

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь

Учреждение образования

«Белорусский государственный аграрный технический университет»

ПРОГРАММА

Для поступающих в аспирантуру по специальности 05.13.06
«Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами (в сельском хозяйстве)

**Минск
БГАТУ
2019 г.**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа для поступающих в аспирантуру по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в сельском хозяйстве)» разработана в соответствии с учебным планом для специальности 1 – 53 01 01 Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям).

В основу программы положено содержание следующих дисциплин: теория автоматического управления, электроника и основы микропроцессорной техники, технические средства автоматизации, микропроцессорная техника систем автоматизации, компьютерные сети и автоматизированные системы управления производством.

1. ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

1.1. Определение теории автоматического управления. Теория автоматического управления как раздел кибернетики. Основные этапы развития теории автоматического управления как науки. Особенности и значение автоматизации сельскохозяйственного производства.

1.2. Основные термины и определения теории автоматического управления. Основные понятия теории управления: управление, цель управления, виды управления (неавтоматическое, автоматизированное, автоматическое), система управления, система автоматического управления, объект управления, устройство управления (регулятор), звено, сигнал, входные, выходные, управляющие, возмущающие воздействия, регулируемая величина. Типовые входные воздействия, переходный и установившийся режимы.

1.3. Математическое описание линейных звеньев во временной области. Формы описания зависимости выход/вход в динамическом режиме в виде обыкновенных дифференциальных уравнений на типовых примерах (рычаг, RC-цепочка, ленточный транспортер). Физический смысл параметров – коэффициента усиления, постоянных времени. Линейные, нелинейные звенья, принцип суперпозиции. Линеаризация дифференциальных уравнений. Стандартная форма записи линеаризованных дифференциальных уравнений.

1.4. Преобразование Лапласа и передаточные функции. Переход от описания звена во временной области к описанию в области изображений по Лапласу и обратно. Определение и смысл передаточной функции. Применения теории передаточных функций на типовых примерах.

1.5. Математическое описание линейных звеньев в переменных состояниях. Понятие переменных состояний. Математическое описание линейного звена в переменных состояниях. Составление передаточной функции звена по уравнениям в

переменных состояния. Составление уравнений состояний по известной передаточной функции. Примеры.

1.6. Статические и частотные характеристики линейных звеньев. Линеаризация статических характеристик. Понятие статической характеристики звена. Статические и астатические звенья. Статические и частотные характеристики типовых звеньев (пропорционального, аperiodического 1-ого порядка, чистого запаздывания). Годограф Найквиста, его построение.

1.6. Типовые линейные звенья и их характеристики. Идентификация типовых линейных звеньев по виду переходной функции План изучения типовых звеньев: название, дифференциальное уравнение, передаточная функция, переходная функция, весовая функция, амплитудно-фазовая частотная характеристика, амплитудная частотная характеристика, фазовая частотная характеристика, логарифмические частотные характеристики. Изучаемые звенья: пропорциональное звено; аperiodическое звено 1-го порядка; интегрирующее звено, дифференцирующее реальное звено; аperiodическое звено 2-го порядка; колебательное звено; звено чистого запаздывания. Понятие идентификации типовых звеньев по виду переходной функции, этапы проведения идентификации.

1.7. Системы автоматического управления. Классификация автоматических систем. Обратные связи. Разомкнутые и замкнутые системы. Принципы автоматического управления. Задача автоматического управления, алгоритм функционирования и алгоритм управления. Понятие системы автоматического управления, системы автоматического регулирования, автоматизированной системы управления, систем автоматического контроля и защиты. Классификация систем управления по характеру изменения задающего воздействия (системы стабилизации, системы программного управления, следящие системы); по характеру изменения сигнала во времени (непрерывные и дискретные системы); по количеству входов и выходов (одномерные и многомерные системы); по характеру параметров системы (стационарные, нестационарные системы, системы с распределенными параметрами). Понятие обратной связи, ошибки системы. Главная и местная, положительная и отрицательная обратные связи. Разомкнутые и замкнутые системы. Фундаментальные принципы управления. Принцип компенсации (управление по возмущению). Принцип обратной связи (управление по отклонению), понятие замкнутой системы. Комбинированные системы. Сравнение достоинств и недостатков различных принципов управления. Классификация по принципу управления.

1.8. Функциональные и структурные схемы систем автоматического управления. Граф состояний. Функциональные элементы систем управления и их

функции. Понятие функциональной схемы, общие правила их составления. Типовой функциональный состав систем автоматического регулирования: объект управления, исполнительный механизм, управляющее устройство (регулятор), обратная связь, датчик, усилитель, сравнивающее устройство. Пример составления функциональной схемы. Понятие и назначение структурных схем. Элементы структурной схемы линейной системы: звено направленного действия, сумматор, узел, линия передачи сигнала. Пример структурной схемы. Понятие графа состояний системы автоматического управления, элементы графа. Путь, контур, передача графа. Формула Мезона и примеры ее применения.

1.9. Передаточные функции соединений звеньев. Преобразование структурных схем. Передаточные функции последовательно, параллельно соединенных звеньев и звеньев, охваченных обратной связью. Правила замены нескольких звеньев одним эквивалентным звеном в случаях: последовательного соединения, параллельного соединения, встречно-параллельного соединения звеньев. Правила эквивалентной перестановки элементов структурной схемы: перестановка узлов, сумматоров, звеньев; перенос узла и сумматора через звено вперед и назад; переход к единичной обратной связи. Приведение структурных схем к одноконтурному виду. Пример.

1.10. Передаточные функции систем автоматического управления. Связь передаточных функций разомкнутой и замкнутой систем управления. Передаточные функции систем автоматического управления по управляющему, возмущающему воздействиям и для ошибок по этим воздействиям.

1.11. Оценка качества регулирования линейных систем. Критерии качества. Понятие качества регулирования и методов оценки (корневой, частотный, прямой методы, интегральные оценки). Оценка качества по переходным функциям прямым методом: типовой вид переходных функций СУ, количественные показатели качества, определяемые по переходной функции СУ. Понятия установившегося режима СУ, статического и астатического звена, статической и астатической системы. Понятие точности и установившейся ошибки. Общая формула вычисления установившейся ошибки. Статическая точность линейных систем по управляющему и возмущающему воздействиям.

1.12. Понятие об устойчивости систем автоматического управления. Критерии устойчивости линейных непрерывных систем. Устойчивость непрерывной системы: понятие, типы устойчивости. Оценка устойчивости системы по характеристическому уравнению. Необходимое условие устойчивости. Расположение корней характеристического уравнения системы на комплексной

плоскости корней. Влияние расположения корней характеристического уравнения на вид переходных процессов СУ. Критерии устойчивости системы: корневой, алгебраический, частотный. Запас устойчивости. Типы запасов устойчивости. Определение запасов устойчивости по АФЧХ разомкнутой системы. Оценка качества переходных процессов СУ по величине запасов устойчивости.

1.13. Типовые линейные законы регулирования. Понятие закона регулирования. Пропорциональный (П-закон), интегральный (И-закон), пропорционально-интегральный (ПИ-закон), пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД-закон) законы регулирования: формулы, достоинства, недостатки. Типовые регуляторы. Настраиваемые параметры регуляторов. Упреждающее управление по изменению нагрузки и возмущению. Основные принципы разработки структур управления. Реализация ПИД-регулятора. Границы применения ПИД-регуляторов.

1.13. Методы синтеза линейных систем. Математическое описание линейной стационарной непрерывной системы в пространстве состояний. Граф состояний. Понятие управляемости и наблюдаемости системы. Критерии управляемости и наблюдаемости Калмана. Основные понятия о синтезе. Параметрический синтез САУ. Настройка параметров ПИД-регулятора методом Зиглера-Никольса. Настройка параметров ПИД-регулятора последовательным симплекс-методом.

1.14. Дискретные системы управления. Математическое описание дискретных систем управления. Передаточные функции дискретных систем. Цифровые системы управления. Основные понятия о дискретных системах автоматического управления. Квантование по времени, по уровню. Модуляции. Дискретные процессы и их описание. Решетчатые функции. Разностные уравнения. Основы Z-преобразования. Передаточные функции дискретных систем. Анализ систем автоматического регулирования с цифровым регулятором. Типовые алгоритмы функционирования цифровых регуляторов. Цифровые САУ. Структура и характеристики цифровой системы управления. Использование микропроцессоров и микроЭВМ в СУ.

1.15. Методы оптимального управления. Понятие оптимального управления. Постановка задачи оптимального управления. Критерии оптимизации. Процедура синтеза оптимальных систем. Линейный квадратичный регулятор (оптимальное управление). Методы теории оптимального управления: классическое вариационное исчисление, принцип максимума, динамическое программирование.

1.16. Робастные системы. Понятие о робастных системах. Классификация робастных систем. Безмодельные робастные системы. Робастные системы с

эталонной моделью. Комбинированные робастные системы. Классификация робастных систем по способу реализации управляющего воздействия: супервизорное и адаптивное управление. Параметрическая и непараметрическая неопределенность, критерии робастности. Алгоритм управления робастными системами. Преимущество комбинированных робастных систем.

1.17. Адаптивные системы. Понятие адаптивной системы, их общий функциональный состав и классификация. Самонастраивающиеся системы со стабилизацией качества управления. Самонастраивающиеся системы с оптимизацией качества управления. Самоорганизующиеся системы.

1.18. Интеллектуальные системы. Распределенные и интегрированные системы управления. Понятие интеллектуальной системы. Степени интеллектуальности. Структура интеллектуальной системы. Алгоритм интеллектуального управления. Принципы интеллектуального управления. Пример интеллектуального управления – комбинирование робастного и адаптивного. Экспертные системы. Нечеткие регуляторы. Нейронные сети.

2. Электроника и основы микропроцессорной техники

2.1. Полупроводниковые приборы. Диоды. Биполярные и полевые транзисторы. Ключевой режим работы транзисторов. Интегральные микросхемы. Оптрон. Основные характеристики.

2.2. Усилительные устройства и генераторы. Устройства электропитания. Принципы построения усилителей постоянного тока. Операционные усилители. Избирательные усилители с RC- и LC- цепями.

2.3. Генераторы гармонических колебаний. Условия самовозбуждения генераторов. LC- и RC- автогенераторы. Принципы построения.

2.4. Импульсная и цифровая техника. Логические элементы и основные логические функции. Схемная реализация логических элементов. Основные законы алгебры логики. Построение логических схем управления на логических элементах ИЛИ, И, НЕ, ИЛИ-НЕ, И-НЕ. Триггеры асинхронные и синхронные RS, T, D, JK- типа. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Принципы действия и схемная реализация. Системы счисления (двоичная, восьмеричная, шестнадцатеричная) и их взаимосвязь.

2.5. Электроника и мехатроника. Принципы и схемы преобразования сопротивления, емкости и индуктивности в напряжение, ток, частоту.

3. Технические средства автоматизации

3.1. Структура технических средств автоматизации. Основные этапы развития технических средств автоматизированных систем. Обобщенная характеристика состава технических средств автоматизированных систем управления. Датчики. Устройства управления. Исполнительные механизмы. Электромеханические и электронные коммутаторы. Сети и компьютерные интерфейсы. Общесистемное и прикладное программное обеспечение.

3.2. Устройства получения информации о состоянии процесса. Дискретные и аналоговые сигналы датчиков. Унифицированные интерфейсы. Датчик. Назначение. Понятие принципа действия. Классификация по принципу действия. Статические и динамические характеристики датчиков. Принципы действия и применение датчиков конечного положения. Типовые схемы выходных сигналов. Принципы действия и назначение датчиков температуры. Термометр сопротивления металлический. Статическая и динамическая характеристика. Схемы преобразования сопротивления в напряжение. Двухпроводные, трехпроводные и четырехпроводные схемы подключения термометров сопротивления. Классификация расходомеров жидкости по принципу действия. Тензометрические приборы. Схемы преобразования тензометрического сигнала. Кондуктометрические датчики влажности. Диэлькометрические датчики влажности. Принцип работы и устройство этих датчиков. Интеграция датчиков в системы автоматизации.

3.3. Программируемые контроллеры общепромышленного назначения. Понятие контроллера. Архитектура контроллера. Сравнение контроллера и компьютера. Дискретные и аналоговые входы/выходы контроллера. Типовые схемы. Аналого-цифровые преобразователи. Цифро-аналоговые преобразователи. Схемы подключения дискретных и аналоговых датчиков и исполнительных механизмов. Специализированные модули для подключения терморезисторов и тензодатчиков. Программное обеспечение контроллеров. Языки программирования контроллеров стандарта МЭК 61131-3. Локальные и сетевые интерфейсы.

3.4. Исполнительные механизмы. Классификация исполнительных механизмов (ИМ). Виды приводов ИМ. Устройство ИМ. Электродвигательные и электромагнитные исполнительные механизмы. Контактные и бесконтактные пусковые устройства для управления ЭИМ. Принципиальные электрические схемы с применением ИМ. Пневматические и гидравлические средства автоматизации. Пневмоцилиндр. Электронепневмораспределители. Интеллектуальный привод. Использование преобразователей частоты в качестве устройства управления. Настройки преобразователя частоты.

4. МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

4.1. Микропроцессорная техника в системах управления. Актуальность. Примеры. Основные понятия. Роль и задачи систем автоматизации на базе программируемых контроллеров общепромышленного производства. Краткая история развития программируемых контроллеров. Преимущество программируемых контроллеров перед устройствами с аппаратной реализацией алгоритмов управления.

4.2. Структура программируемых контроллеров общепромышленного применения. Архитектура и назначение программируемых контроллеров общепромышленного назначения. Основные блоки контроллера. Общность и различие контроллера и компьютера. Интерфейс ввода/вывода электрических сигналов. Организация обмена информацией. Организация и средства хранения информации.

4.3. Сопряжение датчиков и исполнительных механизмов с контроллером. Устройства ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов. Типовые схемы входных/выходных каскадов контроллера. Использование аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей в системах с программируемыми контроллерами.

4.4. Основы операционных систем реального времени и систем программирования. Назначение операционной системы и системы программирования. Понятие о реальном времени. Особенности операционных систем контроллеров. Универсальные и аппаратно-ориентированные системы программирования. Текстовые и графические редакторы. Цикл выполнения прикладной программы.

4.5. Графические и текстовые языки программирования промышленных контроллеров международных стандартов. История создания языков программирования для контроллеров. Графические и текстовые языки программирования. Обзор стандартных языков для программирования контроллеров различных производителей. Интерфейс связи контроллера и компьютера. Редакторы языков программирования. Набор программ. Комментарии к программе. Проверка правильности синтаксиса прикладной программы. Запись прикладной программы в память контроллера. Режим выполнения программы. Мониторинг выполнения программы. Отладка и тестирование программного обеспечения.

4.6. Структура управления с цифровыми регуляторами на базе программируемых логических контроллеров; программная реализация регуляторов. Аналоговые и дискретные регуляторы. Дискретизация аналоговых сигналов. Релейное управление. Дискретная модель ПИД-регулятора. Определение частоты выборки в системах управления. Теорема Котельникова-Найквиста. Алгоритм ПИД-регулятора.

4.7. **Панели оператора, средства визуализации.** Человеко-машинный интерфейс. Организация кнопок управления на сенсорной панели. Ввод/вывод текстовой и цифровой информации.

5. КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

5.1. **Информация и коммуникации.** Понятие об информации и коммуникациях. Общая модель процесса коммуникации. Изменение требований к передаче данных, совместимость и взаимозаменяемость средств передачи.

5.2. **Эталонная модель взаимодействия открытых систем.** Многоуровневый подход к задаче сетевого взаимодействия. Эталонная модель взаимодействия открытых систем (OSI), общая характеристика и уровни модели OSI. Стандартные стеки коммуникационных протоколов и их соответствие модели OSI. Специфика промышленных (Fieldbus) систем и отличия от универсальной модели OSI. Топологии промышленных сетей: шина (Bus), кольцо (Ring), звезда (Star).

5.3. **Стандартные интерфейсы и протоколы.** Интерфейсы последовательной передачи данных – RS232C, RS-422, RS-485, USB. Открытые стандарты полевых шин (Profibus, DeviceNet, CANopen, Modbus, Foundation Fieldbus) и их протоколы. Сеть Ethernet и протокол Powerlink. Стратегии канального и прикладного уровня.

5.4. **Среды передачи данных.** Проводная среда передачи данных – витая пара, коаксиальный кабель, оптоволоконный кабель. Беспроводная среда передачи данных – радиосвязь, электромагнитный спектр, микроволновый, инфракрасный и видимый диапазон, спутниковая связь. Структурированная кабельная система зданий. Сетевые устройства: сетевой адаптер, трансивер (transceiver), концентратор (hub), интеллектуальный концентратор (switcher), мост (bridge), маршрутизатор (router). Логическая организация интерфейса. Поля пакета данных. Манчестерский код.

5.5. **Современные сети промышленной автоматизации.** Одноранговые и серверные операционные системы. Операционные системы реального времени. SCADA-системы. Системы управления базами данных. Интеллектуальные интерфейсы и встроенная автоматика. Удаленный контроль и управление с использованием GSM и Интернет технологий.

5.6. **Защита информации и доступа к программному обеспечению.**

Конфиденциальность, целостность и доступность данных. Способы несанкционированного доступа к информации и системный подход к обеспечению безопасности данных. Методы и средства защиты информации в сети Интернет: сетевые экраны, прокси-серверы, протоколы защищенного канала IPSec, сети VPN на основе шифрования. Принципы построения систем защиты программ от копирования и изучения.

6. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

6.1. Структура и терминология АСУ. Основы общей теории управления технологи-ческими и социальными системами, живыми организмами. История развития АСУ. Информационные технологии. Терминология Современная концепция АСУ производством. Понятие управления. Роль информации в повышении эффективности управления.

6.2. Стадии и этапы создания автоматизированных систем управления производством Постановка задачи построения автоматизированных систем управления производством. Формирование требований. Разработка концепции. Техническое задание. Эскизный и технический проект. Рабочая документация. Ввод в действие. Сопровождение автоматизированной системы в процессе эксплуатации.

6.3. Виды и источники эффекта АСУП. Особенности сельскохозяйственных объектов управления. Экономический и социальный эффект автоматизации. Понятие технологического эффекта. Биологическая составляющая сельскохозяйственного производства. Нестационарность. Пространственная и временная распределенность.

6.4. Локальные, комплексные и интегрированные АСУ. Децентрализованное и централизованное управление. Основные достоинства и недостатки. Принципы автономности и иерархичности при создании систем управления. Структура систем дистанционного мониторинга и управления. Распределенные автоматизированные системы управления производством. Структуры и иерархии автоматизированных систем управления. Комплексные и интегрированные автоматизированные системы управления. Интеграция задач автоматизированных систем управления технологическими процессами и автоматизированных систем управления производством. Концепция компьютерно-интегрированного производства. Принципы построения АСУ биотехническими объектами сельскохозяйственного производства.

6.5. АСУ дозирования сыпучих и жидких компонент. Весовое и объемное дозирование. Выбор типа дозирования. Тензодатчики и расходомеры. Особенности использования специализированных и унифицированных входов контроллера. Схемы преобразования. Визуализация и программирование. Динамическая и статическая погрешность. Примеры.

6.6. АСУ приготовления и раздачи кормов. Требования к автоматизации кормления животных. Жидкое кормление свиней. Схема автоматизации. Роботизированное оборудование для раздачи жидких кормов свиньям. Энергоэффективность роботизации. Мобильные кормораздатчики с тензо-весами и микропроцессорной системой управления. Интеграция с базами данных по животным и архивация расхода кормов. Источники эффективности.

6.7. АСУ управления стадом КРС. Системы идентификации животных. Автоматизация доения коров. Лактационная кривая. Математические модели

образования молока. Влияние кратности доения на продуктивность коров. Доильные роботы. Диагностика животных и оборудования. Формирование рациона кормов. Источники эффективности.

6.8. АСУ микроклимата при производстве и хранении с/х продукции.

Требования к микроклимату. Основные параметры. Основы энергосбережения. АСУ свиарника-откормочника. Схема автоматизации. Особенности подключения термометров сопротивления к контроллеру. Адаптация параметров микроклимата к массе и числу животных. АСУ микроклимата картофелехранилища. Режимы хранения картофеля. Удаленный контроль и управление. Эффективность систем автоматизации микроклимата

ЛИТЕРАТУРА

1. Анхимюк, В. Л. Теория автоматического управления / В. Л. Анхимюк, О. Ф. Олейко, Н.Н. Михеев. – Минск, Дизайн ПРО, 2000 – 352 с., илл.
2. Власов, К.П. Теория автоматического управления. Основные положения. Примеры расчета: учебное пособие для студентов ВУЗов / К.П. Власов [2-е изд., испр. и доп.]. – Харьков: Гуманитарный центр, 2013. – 540 с.
3. Гайдук, А.Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB: учебное пособие для студентов ВУЗов / А.Р. Гайдук, В.Е. Беляев, Т.А. Пьявченко. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2011. – 464 с.
4. Гируцкий, И.И. Компьютеризированные системы управления в сельском хозяйстве: Монография / И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков. Минск: БГАТУ, 2014. – 212 с.
5. Олссон, Г. Цифровые системы автоматизации и управления / Г. Олссон, Дж. Пиани. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.
6. Коновалов, Б.М. Теория автоматического управления: учебное пособие для студентов ВУЗов / Б.М. Коновалов, Ю.М. Лебедев // 3-е изд., доп. и перераб. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 220 с.
7. Кочетков, В.П. Основы теории управления: учебное пособие для студентов ВУЗов / В.П. Кочетков. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2012. – 412 с.
8. Компьютерные технологии и микропроцессорные средства в автоматическом управлении: учебное пособие по дисциплине «Автоматическое управление» / Карташов Б.А. [и др.]; под ред. Б.А. Карташова – Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. – 541 с.
9. Парк, Дж. Передача данных в системах контроля и управления: практич. руководство / Дж. Парк, С. Маккей, Э. Райт. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. – 480 с.
10. Парр, Э. Программируемые контроллеры: руководство для инженера / Э. Парр. – Москва: БИНОМ, 2007. – 516 с.
11. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и инструменты / И.В. Петров. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2003. – 256 с.
12. Ротач, В.Я. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / В.Я. Ротач. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 400 с., илл.
13. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов / В.Г. Олифер, И.А. Олифер. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2015. – 944 с.
14. Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника : учебник / Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров. – 2-е изд., стереотип. - Москва : Горячая линия-телеком, 2016. – 768 с.
15. Основы автоматизации технологических процессов и производств : учебное пособие : в 2 т. / [Г. Б. Евгениев и др.] ; под ред. Г. Б. Евгениева. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015.- 438 с.

16. Танненбаум, Э. Компьютерные сети / Э. Танненбаум, Д. Уэзеролл. – 5-е изд. – СПб.: Питер, 2012. – 960 с.

17. Хорев, П.Б. Программно-аппаратная защита информации: учеб. пособие / П.Б. Хорев. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015. – 352 с.

Интернет ресурсы

1. Официальный сайт компании MathWorks: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/products/matlab/>. – Дата доступа: 9.11.2019.
2. Центр компетенций MatLab и Simulink: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matlab.ru/>. – Дата доступа: 9.11.2019.
3. Статьи по электронике / Интерфейсы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kazus.ru/articles/index.html>. – Дата доступа: 02.06.2018.
4. Энциклопедия АСУ ТП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bookasutp.ru>. – Дата доступа: 10.11.2018.