4. ТЕМЫ, ВКЛЮЧЁННЫЕ В ПРОГРАММУ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Раздел 1. Теоретические основы автоматизированных систем

1.1. Теория автоматического управления

1.1.1. Основные понятия теории управления: цели и принципы управления, динамические системы. Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы. Основные задачи теории управления: стабилизация, слежение, программное управление, оптимальное управление, экстремальное регулирование. Классификация систем управления. Автоматические и автоматизированные системы управления (АСУ) технологическими процессами (ТП) и производствами. Основные подходы к анализу и синтезу автоматических и автоматизированных управляемых систем.

1.1.2. Структуры систем управления: разомкнутые системы, системы с обратной связью, комбинированные системы. Динамические и статические характеристики систем управления: переходная и весовая функции и их взаимосвязь, частотные характеристики. Типовые динамические звенья и их характеристики.

1.1.3. Понятие об устойчивости систем управления. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость. Устойчивость по первому приближению. Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости. Устойчивость ли-

нейных стационарных систем. Критерии Ляпунова, Льенара-Шипара, Гурвица, Михайлова. Устойчивость линейных нестационарных систем.

1.1.4 Устойчивость линейных систем с обратной связью: критерий Найквиста, большой коэффициент усиления. Методы синтеза обратной связи. Элементы теории стабилизации. Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость. Дуальность управляемости и наблюдаемости. Канонические формы. Линейная стабилизация. Стабилизация по состоянию, по выходу. Наблюдатели состояния. Дифференциаторы.

1.1.5. Качество процессов управления в линейных динамических системах. Показатели качества переходных процессов. Методы оценки качества. Коррекция систем управления. Управление при действии возмущений. Различные типы возмущений: операторные, координатные. Инвариантные системы. Волновое возмущение. Неволновое возмущение. Метод квазирасщепления. Следящие системы.

1.1.6. Дискретные системы автоматического управления Классификация дискретных систем автоматического управления. Уравнения импульсных систем во временной области. Разомкнутые системы. Описание импульсного элемента. Импульсная характеристика приведенной непрерывной части. Замкнутые системы. Уравнения разомкнутых и замкнутых импульсных систем относительно решетчатых функций. Передаточная, переходная и весовая функции импульсной системы. Классификация систем с несколькими импульсными элементами. Устойчивость дискретных систем. Исследование устойчивости по первому приближению, метод функций Ляпунова, метод сравнения. Теоремы об устойчивости: критерий Шора-Куна. Синтез дискретного регулятора по состоянию и по выходу, при наличии возмущений.

1.2. Теория информации и кодирования

Информация, данные, сигналы. Источники информации и ее носители. Обобщенное представление процесса получения, обмена и использования информации. Свойства информации. Количество информации и избыточность. Прагматическая ценность информации. Количество информации и энтропия. Формулы Хартли и Шеннона. Физические основы получения измерительной информации.

Характеристики процесса передачи информации. Математические модели каналов связи и их классификация. Передача измерительной информации. Количество информации в дискретных и непрерывных сообщениях. Помехоустойчивость передачи информации. Скорость передачи информации и пропускная способность канала связи. Теорема Шеннона для каналов без помех и с ними.

Кодирование и декодирование сообщений. Помехоустойчивое кодирование. Общие принципы использования избыточности. Классификация кодов. Линейные коды. Оптимальное кодирование. Геометрический подход к кодированию. Неравномерные коды Хемминга. Циклические коды. Помехоустойчивое кодирование. Корректирующие коды.

1.3. Методы оптимизации

Постановка задач оптимизации. Примеры. Минимизация функций одной и нескольких переменных. Условная и безусловная оптимизация. Понятие многокритериальной оптимизации. Численные методы минимизации. Методы многомерного поиска.

Задачи линейного программирования. Нелинейное программирование. Теоремы Куна-Таккера. Квадратичное программирование. Общая задача нелинейного программирования. Метод штрафных функций. Метод случайного поиска.

1.4. Системы искусственного интеллекта

Современное понимание искусственного интеллекта (ИИ). Понятие сильного и слабого ИИ. Примеры задач, решаемых системами ИИ в современном мире. Инструментальные средства и технологии программирования для задач ИИ. Выбор средств разработки компонентов интеллектуальных систем. Пакет Anaconda и язык Python как современные представители технологии разработки компонентов интеллектуальных систем.

Машинное обучение как основная часть современных систем искусственного интеллекта. Типы задач машинного обучения. Генетический алгоритм, как пример задачи машинного обучения. Этапы решения задач анализа данных. Признаки. Понятие метрик.

Современные библиотеки для решения задач искусственного интеллекта. Линейные модели в задачах регрессии и классификации. Основные библиотеки Python для анализа данных и научных вычислений (numpy, pandas, scikit-learn). Пример решения задачи линейной регрессии с использованием библиотеки scikit-learn.

Построение деревьев решений. Обучение решающих деревьев. Критерии информативности. Критерии останова и стрижка деревьев. Решающие деревья и категориальные признаки. Понятие случайного леса (Random Forest).

Задача кластерного анализа как пример обучения без учителя. Алгоритмы k-средних в задачах кластеризации. Примеры задач кластеризации в распознавании образов и современных информационно-аналитических системах

Визуальный ИИ и задачи Computer Vision. Современные задачи технического зрения и распознавания образов. Основные подходы к решению.

Нейронные сети. Применение искусственных нейронных сетей для задачи распознавания образов. Однослойные и многослойные нейронные сети. Нейросети прямого распространения и рекуррентные нейронные сети. Сверточные сети. Генеративные состязательные сети.

Искусственный интеллект в задачах обработки текстов. Современные задачи обработки естественного языка (NLP - Natural language processing). Байесовский подход для задач NLP. Спам-фильтр на основе Байесовского подхода

Экспертные системы. Экспертные системы, основанные на базе знаний, состоящей из правил, фактов и вопросов к базе и экспертные системы, основанные на байесовском подходе. Применение экспертных систем к задачам диагностики заболеваний

Нечеткие множества. Основные определения и операции над нечеткими множествами. Нечеткое моделирование. Задачи математического программирования при нечетких исходных условиях. Постановки задач на основе различных принципов оптимальности. Нечеткие отношения, операции над отношениями, свойства отношений.

1.5. Методы принятия решений

Постановка задач принятия решений. Классификация задач принятия решений. Этапы решения задач. Экспертные процедуры. Задачи оценивания. Алгоритм экспертизы. Методы получения экспертной информации. Шкалы измерений, методы экспертных измерений. Методы опроса экспертов, характеристики экспертов. Методы обработки экспертной информации, оценка компетентности экспертов, оценка согласованности мнений экспертов. Методы формирования исходного множества альтернатив. Морфологический анализ.

Методы многокритериальной оценки альтернатив. Классификация методов. Множества компромиссов и согласия, построение множеств. Функция полезности. Аксиоматические методы многокритериальной оценки. Прямые методы многокритериальной оценки альтернатив. Методы нормализации критериев. Характеристики приоритета критериев. Постулируемые принципы оптимальности (равномерности, справедливой уступки, главного критерия, лексикографический). Методы аппроксимации функции полезности. Деревья решений. Методы компенсации. Методы порогов несравнимости. Диалоговые методы принятия решений.

Принятие решений в условиях неопределенности. Виды неопределенности. Статистические модели принятия решений. Методы глобального критерия. Критерии Байеса—Лапласа, Гермейера, Бернулли-Лапласа, максиминный (Вальда), минимаксного риска Сэвиджа, Гурвица, Ходжеса-Лемана и др.

Принятие решений при нечетком отношении предпочтений на множестве альтернатив. Процедуры фазификации и дефазификации и их применение при решении задач

управления и принятия решений. Принятие решений при нескольких отношениях предпочтения.

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 систем автоматического управления с нечеткими регуляторами. Принцип двухканальной инвариантности.

Многокритериальные задачи управления.

Раздел 2. Методы обработки данных в автоматизированных системах

Типы сигналов, их дискретизация и восстановление. Дискретизация непрерывных величин. Модуляция. Спектральная плотность сигналов. Частота Найквиста, теорема Котельникова

Цифровая обработка сигналов. Ортогональные цифровые сигналы. Обработка цифровых сигналов. Функциональные преобразования сигналов. Операции цифровой обработки. Линейная цифровая фильтрация. Дискретные преобразования. Области применения цифровой обработки сигналов. Области применения технологий обработки сигналов. Ключевые операции цифровой обработки. Ортогональные дискретные преобразования. Цифровые фильтры. Импульсная реакция фильтров. Фильтры с конечной и бесконечной импульсной характеристикой. Передаточные функции фильтров. Z-преобразование. Алгоритмы функционирования и формы реализации линейных цифровых фильтров. Групповое время запаздывания. Устойчивость цифровых фильтров. Фильтры сглаживания. Метод наименьших квадратов. Медианные фильтры. Фильтры МНК 1-го порядка. Импульсная реакция фильтра. Частотная характеристика фильтра. Фильтры МНК 2-го порядка. Расчет фильтров. Частотные характеристики цифровых фильтров. Медианная фильтрация одномерных сигналов. Медианная фильтрация изображений. Реализация фильтров. Нерекурсивные и рекурсивные цифровые фильтры. Фильтр скользящего среднего. Фильтры с взвешиванием. Однополюсные рекурсивные фильтры. Цифровые фильтры Батерворта. Цифровые фильтры Чебышева.

Раздел 3. Основы метрологии

Предмет и задачи метрологии. Метрологическое обеспечение измерений. Основные положения закона РФ «Об обеспечении единства измерений». Государственная система обеспечения единства измерений. Градуировка, поверка СИ. Метрологические службы. Порядок поверки и калибровки средств измерений. Технические средства поверок. Средства измерений как основа метрологического обеспечения. Сущность методологии проведения метрологического сопровождения и экспертизы ИИУС.

Классификация измерений, виды и методы измерений. Физические величины и единицы их измерения. Системы единиц. Основные и производные единицы измерения.

Методы и средства измерения: основные термины и определения. Характеристики и параметры методов и средств измерения. Классификация средств измерений. Нормирование метрологических характеристик средств измерений. Нормируемые метрологические характеристики ИС.

Погрешности измерений, классификация погрешностей. Случайные и систематические погрешности. Основные законы распределения погрешностей измерений. Точечные и интервальные оценки параметров контролируемых величин. Основные статистические свойства точечных оценок. Численные характеристики погрешностей измерений, интервальные характеристики погрешностей. Погрешности прямых, косвенных и совокупных измерений.

Основы информационной теории измерительных устройств. Информационные характеристики средств измерений. Оценка потенциальной точности получения измерительной информации.

Обработка и представление результатов наблюдений. Оценивание результатов и погрешностей измерений с многократными и однократными наблюдениями. Конструктивные, структурные и технологические методы повышения точности средств измерений

Раздел 4. Программное обеспечение автоматизированных систем

4.1. Организация программного обеспечения АСУ.

Виды и компоненты программного обеспечения. Операционные системы. Трансляторы. Эмуляторы. Языки программирования низкого и высокого уровня. Компиляторы и интерпретаторы. Понятие нативного, десктопного, мобильного, встраиваемого и веб – приложения. Программный интерфейс вычислительной системы. Прикладное программное обеспечение. Офисные приложения и приложения – утилиты. Системы программирования и иные средства разработки программных продуктов. Понятие системы сквозного проектирования.

4.2. Операционные системы (ОС).

Функции ядра ОС. Функции защиты информации. Однопользовательская и многопользовательские, однозадачные и многозадачные ОС.

4.3. Технологии программирования.

Методические и инструментальные средства разработки модульного программного обеспечения АСУ. Компиляция и редактирование связей. Верификация и отладка программы. Автоматизация разработки программных проектов. Технологии структурного, объективно-ориентированного и функционального программирования. Конструирование абстрактных типов данных. Инкапсуляция данных и методов их обработки в классах объектов. Иерархия классов. Базовые и производные классы. Простое и множественное наследование. Перегрузка методов и операций обработки данных в классах объектов. Абстрактные классы. Полиморфная обработка данных. Виртуальные интерфейсы. Параметризация типов данных в классах и функциях. Типовые структуры описания абстрактных данных (массив, стек, очередь, двоичное дерево). Программирование математических структур (матрицы и конечные графы). Методы программной обработки данных. Итерация и рекурсия. Сортировка и поиск. Криптообработка и сжатие данных. Перечисление и упорядочивание комбинаторных объектов. Ввод-вывод данных. Обработка файлов.

4.4. Моделирующие системы

Системы моделирования электрических схем. Математические модели отдельных компонент схемы. Формирование комплексной модели проектируемого объекта на основе моделей отдельных компонентов.

4.5. Состав и структура графических подсистем

Базовая графическая система. Прикладная графическая система. Лингвистический и геометрический процессоры. Процессоры визуализации и монитор графической подсистемы. Архитектура графических терминалов и рабочих станций.

4.6. Системы управления базами данных

Понятие базы данных (БД). Реляционная, иерархическая и сетевая модели баз данных. Нереляционные БД и их виды. Распределенные БД в сетях ЭВМ. Общие принципы построения баз данных. Общая характеристика, назначение и возможности систем управления базами данных (СУБД). Реляционная алгебра. Язык манипулирования данными SQL. Понятие целостности данных, первичных и внешних ключей. Обработка транзакций в реальном масштабе времени и оперативная аналитическая обработка данных. Технологии удаленного доступа к системам баз данных, тиражирование и синхронизация в распределенных системах баз данных. Понятие высоконагруженных систем. Оптимизация производительности и характеристик доступа к базам данных. Большие данные (big data): их характерные черты, программные средства и алгоритмы обработки больших данных.

4.7. SCADA – системы.

Общее представление о SCADA – системах. SCADA как типичный представитель программного обеспечения автоматизированных систем. Архитектура SCADA систем.

Уровни, основные термины и основные компоненты SCADA – систем: тэги/каналы, алармы /журналы, графики/диаграммы/charts, PLC/ПЛК, УСД.

Общая, физическая, функциональная структуры SCADA-систем. Критерии оценки SCADA-систем. Требования, предъявляемые к ним.

Программирование SCADA – систем. Типовые алгоритмы обработки данных. Языки программирования и подходы к организации данных. Варианты и диалекты языков: текстовый язык – список инструкций IL (Instruction List), напоминающий универсальные языки программирования язык структурированного текста ST (Structured Text). Графические языки LD (Ladder Diagram – язык релейных диаграмм), графический язык программирования на уровне функциональных блоков и логических элементов FBD (Functional Block Diagram), графический язык для описания алгоритма работы в виде блок – схемы алгоритма SFC (Sequantional Functional Chart – содержит шаги со входом, выходом и действиями, а также переходы – типа блок-схем алгоритмов), редактор функциональных блоковых диаграмм CFC (Continuous Functional Chart)

Краткая сравнительная характеристика SCADA – систем: IsoGraf, Круг2000, Trace Mode, Wizcon, Овен - CoDeSys. Система Trace Mode. Основные модули системы: Softlogic, Scada/HMI, MES= Manufacturing Execution System (планирование, контроль и управление производственными заданиями), EAS= Enterprise Asset Management (управление основными средствами и ремонтом), HRM = Humen Resource Management (управление персоналом и кадрами). Подходы к обеспечению информационной безопасности АСУ ТП.

Тенденции развития SCADA – систем.

Раздел 5. Аппаратное обеспечение автоматизированных систем

Обобщенная структурная схема систем автоматического регулирования и управления. Усилительное (пропорциональное) звено. Дифференцирующее звено. Интегрирующее звено. Звено второго порядка. Интегро-дифференцирующее звено. Форсирующее звено. Корректирующие звенья. Амплитудно - и фазочастотные характеристики перечисленных звеньев. Нелинейные цепи и их варианты. Элементы сравнения, примеры их реализации. Фильтры, их варианты. Элементы автоматической регулировки усиления. Элементы систем фазовой автоматической подстройки частоты. PID – регуляторы. Частотные преобразователи. Принцип работы, основные свойства перечисленных элементов и их назначение. Особенности микропроцессорных систем управления.

Элементы теории непрерывно-дискретного преобразования сигналов. Квантование непрерывных величин по уровню и дискретизация по времени. Теорема Котельникова. Статические и динамические погрешности аналогово-цифровых преобразований. Применение в преобразователях специальных кодов для устранения ошибок неоднозначности при считывании. Кодовые шкалы с основанием больше двух. Функциональные шкалы.

5.1 Первичные измерительные преобразователи (ПИП) и датчики информации

Определения и основные характеристики ПИП, и их связь с метрологическими характеристиками.

Классификация ПИП. Активные датчики. Пассивные датчики. Комбинированные датчики. Влияние внешней среды на систему датчик - устройство обработки сигнала.

Схемы формирования сигналов пассивных датчиков. Потенциометрические схемы. Мостовые схемы. Генераторные измерительные схемы.

Устройства обработки измерительного сигнала. Согласование датчика с измерительной схемой. Коррекция погрешности линейности. Методы линеаризации характеристики преобразования. Усиление сигнала и исключение постоянной составляющей. Выделение сигнала, содержащего полезную информации.

Оптические датчики. Фоторезисторы, фотодиоды, лавинные фотодиоды. Фототранзистор, фотоэмиссионные датчики. Тепловые приемники излучения. Датчики и анализаторы изображения. Волоконная оптика.

Датчики температуры. Термометры сопротивления. Измерение температуры термометрами, с помощью диодов или транзисторов. Измерение температуры по тепловому шуму. Кварцевые термометры. Измерение температуры на движущихся телах. Оптическая пирометрия.

Датчики положения и перемещения. Резисторные потенциометры. Индуктивные датчики. Оптранные датчики. Емкостные датчики. Датчики поворота (перемещения). Фотоэлектрические микроскопы. Датчики, основанные на принципе распространения упругих волн. Датчики близости. Датчики штриховых кодов. Датчики деформаций. Тахометрические датчики, гигрометры. Датчики силы, веса, момента. Датчики ускорения, вибрации, удара. Датчики скорости, расхода и уровня жидкости. Вакуумметры. Акустические датчики. Детекторы ядерного излучения. Датчики влажности. Электрохимические датчики. Датчики газового состава. Специализированные датчики других типов.

Аналого-цифровые преобразователи механических перемещений. Преобразователи, работающие по принципу считывания. Способы считывания информации: контактный, трансформаторный, фотоэлектрический. Преобразователи последовательного счета накапливающие. Циклические преобразователи с промежуточным преобразованием в фазу, временной интеграл. Многополюсный ёмкостной фазовращатель. Многополюсный вращающийся трансформатор. Фотоэлектрические растровые фазовращатели.

Энкодеры. Следящие амплитудные преобразователи уравнивания.

5.2. Исполнительные элементы и устройства

Назначение исполнительных устройств, их классификация, основные параметры и характеристики.

Реле постоянного и переменного тока. Поляризованное реле. Магнитоэлектрическое реле. Резонансные реле. Коммутаторы цепей с большими токами. Электромеханические функциональные устройства: потенциометры, сельсины, вращающиеся трансформаторы, электромашинные усилители.

Электрические двигатели исполнительных устройств. Принцип работы асинхронных и синхронных двигателей, двигателей постоянного тока, шаговых электродвигателей с активным и реактивным ротором, линейных электродвигателей индукционного и магнитоэлектрического типа, пьезоэлектрических и магнитоэлектрических электромеханических двигателей.

Тяговые электромагниты, электромагнитные муфты и клапаны.

5.3. Устройства регистрации, отображения информации и интерактивного взаимодействия с вычислительными системами

Графические регистрирующие устройства. Печатающие устройства. Устройства отображения информации. Устройства ввода аудио, видео и буквенно-цифровой информации.

Классификация устройств отображения информации (УОИ), их параметры, характеристики, принцип работы и области применения для отображения единичной (битовой), символьной и полноэкранный информации в вычислительных устройствах и системах. Индикаторные, шкальные, цифробуквенные и графические УОИ.

Принцип работы и свойства УОИ активного типа: электронно-лучевых, электролюминесцентных, газоразрядных индикаторов, полупроводниковых.

Принцип работы и свойства УОИ пассивного типа: жидкокристаллических индикаторов, электрохромных, электрофоретических. Лазерные средства отображения информации. Мультимедийные проекторы. Другие типы индикаторов.

Элементы человеко-машинного интерфейса. Клавиатуры и тач-панели. Сенсорные экраны. Специфика обмена данными со встраиваемыми системами, IoT устройствами и в выносных модулях управления IoT систем и систем автоматизации.

5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДОВАННОЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория автоматического управления. – СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.
2. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления.–СПб.: Политехника, 2005. – 302 с.
3. Васильев В.И., Ильясов Б.Г. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика. – М.: Радиотехника, 2009. – 392с.
4. Бобырь М.В., Титов В.С., Емельянов С.Г. Теоретические основы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами на основе нечёткой логики. – 2019. – 232с.
5. Рубичев Н.А. Измерительные информационные системы. – М.: Дрофа, 2010. – 334 с.
6. Антонов В.Н., Терехов В.А., Тюкин И.Ю. Адаптивное управление в технических системах. – СПб.: Политехника, 2011. – 244 с.
7. С.Г. Емельянов, В.С. Титов, М.В. Бобырь Адаптивные нечетко-логические системы управления. – М.: АРГАМАК-МЕДИА, 2013. –184 с.
8. Емельянов С.Г., Титов В.С., Бобырь М.В. Автоматизированные нечетко-логические системы управления. – 2018. – 176с.
9. Бобырь М.В. Проектирование нейронных и нечетких моделей в области вычислительной техники и систем управления. – 2018. – 110с.
10. Бобков, С. Г. Методы и средства аппаратного обеспечения высокопроизводительных микропроцессорных систем : учебное пособие : [16+] / С.Г. Бобков, А. С. Басаев. – Москва : Техносфера, 2021. – 264 с. : схем., ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617527> (дата обращения: 25.03.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-94836-610-4. – Текст : электронный.
11. Мартяков, А.И. Функциональные узлы и устройства автоматики : учеб. пособие / А.И. Мартяков ; Федер. агентство по образованию, Моск. гос. индустр. ун-т, Ин-т дистанц. образования. - Москва : МГИУ, 2006 (М. : МГИУ). - 139 с. : ил., табл.; 20 см.; ISBN 5-276-00-742-X
12. Соснин, О. М. Средства автоматизации и управления: учебник для вузов / О.М. Соснин, А.Г. Схиртладзе. – М.: Академия, 2014. – 236 с.
13. Вычислительная техника в системах автоматического управления и САПР : учебное пособие : [16+] / В. И. Потапов, А. Г. Янишевская, Д. А. Тюньков, А. В. Блохин; Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2020. – 192 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=683019> (дата обращения: 28.04.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8149-3173-3. – Текст : электронный.
14. Цветкова, О. Л. Теория автоматического управления : учебник : [16+] / О. Л. Цветкова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 209 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443415> (дата обращения: 28.04.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-8334-7. – DOI 10.23681/443415. – Текст : электронный.
15. Федосенков, Б. А. Теория автоматического управления: классические и современные разделы : учебное пособие / Б. А. Федосенков ; Кемеровский государственный университет. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2018. – 322 с. : ил.,табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495195> (дата обращения: 28.04.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8353-2207-7. – Текст : электронный.

16. Шандров Б. В. Технические средства автоматизации: учебник для студентов высших учебных заведений / Б. В. Шандров, А.Д.Чудаков.- М.: Издательский центр "Академия", 2007 - 368 с.
17. Денисенко, В.В. Компьютерное управление технологическими процессами, экспериментом, оборудованием [Электронный ресурс] : . - Электрон. дан. - М. : Горячая линия-Телеком, 2013. - 606 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5153 - Загл. с экрана.
18. Пьявченко, Т.А. Автоматизированные информационно-управляющие системы с применением SCADA-системы TRACE MODE [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 336 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=67468 - Загл. с экрана.
19. SCADA-системы: уч.-метод. пособ. / Сиб. гос. индустр. ун-т; сост.: В.В. Грачев, К.Г. Венгер, М.В. Шипунов. - Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2013. - 109 с.