

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)



УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ВО «СамГТУ»,
д.т.н., профессор

Д. Е. Быков

«27» сентября 2019 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА
в аспирантуру СамГТУ**

по направлению подготовки **09.06.01 Информатика и вычислительная техника**

профили:

Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети (05.13.15)

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (05.13.18)

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (05.13.06)

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К вступительным испытаниям по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре СамГТУ допускаются лица, имеющие образование не ниже высшего (специалитет или магистратура).

Прием осуществляется на конкурсной основе по результатам вступительных испытаний.

Программа вступительных испытаний по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, профили: Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети, Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами составлена на основании федеральных государственных образовательных стандартов по направлениям, соответствующим укрупненной группе направлений подготовки 09.00.00 Информатика и вычислительная техника, и, охватывает базовые дисциплины подготовки специалистов и магистров по данным направлениям.

2. ЦЕЛЬ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительные испытания призваны определить степень готовности поступающего к освоению основной образовательной программы аспирантуры по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, профили подготовки Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети, Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

3. ФОРМА ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительное испытание проводится в письменной форме в соответствии с установленным приемной комиссией СамГТУ расписанием.

Поступающему предлагается ответить письменно на вопросы и (или) решить задачи в соответствии с экзаменационными заданиями, которые охватывают содержание разделов и тем программы вступительных испытаний. Для подготовки ответа поступающие используют экзаменационные листы, которые впоследствии хранятся в их личном деле.

При приеме на обучение по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре результаты каждого вступительного испытания оцениваются **по пятибалльной шкале**.

Минимальное количество баллов для каждого направления подготовки, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, составляет **3 балла**.

Шкала оценивания:

«**Отлично**» – выставляется, если поступающий представил развернутые, четкие ответы на основные вопросы экзаменационного билета.

«**Хорошо**» – выставляется, если поступающий представил относительно развернутые, четкие ответы на основные вопросы экзаменационного билета;

«**Удовлетворительно**» – выставляется, если поступающий представил относительно развернутые, четкие ответы на основные вопросы экзаменационного билета. при этом некоторые ответы раскрыты не полностью;

«**Неудовлетворительно**» – выставляется, если при ответе поступающего основные вопросы билета не раскрыты.

4. ПЕРЕЧЕНЬ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ И СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

РАЗДЕЛ 1. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, КОМПЛЕКСЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

1.1. Теоретические основы вычислительных машин и сетей

Понятие теории алгоритмов.

Основы теории случайных процессов. Характеристические функции и их свойства. Марковские процессы.

Основы теории графов. Операции над графами.

Основы теории моделирования. Области применения, основные принципы моделирования дискретных устройств. Понятие «модель»: основные свойства моделей, их классификация. Языки моделирования. Методы обработки результатов моделирования.

Основы теории конечных автоматов. Абстрактный автомат. Анализ и синтез конечных автоматов. Минимизация абстрактных автоматов. Применение теории автоматов при структурном проектировании ЭВМ.

Основы алгебры логики. Способы представления систем логических функций, методы их минимизации, анализ и синтез комбинационных схем.

1.2. Принципы организации вычислительных машин

Классификация ЭВМ. Основные характеристики ЭВМ. Модельный и модельный принципы разработки ЭВМ.

Регистры хранения и сдвига, счетчики, дешифраторы, селекторы, мультиплексоры. Программируемые логические матрицы.

Сумматоры, их классификация. Синтез комбинационного сумматора, накапливающий сумматор. Методы ускоренного переноса. Десятичный сумматор. Матричный сумматор.

Классификация и основные технические характеристики запоминающих устройств (ЗУ). Оперативные ЗУ (ОЗУ). Назначение и принцип работы.

Полупроводниковые ОЗУ. Статические и динамические элементы памяти. Организация ЗУ на кристалле. Организация модулей и блоков полупроводниковой оперативной памяти.

Иерархическая организация памяти в вычислительной машине. Многоуровневая кэш-память. Когерентность данных в многоуровневой памяти.

Структура данных и структура памяти. Страничная и странично-сегментная организация памяти. Защита памяти. Многоканальное управление памятью.

Внешняя память. Организация и основные устройства на магнитных дисках, оптических дисках, флеш-память. Области использования устройств внешней памяти.

Устройства ввода-вывода. Средства ввода информации с магнитных и оптических носителей. Ввод, вывод и обработка графической информации. Графические дисплеи. Лазерные и струйные принтеры. Речевой ввод-вывод.

Назначение и обобщенная структура процессора, основные характеристики. Операционная и управляющие части процессора.

Принципы кодирования управляющей информации и неймановская схема вычислительной машины. Адресные и безадресные системы кодирования. Методы адресации и их связь с характеристиками и структурой памяти машины.

Форматы команд и их связь со структурой процессора.

Функциональная организация центрального процессора (ЦП).

Матричные, конвейерные и ассоциативные процессоры.

Устройства управления (УУ). Аппаратные УУ. Схемы однофазной, двухфазной и многофазной синхронизации. УУ с постоянным и переменным циклом работы.

Микропрограммные УУ. Методы кодирования и минимизации объема управляющей памяти. Реализация микропрограммного УУ на основе программируемых логических матриц с репрограммируемыми ПЗУ.

Прерывание программ. Основные уровни прерывания и организация приоритетного обслуживания запросов.

Ввод-вывод и обмен информацией в ЭВМ и вычислительных системах. Каналы ввода-вывода, виды каналов. Понятие канальной программы. Структуры и функционирование селекторного и мультиплексного каналов.

1.3. Схемотехника и основы конструирования вычислительных машин

Эволюция схемотехнических направлений создания элементных структур ЭВМ. Основные характеристики и параметры типовых узлов цифровых вычислительных машин (ЦВМ) в интегральном исполнении (регистров, счетчиков, дешифраторов, селекторов, мультиплексоров, сумматоров, арифметико-логических модулей, модулей ЗУ).

Перспективы развития схемотехники ЭВМ. Большие и сверхбольшие интегральные схемы и проблемы их универсализации. Программируемые логические матрицы, микропроцессоры. Многофункциональные перестраиваемые модули. Однородные структуры (вычислительные среды).

Конструирование ЭВМ. Принципы разработки типовых конструкций. Основные сведения о стандартизации конструктивных элементов. Проблемы конструктивной реализации линий связи в быстродействующих ЭВМ. Межблоковые соединения быстродействующих интегральных схем. Технические основы производства ЭВМ. Испытания узлов и блоков.

Надежность ЭВМ и систем. Критерии и характеристика надежности и эффективности. Расчет надежности при различных видах отказов. Восстанавливаемые системы. Методы повышения надежности. Различные виды избыточности. Оптимальное резервирование. Оценка надежности сложных резервированных систем. Оптимизация процессов обслуживания ЭВМ. Надежность программного обеспечения.

Контроль и диагностика ЭВМ и систем. Аппаратные и программно-логические методы контроля, оценки их эффективности. Контроль по модулю. Корректирующие коды. Коды Хемминга. Арифметические корректирующие коды. Методы диагностики неисправностей, диагностические тесты, программы динамической диагностики и отладки.

Аппаратные средства интеллектуальных систем. Нейрокомпьютеры и нейрочипы. Микропроцессоры для реализации искусственных нейронных сетей.

1.4. Компьютерные сети

Понятие «сеть». Основные категории сетей, классификация. История развития сетей. Назначение сетей. Расширение области применения.

Основные подсистемы сети. Основные типы сетевых устройств.

Понятие сетевого протокола. Требования к протоколам. Международные стандарты.

Эталонная модель взаимного соединения открытых систем (модель ОСИ). Уровни модели, их определения и примеры.

Локальные вычислительные сети (ЛВС). Определение и основные свойства. Взаимосвязь ЛВС с глобальными сетями.

Топология сетей. Основные виды топологических структур, их преимущества, недостатки и области применения.

Корпоративные и ведомственные сети, примеры реализации.

Каналы и модемы, их разновидности, классификация и примеры. Методы уплотнения информации. Применение модуляции при передаче сигналов.

Передающая среда. Ее разновидности: витая пара, коаксиальный кабель, оптоволокно, беспроводная среда, в том числе открытые атмосферные каналы на базе лазерных и инфракрасных источников.

Назначение канального и сетевого уровней.

Служба, структура и конфигурации звена передачи данных. Модель звена передачи данных.

Алгоритмы и методы управления передачей данных. Кадрирование.

Методы множественного доступа. Методы повторной передачи (ARQ). Методы прослушивания несущей. Настойчивый и ненастойчивый доступ. Методы резервирования.

Шина со случайным доступом (Ethernet). Алгоритм работы, основные характеристики. Развитие (Fast- и GigaEthernet).

Шина и кольцо с маркерным доступом. Кольцо со вставкой регистра. Кольцо с тактированным доступом. Алгоритмы работы, основные характеристики. Сеть ALOHA и технология FDDI.

Технологии доступа к беспроводной среде (стандарты IEEE 802.11, Bluetooth и HiperLAN). Основные механизмы протокола IEEE 802.11. Режимы распределенного и централизованного управления. Мобильные беспроводные сети. Сотовые технологии.

Технология ISDN. Алгоритм работы, основные характеристики.

Протокол X.25. Алгоритм работы, основные характеристики.

Технология Frame Relay. Алгоритм работы, основные характеристики.

Технология ATM. Основные компоненты, уровни и интерфейсы.

Спутниковые сети. Разновидности, примеры.

Взаимосвязь между сетями. Мосты и шлюзы, их структура и управление.

Назначение транспортного уровня. Транспортная служба. Транспортный протокол.

Протоколы, ориентированные на соединение, и без соединения. Методы дейтаграмм и виртуальных каналов. Методы адресации.

Алгоритмы маршрутизации. Алгоритмы выбора кратчайшего пути. Статическая и адаптивная маршрутизация. Методы распространения информации, необходимой при маршрутизации. Маршрутизация в больших сетях.

Стек протоколов TCP/IP. IP и другие протоколы нижнего уровня. Протокол TCP: установление и закрытие соединений, управление окном, контроль за перегрузками. Версии протокола TCP/IP. Протокол IPv6.

Управление трафиком в ATM. Трафик-контракт, категории сервиса. Контроль за установлением соединения и использованием полосы пропускания. Приоритеты, организация очередей.

Структура прикладного уровня и совместное функционирование верхних уровней сетевой иерархии. Сетевые операционные системы. Распределенная обработка.

Сеансовый уровень и его назначение.

Уровень представления и его назначение.

Верхние уровни сети Internet. Протоколы FTP и HTTP. Электронная почта. IP-телефония, протокол H-323.

1.5. Математические методы анализа и синтеза вычислительных машин и компьютерных сетей

Автоматизация проектирования (АП) как объективная необходимость процесса проектирования. Общая постановка задачи АП как задачи исследования операций. Этапы и уровни проектирования.

Основные методы синтеза. Постановка задачи синтеза. Использование принципов оптимизации при проектировании ЭВМ, комплексов и сетей. Основные методы построения аналитических моделей и методика оптимальных решений.

Метод анализа. Основные методы моделирования, задачи, решаемые при моделировании. Языки моделирования.

Интерпретация статистических результатов моделирования, точность статистических оценок. Моделирование переходных, нестационарных процессов.

Показатели качества и эффективности функционирования сетей.

Применение теории массового обслуживания для моделирования информационно-вычислительных сетей. История вопроса. Основные понятия.

Замкнутые и разомкнутые сети массового обслуживания. Стохастические сети массового обслуживания с несколькими классами сообщений.

Вычислительные алгоритмы расчета мультипликативных сетей.

Цепи Маркова, их применение и методы анализа.

Метод Монте-Карло.

Методы анализа сетевого трафика. Проверка статистических гипотез.

Системы имитационного моделирования.

Топологическое проектирование. Постановка задач оптимизации топологической структуры. Применение теории графов. Методы определения кратчайших путей и связности.

Методы оценки стоимости сети.

Понятие оптимальной маршрутизации. Моделирование алгоритмов маршрутизации. Поточковые модели. Методы допустимого направления для оптимальной маршрутизации.

Методы оценки эффективности алгоритмов управления потоками. Сравнительный анализ различных схем скользящего окна.

Структурная надежность сетей. Расчет показателей надежности элементов сетей. Методы расчета структурной надежности. Расчет структурной надежности по совокупности путей или сечений. Методы статистической оценки структурной надежности.

Список рекомендуемой литературы

1. Цилькер Б.Я., Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем: Учебник для ВУЗов. – СПб.: Питер, 2011.

2. Мелехин, В.Ф. Вычислительные машины, системы и сети: учебник для вузов/В.Ф. Мелехин, Е.Г. Павловский. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 560 с.

3. Пятибратов А.П., Гудыно Л.П., Кириченко А.А. Вычислительные системы, сети и коммуникации: Учебн. пособие. –М. :Финансы и статистика, 2008. – 736 с.

4. Орлов С.П., Ефимушкина Н.В. Организация вычислительных машин и систем. – Самара: Самар.гос.-техн. ун-т, 2016. -280 с.

5. Ефимушкина Н.В., Орлов С.П. Вычислительные системы и комплексы: Учебн. пособие. – М.: Машиностроение-1, 2006.

6. Гук М. Аппаратные средства локальных сетей: Энциклопедия. СПб.: Питер, 2000.

7. Кульгин М. Технологии корпоративных сетей: Энциклопедия СПб.: Питер, 2000.

8. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 958 с.

9. Черкасов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов – М:Санкт-Петербург, 2005 – 478с.

10. Бржозовский Б.М., Игнатъев А.А., Мартынов В.В., Схиртладзе А.Г. Диагностика и надежность автоматизированных систем – Старый Оскол, ООО «ТНТ»,2006 – 380с.

11. Хорошевский, В.Г. Архитектура вычислительных систем: учеб. пособие для вузов. – М: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005. – 512 с.

12. Асмаков,С.В. Железо 2010. КомпьютерПресс рекомендует/ С.В. Асмаков, С.А. Пахомов. – СПб, Питер, 2010.- 416 с

13. Орлов С.П., Мартемьянов Б.В. Арифметика ЭВМ и логические основы переключательных функций: учеб. пособие / С.П. Орлов, Б.В. Мартемьянов. - 3-е изд., испр. и доп. М.: Машиностроение-1, 2005, 256 с.

14. Крылов С.М. Неокибернетика: Алгоритмы, математика эволюции и технологии будущего. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 288 с.

15. Д.С. Смирнов. Основы разработки встраиваемых систем на ПЛИС с использованием процессора NIOS® II. Учебное пособие/ Д.С. Смирнов, И.Г. Дейнека, А.С. Алейник, И.А. Шарков.– СПб: Университет ИТМО, 2019. – 95 с.

РАЗДЕЛ 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

2.1. Алгебра и аналитическая геометрия

Определители и их свойства. Матрицы и действия над ними, ранг матрицы, его вычисление, обратная матрица. Решение систем линейных уравнений (СЛУ): методом Гаусса, обратной матрицы; формулы Крамера, однородные и неоднородные СЛУ, теорема Кронекера – Капелли. Векторная алгебра: скалярное, векторное, смешанное, двойное векторное произведение и их свойства. Комплексные числа и действия над ними, формулы Эйлера. Прямая на плоскости и в пространстве, плоскость в \mathbb{R}^3 и их взаимное расположение. Канонические уравнения кривых второго порядка и их графики: эллипс, гипербола, парабола. Канонические уравнения поверхностей второго порядка в \mathbb{R}^3 . Линейные пространства, евклидовы пространства, скалярное произведение. Линейные операторы, действия над операторами. Обратный, сопряженный, самосопряженный операторы. Собственные значения и собственные векторы линейного оператора. Квадратичные формы и их приведение к каноническому виду. Общая теория кривых и поверхностей второго порядка и их приведение к каноническому виду.

2.2. Математический анализ

Элементы теории множеств. Отображения. Предел переменной величины (последовательности при $n \rightarrow \infty$, функции при $x \rightarrow x_0$ или $x \rightarrow \infty$). Свойства пределов. Признак Коши существования предела. Подпоследовательности. Теорема Больцано-Вейерштрасса. Замечательные пределы. Непрерывность отображения. Равномерная непрерывность функций. Производная функции одного переменного. Дифференцируемость функции. Основные теоремы дифференциального исчисления (Ферма, Ролля, Лагранжа, Коши). Правило Лопиталья. Производные высших порядков. Формула Тейлора. Разложения для основных функций. Первообразная и неопределенный интеграл. Методы интегрирования. Определенный интеграл по Риману, по Лебегу. Несобственные интегралы. Функция ограниченной вариации. Интеграл Стильбеса. Функции нескольких переменных. Экстремум функции нескольких переменных. Доказательство необходимого и достаточного условий экстремума. Градиент, производная по направлению функции многих переменных. Условный экстремум. Интеграл по мере множества. Двойной, тройной интегралы. Замена переменных в кратном интеграле. Векторные поля. Криволинейные и поверхностные интегралы 1-го и 2-го рода. Формулы Остроградского-Гаусса, Стокса. Потенциальные и соленоидальные поля. Положительные числовые ряды. Признаки сходимости. Знакопеременяющиеся числовые ряды. Абсолютная сходимость. Функциональные ряды. Равномерная сходимость. Признаки равномерной сходимости функционального ряда. Степенные ряды. Несобственные интегралы, зависящие от параметра. Равномерная сходимость по параметру. Признаки Вейерштрасса, Дини. Ортогональные системы функций. Ряды Фурье. Уравнения замкнутости. Формула Парсеваля.

2.3. Обыкновенные дифференциальные уравнения

Понятия обыкновенных ДУ. Решение (интеграл) ДУ, частное решение, интегральная кривая. Задача Коши. Теорема о существовании и единственности решения задачи Коши. Интегрируемые типы ДУ 1-го порядка, разрешенные относительно производной (с разделяющимися переменными, однородные, линейные, Бернулли, в полных дифференциалах). Понятие интегрального множителя. Понятие особой точки ДУ. Типы особой точки. Интегрируемые типы ДУ, не разрешенных относительно производной (уравнения Лагранжа и Клеро). Понятие особого решения. ДУ высших порядков, допускающих понижение порядка. Основные способы понижения порядка. Линейный дифференциальный оператор. Линейные

ДУ. Структура общего решения линейного однородного ДУ. Линейно независимые решения, фундаментальная система решений ДУ. Структура общего решения линейного неоднородного ДУ. Линейные ДУ с переменными коэффициентами (уравнения Эйлера, Лагранжа, Чебышева, Бесселя) и способы их интегрирования. Нормальная форма системы ДУ 1-го порядка по Коши. Сведение системы ДУ к одному ДУ более высокого порядка. Понятие I интеграла системы ДУ. Локальная устойчивость решения ДУ и устойчивость решений системы ДУ. Асимптотическая устойчивость.

2.4. Теория вероятностей и математическая статистика

Последовательность независимых испытаний. Формула Бернулли. Асимптотика Пуассона для формулы Бернулли. Непрерывная случайная величина. Функция случайной величины и ее свойства. Плотность вероятности случайной величины и ее свойства. Характеристики положения случайной величины: математическое ожидание и его свойства, мода, медиана. Характеристики разброса случайной величины: дисперсия и ее свойства, среднее квадратичное отклонение. Совместное распределение вероятностей двух случайных величин. Условные функции распределения. Закон распределения функции одного случайного аргумента, периодической функции, функции, не имеющей обратной. Эмпирическая функция распределения, гистограмма распределения. Статистические критерии Пирсона и Колмогорова о соответствии эмпирического и теоретического распределений. Статистические оценки параметров распределения. Состоятельность, несмещенность и эффективность оценок. Оценивание при помощи доверительного интервала. Числовые характеристики случайного процесса. Свойства корреляционной функции. Взаимная корреляционная функция и ее свойства. Спектральная теория стационарных случайных процессов. Свойства спектральной плотности. Взаимная спектральная плотность. Основные законы распределения случайной величины: нормальный, показательный, гамма-распределение.

2.5. Теория функций комплексного переменного

Комплексные числа. Геометрическая интерпретация. Тригонометрическая, показательная, алгебраическая формы комплексного числа. Операции с комплексными числами. Функция комплексного переменного. Аналитическая функция, условия Коши-Римана. Геометрический смысл аргумента и модуля производной аналитической функции. Понятие конформного отображения. Примеры конформных отображений. Интеграл от функции комплексного переменного. Интегральные теоремы Коши. Интегральная формула Коши. Изолированные особые точки. Разложение функции комплексного переменного в ряд Лорана в окрестности особой точки. Типы особых точек. Понятие вычета функции комплексного переменного относительно особой точки. Приложение теории вычетов к вычислению интегралов. Функция-оригинал. Преобразование по Лапласу. Решение дифференциальных уравнений с помощью преобразования Лапласа. Свертка функций. Интегральные уравнения типа свертки.

2.6. Численные методы

Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Численные методы как раздел современной математики. Роль компьютерно-ориентированных численных методов в исследовании сложных математических моделей.

Приближенные числа. Абсолютная и относительная погрешности. Округление чисел. Погрешность суммы, разности, произведения и частного. Погрешность функции одной или нескольких переменных.

Решение алгебраических уравнений третьего и четвертого порядка. Формулы Кардано. Теорема Абеля. Отделение корней уравнения. Оценка модулей корней алгебраического уравнения.

Метод бисекций. Метод Ньютона. Метод хорд. Комбинированный метод хорд и касательных. Метод простых итераций. Сходимость методов. Оценки погрешности.

Основные задачи линейной алгебры. Классификация методов линейной алгебры. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса. Количество арифметических операций в методе Гаусса. Вычисление определителей и обращение матриц методом Гаусса. Метод квадратного корня.

Норма и обусловленность матрицы. Устойчивость решения систем линейных уравнений. Оценка погрешности решения систем линейных уравнений.

Итерационные методы решения систем линейных уравнений, метод простых итераций. Сходимость метода и оценка погрешности. Метод Зейделя.

Интерполирование алгебраическими многочленами. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Погрешность интерполяционной формулы. Схема Эйткена. Обратное интерполирование.

Конечные разности. Интерполяционные формулы Ньютона.

Среднеквадратичные приближения. Определитель Грама. Многочлен наилучшего среднеквадратичного приближения.

Среднеквадратичные приближения алгебраическими многочленами. Метод наименьших квадратов. Многочлены Лежандра.

Среднеквадратичные приближения тригонометрическими многочленами.

Равномерное приближение функций. Многочлены Чебышева. Выбор узлов, минимизирующих оценку погрешности интерполяции.

Сплайн-интерполирование. Аппроксимация кубическими сплайнами. Способы задания наклонов интерполяционного сплайна.

Интерполяционные квадратурные формулы. Формулы прямоугольников, трапеции и Симпсона. Погрешности формул численного интегрирования.

Правило Рунге оценки погрешности. Уточнение приближенного решения по Рунге. Применение правила Рунге к квадратурным формулам.

Квадратурная формула Гаусса. Приближенное интегрирование с помощью рядов. Вычисление несобственных интегралов.

Формулы численного интегрирования для кратных интегралов. Метод Монте-Карло и его применение к вычислению интегралов.

Одношаговые и многошаговые методы решения задачи Коши. Устойчивость, сходимость и точность. Приближенное интегрирование дифференциальных уравнений с помощью рядов Тейлора. Метод последовательных приближений.

Метод Эйлера. Сходимость и точность метода Эйлера. Метод Рунге-Кутты. Погрешность метода Рунге-Кутты. Применение правила Рунге.

Методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Разностный метод. Основные понятия теории разностных схем. Аппроксимация, устойчивость, сходимость. Метод прогонки решения алгебраической системы уравнений.

Методы минимизации невязок. Интегральный и дискретный методы наименьших квадратов. Метод Галеркина.

Постановка задачи линейной оптимизации. Целевая функция. Графический способ решения задачи линейного программирования. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования.

Понятие о нелинейной оптимизации. Методы одномерной минимизации. Метод золотого сечения.

Многомерные задачи оптимизации. Метод покоординатного спуска. Градиентный метод и метод наискорейшего спуска.

2.7. Численные методы решения краевых задач

Основные вариационные принципы теории упругости.

Основные этапы исследования поведения деформируемых тел, математическое моделирование процесса деформирования, основные уравнения линейной теории упругости, постановка краевых задач.

Основные понятия вариационного исчисления: функционал, типы функционалов, вариация и ее свойства, приращение и вариация функционала, максимумы и минимумы функционалов.

Замена краевой задачи вариационной проблемой: уравнение равновесия нити, функционал и уравнение Эйлера.

Вариационные методы. Метод Ритца. Обобщенный метод Бубнова-Галеркина для решения УМФ. Метод Треффца. Метод Лейбентона. Применение принципа возможных изменений для решения задачи теории упругости. Модифицированные методы Ритца и Бубнова-Галеркина. Модифицированный принцип возможных изменений напряженного состояния и его применение для решения задач теории упругости.

Одномерные задачи механики деформируемого твердого тела. Сведение ДУ n -го порядка к нормальной системе. Вывод основных уравнений краевых одномерных задач. Матричная форма записи основных уравнений краевых одномерных задач. Метод начальных параметров. Погрешность, достоверность и устойчивость численных расчетов.

Сеточные методы. Метод коллокаций. Метод наименьших квадратов. Аппроксимация производных для числовой функции одной или нескольких переменных. Построение конечно-разностных уравнений для балки, лежащей на упругом основании. Аппроксимация граничных условий для одномерных задач изгиба балки. Решение методом сеток задачи о кручении призматического стержня и прогиба прямоугольной пластины. Аппроксимация граничных условий на криволинейном контуре двумерной области.

Общая теория метода сеток для задач УМФ. Обыкновенные ДУ. Основные понятия теории разностных схем. Погрешности замены первой и второй производных через конечные разности. Разностные схемы для обыкновенного ДУ. Аппроксимация, устойчивость, сходимости. Устойчивость по правой части.

Разностные схемы для уравнений с частными производными. Линейные уравнения с частными производными первого порядка: сетки и нормы, разностная схема, шаблон, аппроксимация, вычислительный алгоритм, устойчивость, исследование устойчивости методом возмущений, примеры разностных схем неустойчивых при любом отношении шагов. Смешанная задача для уравнения теплопроводности: постановка задачи, разностная схема, шаблоны, аппроксимация, вычислительный алгоритм, устойчивость и сходимости. Волновое уравнение: разностная схема, понятие о методе прямых. Задача Дирихле для уравнения Пуассона: разностная схема для случая прямоугольной и произвольной форм области, аппроксимация граничных условий.

Понятие о методе конечных элементов. Основные типы КЭ, матрица жесткости для одного конечного элемента и системы конечных элементов. Выражение напряженно-деформируемого состояния через перемещение узлов конечного элемента. Основные соотношения для треугольных конечных элементов в плоской задаче теории упругости: линейная аппроксимация. Повышение порядка аппроксимации. Трехмерная задача: основные соотношения для тетраэдра. Вывод основных уравнений МКЭ в варианте метода перемещений.

2.8. Методы оптимизации

Постановка задачи линейного программирования. Прямой симплекс-метод. Алгебра прямого симплекс-метода. Двойственная задача линейного программирования. Двойственный симплекс-метод. Экономическая интерпретация исходной и двойственной задач. Анализ устойчивости двойственных оценок. Транспортная задача. Построение опорного плана. Метод потенциалов. Целочисленное программирование. Метод Гомори. Метод ветвей и границ.

Обобщение метода множителей Лагранжа. Условия Куна-Таккера. Задача выпуклого программирования. Теорема Куна-Таккера. Градиентные методы. Метод допустимых направлений. Динамическое программирование. Признак оптимальности. Вывод рекуррентного соотношения Беллмана. Анализ чувствительности решений задач динамического программирования.

2.9. Уравнения математической физики

Классификация ДУ с двумя переменными. Характеристические кривые и характеристические уравнения. Решение волнового уравнения методом характеристик. Метод разделения переменных (метод Фурье) для уравнений свободных колебаний струны. Постановка краевых задач для одномерного уравнения теплопроводности. Теорема о максимуме и минимуме для уравнения параболического типа. Метод Фурье для решения задачи об охлаждении стержня через его границу. Уравнения Лапласа и Пуассона, постановка краевых задач. Метод Фурье для решения краевых задач эллиптического типа.

2.10. Теория оптимального управления

Общая постановка и классификация задач оптимизации. Общая постановка и формулировка задачи оптимального управления. Формулировка и техника применения максимума Понтрягина в задачах оптимального управления динамическими системами. Доказательство принципа максимума Понтрягина в задачах оптимального управления со свободным правым концом траектории. Доказательство принципа максимума Понтрягина в задачах оптимального управления с подвижным правым концом траектории.

2.11. Информатика

Понятие алгоритма и его свойства. Средства записи алгоритмов. Пример. Основные алгоритмические конструкции (следование, ветвление, выбор, цикл). Структура и принципы организации ЭВМ. Структура данных (массивы, записи, объединения). Способы организации данных (линейные, списки, стеки, деревья). Алгоритмы сортировки. Алгоритмы поиска.

2.12. Технологии программирования

Объектно-ориентированное программирование. Понятие класса. Уровни доступа. Наследование. Полиморфизм. Технология визуального программирования. Графический интерфейс. Обработка событий. Разработка Windows-приложения. Технология автоматического программирования. Понятие конечного автомата. Выделение состояний. Автоматы с памятью. Программирование конечных автоматов. Функциональное и логическое программирование. Парадигмы программирования: логическое программирование. Решение логических задач. Обработка списков. Работа с базой данных. Парадигмы программирования: функциональное программирование.

2.13. Операционные системы

Понятие операционной системы. Процессы операционной системы. Планирование процессов. Алгоритмы планирования. Кооперация процессов.

Синхронизация процессов. Активности процессов. Алгоритмы синхронизации. Механизмы синхронизации. Тупики. Организация памяти компьютера. Виртуальная память. Аппаратно-независимый уровень управления виртуальной памятью.

Файловая система. Файлы с точки зрения пользователя. Синхронизация процессов при работе с файловой системой. Реализация файловой системы. Надёжность и производительность файловых систем. Системы управления вводом-выводом.

Сети и сетевые операционные системы. Сетевые операционные системы и основные понятия. Интерфейсы и сетевые протоколы. Защитные механизмы операционных систем. Защищённость операционных систем.

2.14. База данных

Классические подходы в теории баз данных: определение понятий. Основные требования к БД и СУБД. Модель «сущность-связь». Типы связей. Типы баз данных.

Основные понятия реляционных баз данных: представление сущностей в реляционной БД. Типы ключей. Моделирование связей «один ко многим» и «многие ко многим».

Типы запросов. Запросы на выборку данных. Соединение таблиц. Использование агрегатных функций в запросах. Функции выбора и сортировка в запросах. Вложенные запросы. Запросы на создание таблиц. Добавление, модификация и удаление записей.

Теория формальных норм реляционных баз данных. Первая нормальная форма: Понятие отношения, домена, записи. Атомарные и не атомарные значения данных. Первая нормальная форма. Вторая нормальная форма: простой и составной ключ отношения. Функциональная и полная функциональная зависимость. Третья нормальная форма: Понятие транзитивной зависимости. Определение третьей нормальной формы.

2.15. Математическое моделирование

Понятие о математической модели. Место моделирования среди методов познания. Определение модели. Свойства модели. Цели моделирования. Классификация моделей. Материальное и идеальное моделирование. Когнитивные, концептуальные и формальные модели.

Классификация математических моделей. Классификационные признаки. Классификация математических моделей в зависимости от: сложности объекта моделирования, оператора модели, параметров модели, целей моделирования, методов реализации.

Этапы построения математической модели. Обследование объекта исследования. Концептуальная и математическая постановка задачи моделирования. Выбор и обоснование метода решения. Реализация математической модели средствами непрерывной или дискретной математики, алгоритмизация метода решения. Адекватность модели. Практическое использование построенной модели, анализ результатов моделирования и корректировка модели.

Нелинейные математические модели. Причины возникновения нелинейности. Статистические и стационарные модели. Нестационарные модели. Простейшие динамические модели. Положение равновесия консервативной системы и её фазовый портрет. Понятие об автоколебательных системах.

Понятие о структурной математической модели. Модели черного ящика, состава и структуры. Математические аппараты для формальной дискретной модели: графы, набор элементов и связей между ними и окружающей средой. Построение и описание простейших структурных моделей в различных сферах деятельности. Классификация структурных моделей: пространственные, временные, физические и иерархические. Решение задач.

Построение структурных математических моделей вязко-упругих –пластических тел. «Конструирование» сред при помощи упругих элемента (пружина), вязкого элемента (демпфер) и элемента идеальной пластичности (сухое трение). Решение прикладных задач с различным расположением трех основных элементов в структурной модели. Операторный способ перехода от дискретной модели вязкоупругого тела к непрерывной модели. Двумерные и трехмерные структурные модели вязко-упруго-пластических сред.

Математическое моделирование линейных осцилляторов. Формулировка задачи колебания массы с элементарными с элементом сухого трения и без него. Построение фазовых диаграмм. Гармонические осцилляторы в электронике: структурные схемы и математические модели.

Список рекомендуемой литературы

1. Ильин В.А., Садовничий В.А., Сендов Бл.Н. Математический анализ. Учебн. В 2 частях. М.: изд-во МГУ, 2004.
2. Александров П.С. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры. СПб.: Лань, 2009, 512 с.
3. Беклемишев Д.В. Дополнительные главы линейной алгебры. СПб: Лань, 2008. 496 с.
4. Курош А.Г. Курс высшей алгебры. СПб: Лань, 2008. 432 с.
5. Фадеев Д.К., Фадеев В.Н. Вычислительные методы линейной алгебры. СПб: Лань, 2009. 736 с.
6. Васильева А.Б., Тихонов Н.А. Интегральные уравнения. СПб: Лань, 2009. 160 с.
7. Фихтенгольц Г.Н. Курс дифференциального исчисления (в трех томах). СПб: Лань, 2009. 2080 с.
8. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. СПб: Лань, 2011. 464 с.
9. Демидович Б.Н., Марон И.А. Основы вычислительной математики. СПб: Лань, 2009. 672 с.
10. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: Наука, 2003.
11. Бахвалов Н.С., Лапин А.В., Чижонков Е.В. Численные методы в задачах и упражнениях. Учеб. пособие / Под редакцией В.А. Садовничего. М.: Высш. шк., 2000. 190 с.
12. Формалиев В.Ф., Ревизников Д.Л. Численные методы. М.: Физматлит, 2006. 400 с.
13. Введение в математическое моделирование. Учебное пособие / Под редакцией П.В. Трусова. М.: Логос. 2005. 440 с.
14. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М.: Высшая школа, 1998. 319 с.
15. Глинский Б.А. Грязнов Б.С. Моделирование как метод научного исследования. М.: Наука, 1965. 245 с.
16. Ермаков С.М. Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. М.: Наука, 1976. 320 с.
17. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. М.: Физматлит, 1997. 428 с.
18. Мальцев И.А. Дискретная математика. СПб: Лань, 2010. 304 с.
19. Шокомов Л.А. Основы теории дискретных логических и вычислительных устройств. СПб: Лань, 2011. 480 с.
20. Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения СПб: Лань, 2010. 448 с.
21. Есипов Б.А. Методы исследования операций. СПб: Лань, 2010. 256 с.
22. Зотеев В.Е. Параметрическая идентификация диссипативных механических систем на основе разностных уравнений. М.: Машиностроение, 2009. 344 с.
23. Белов В.Ф. и другие. Математическое моделирование. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2001. 340 с.
24. Математическое моделирование / Под редакцией Дж. Эндрюса и Р. Маклоуна. М.: Мир, 1979. 250 с.
25. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. СПб: СПбГТУ, 2001. 512 с.
26. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. М.: Наука, 1989. 432 с.
27. Заусаев А.Ф., Заусаев А.А. Дискретные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений // Учебное пособие. Самара: СамГТУ, 2006. 86 с.
28. Заусаев А.Ф. Разностные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Самара: СамГТУ, 2010. 100 с.
29. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. СПб: Лань, 2009. 608 с.
30. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1989. 616 с.
31. Васильев Ф.П. Численные методы решения экспериментальных задач. Н.: Наука, 1988. 549 с.

32. Сухарев А.Г., Тихонов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. М.: Наука, 1989. 325 с.
33. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1997. 735 с.
34. Бицадзе А.В. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1982. 336 с.
35. Кошляков Н.С. и др. Уравнения в частных производных математической физики. М.: Высш. школа, 1970. 710 с.
36. Понтрягин Л.С. и др. Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1983. 392 с.
37. Севастьянов Б.А. Курс теории вероятностей и математической статистики. М.: Наука, 1982. 255 с.
38. Каимов Г.П. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Изд-во МГУ, 1983. 328 с.
39. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика. М.: Высш. школа, 1992. 304 с.
40. Прохоров С.А., Графкин В.В. Структурно-спектральный анализ случайных процессов. Самара: СНЦ РАН, 2010. 148 с.
41. Прикладной анализ случайных процессов / Под ред. С.А. Прохорова. Самара: СНЦ РАН, 2007. 582 с.
42. Прохоров С.А. Математическое описание и моделирование случайных процессов. Самара: СНЦ РАН, 2001. 329 с.
43. Сабитов К.Б. Уравнения математической физики. М.: Физматлит, 2013. 352 с.

РАЗДЕЛ 3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

3.1. Основы теории автоматического регулирования и управления

Краткий исторический очерк развития. Системы автоматического управления и регулирования: классификация, функциональные схемы. Принципы автоматического управления. Математическое описание систем автоматического управления и их элементов. Линеаризация. Уравнение линейных систем с постоянными и распределёнными параметрами. Передаточные функции, частотные и временные характеристики. Типовые звенья. Структурные схемы и их преобразование.

Статика автоматических систем. Виды возмущений, действующих на систему. Уравнения статики статических и астатических систем. Устойчивость линейных систем. Постановка задачи. Определение устойчивости по Ляпунову. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости. Частотные критерии устойчивости. Критерий Михайлова. Критерий Найквиста. Определение устойчивости замкнутой системы по логарифмическим частотным характеристикам разомкнутой системы от её структуры. Устойчивость систем с запаздыванием.

Методы и средства обеспечения устойчивости и повышения качества управления. Синтез корректирующих устройств. Построение кривой переходного процесса в линейных системах. Операторный метод. Частотный метод. Применение ЦЭВМ в расчетах переходных процессов.

Системы подчиненного регулирования. Структура и обобщенная характеристика. Условия технического (модульного) оптимума. Выбор регуляторов системы по условиям симметричного оптимума.

Особенности нелинейных систем. Типовые нелинейности. Преобразование структурных схем с нелинейными звеньями. Методы исследования нелинейных систем. Фазовые портреты линейной системы второго порядка. Фазовые портреты линейных следящих систем. Автоколебания. Устойчивость автоколебаний. Метод точечных преобразований. Метод

гармонической линеаризации. Основное уравнение гармонического баланса. Исследование качества управления и коррекция нелинейных систем.

Дискретные системы автоматического управления. классификация. Релейные системы. Стабилизация релейных систем. Скользящие режимы. Методы исследования линейных импульсных систем. Дискретное преобразование Лапласа, Z-преобразование. Передаточные функции, частотные характеристики импульсных систем. Устойчивость импульсных систем. Исследование импульсных систем частотным методом. Непрерывная модель импульсной системы, условия её применения на основе теоремы В.А. Котельникова. Цифровые системы. Методы исследования. Системы прямого цифрового управления.

Многомерные автоматические системы управления. Анализ устойчивости. Понятие о методах декомпозиции. Методы анализа и синтеза многомерных систем. Управляемость и наблюдаемость. Инвариантность систем управления формы условий инвариантности. Инвариантность до ε .

Случайные процессы в системах автоматического управления. Прохождение случайного сигнала через линейную систему. Определение спектральной плотности сигнала на выходе стационарной системы в установившемся режиме. Приближённый анализ нелинейных систем при случайных воздействиях.

Понятие оптимального управления. Методы теории оптимального управления. Элементы классического вариационного исчисления. Принцип максимума. Метод динамического программирования. Оптимальная по быстродействию система управления. Аналитическое конструирование регуляторов.

Чувствительность и робастность систем управления. Понятие чувствительности. Функции чувствительности. Чувствительность передаточной функции и основных структур САУ. Системы нулевой чувствительности. Синтез системы с учётом нечувствительности. Понятие робастности системы управления. Показатели устойчивости и качества робастности систем. Синтез робастных регуляторов.

3.2. Автоматизация производственных процессов

Общие сведения о производственном процессе как объекте автоматизации. Схема автоматизации. Показатели поточного производственного процесса.

Принципы построения автоматов и автоматических линий. Особенности автоматизации производственных процессов. Чувствительность производственного процесса.

Математические модели производственных процессов. Основные методы моделирования. Модели объектов с сосредоточенными и распределёнными параметрами. Построение моделей объектов управления по экспериментальным данным. Определение характеристик объектов управления методами активного эксперимента. Методы определения временных характеристик. Определение частотных характеристик с помощью регулярных и стохастических воздействий. Методы обработки результатов эксперимента. Регрессионные модели. Определение математических моделей по экспериментальным временным и частотным характеристикам.

Оптимизация процессов управления в автоматических системах. Применение специализированных ЭВМ в системах автоматического управления производственными процессами.

3.3. Основы робототехники

Основные понятия и определения робототехники. Области применения промышленных роботов. Структура промышленного робота. Классификация промышленных роботов.

Конструкции манипуляторов промышленных роботов. Кинематика манипулятора. Системы координат перехода от одной координатной системы к другой. Проективное пространство. Уравнение кинематики манипулятора. Прямая и обратная кинематические задачи.

Динамика манипулятора. Общие приёмы схематизации, используемые при построении динамической модели механизма. Основные допущения, применяемые при разработке математической модели манипулятора. Расчётные схемы манипулятора. Динамика уравнивающих устройств манипулятора. Математические модели отдельных степеней подвижности манипулятора как объекта управления. Математическая модель манипулятора как многомерного объекта управления. Аппроксимация математической модели манипулятора.

Система автоматического управления промышленными роботами. Обобщённая структура микропроцессорной системы управления. Законы управления движением. Расчётная структурная схема системы. Динамика позиционирования приводов движения промышленного робота. Программное управление роботами.

Список рекомендуемой литературы

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. – СПб., Политехника, 2003.-752с.
2. Востриков А.С., Французова Г.А. Теория автоматического управления.- М.: Высшая школа, 2004.- 365с.
3. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления. СПб.: Политехника, 2001.- 302с.
4. Малафеев С.И., Малафеева А.А. Основы автоматики и системы автоматического управления М.: Академия, 2010.- 384с.
5. Корнеев Б.В., Морговский Ю.Я. Теория автоматического управления с практикумом. М.: Академия.2008.- 224с.
6. Шандров Б.В, Чудаков А.Д. Технические средства автоматизации М.: Академия., 2010.- 368с.
7. Зотов М.Г. Многокритериальное конструирование систем автоматического управления. М.: Бином, 2004 – 375с.
8. Воробьев В.А., Илюхин А.В., Попов В.П. и др. Теория, логическое проектирование, измерение, контроль и диагностика в системах автоматического управления.-М.:РИА, 2009.
9. Н.Д. Егупов, К.А. Пупков, Статическая динамика и идентификация систем автоматического управления.- М: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.,640с.,Ч1 243с.;Ч2 304с
10. Рапопорт Э.Я Структурное моделирование объектов и систем управления с распределёнными параметрами, М.:Высш.шк., 2003. - 299с.
11. Галицков С.Я., Галицков К.С., Масляницын А.П, Математическое моделирование промышленных объектов управления, Самара СГАСУ, 2004, 152с.
12. Галицков С.Я., Галицков К.С. Многоконтурные системы с одной измеряемой координатой Самара: СГАСУ 2004. - 140с.
13. В.П. Павлов, В.В. Минин, В.А. Байкалов, М.И. Артемьев; под. ред. В.П. Павлова Машины для строительства и содержания дорог и аэродромов: Исследование, расчет, конструирование: учеб. Пособие. Красноярск: Сибирский федеральный университет. 2011 – 196 с.
14. С.В.Поршнев Компьютерное моделирование физических систем с использованием пакета Mathcad.-М.: изд-во Горячая Линия-Телеком, 2011.- 320с.
15. Рапопорт Э.Я. Анализ и синтез систем автоматического управления с распределёнными параметрами. М.: Высшая школа 2005. – 292с.
16. Галицков С.Я., Галицков К.С., Баскаков А.В. Автоматизация уплотнения бетонной смеси в форме двухвальными вибровозбудителями: Монография. Монография. / ООО «СамЛюксПринт»-Самара, 2012-216с.
17. Оуэн Бишоп. Настольная книга разработчика роботов. М.: Изд-во МК-Пресс. 2010. - 400с.
18. Алешев А.А., Кораблёв Ю.А., Шестоналов М.Ю. Идентификация и диагностика систем: учебник для ВУЗов. М.:Академия, 2009. – 278с.
19. Барботько А. И., Гладышкин. А. Основы теории математического моделирования. Учебное пособие Старый оскол: ООО «ТНТ», 2009.- 302с.

20. А.Г.Булгаков, В.А.Воробьев. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление. М.: Изд-во Солон-Пресс. 2007. – 448с.
21. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов М: Издательский центр «Академия» 2004.- 576с.
22. Погодаев А.К., Блюмин С.Л. Адаптация и оптимизация в системах автоматизации и управления: Монография. Липецк: ЛЭГИ, 2003. - 128с.
- 23 Галицков С.Я., Дуданов И.В. Системы управления и компьютерное моделирование гидропривода экскаватора. Монография. Самара: СГАСУ, 2014. – 132 с.