

Государственная итоговая аттестация по программе базового высшего образования направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия (профиль – Автоматизация и роботизация технологических процессов)

Государственная итоговая аттестация по программе включает подготовку к сдаче и сдачу государственного экзамена, а также подготовку к процедуре защиты и защиту выпускной квалификационной работы.

Государственный экзамен проводится с целью подтверждения студентом понимания уровня свободного владения понятийным аппаратом и фундаментальными знаниями в области автоматизации и роботизации технологических процессов, что позволяет выпускнику самостоятельно анализировать производственные ситуации и принимать научно обоснованные технологические решения.

Для проверки свободного владения понятийным аппаратом и фундаментальными знаниями вопросы и кейсы должны строиться на стыке теории и практики. Студент должен продемонстрировать глубокие теоретические знания и практические навыки в области проектирования, эксплуатации, ремонта и экологической безопасности автоматизированных и роботизированных систем управления технологическими процессами, используя строгую научную терминологию.

Государственный экзамен включает в себя теоретический вопрос и решение кейса. Примерные задания приведены ниже.

Форма и технология проведения государственного экзамена устанавливается образовательной программой и локальными нормативными актами университета.

Для подготовки ВКР студенту назначается руководитель из числа штатных ППС. Студент выбирает один из типов ВКР - проектная, расчетная.

Для каждого типа ВКР определены темы, которые доводятся до сведения студентов в начале выпускного курса. Студенту обеспечивается выбор типа и темы ВКР с учетом его профессиональных и научных интересов. Примерные темы ВКР в зависимости от типа приведены ниже.

Студент на ГИА должен подтвердить владения следующими ключевыми (базовыми, общепринятыми) понятиями, применяемые им в будущей профессиональной деятельности

- Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП).
- Автоматизируемый объект.
- Техническое задание на проектирование.
- Технико-экономическое обоснование.
- Рабочая документация.
- Проектная документация.
- Эскизный проект.
- Технический проект.
- Система автоматизированного проектирования (САПР).

- Информационное моделирование.
- Алгоритм управления.
- Программируемый логический контроллер (ПЛК).
- Исполнительный механизм.
- Датчик и измерительный канал.
- Человеко-машинный интерфейс (HMI).
- SCADA-система.
- Промышленные сети и протоколы обмена.
- Робототехническая система.
- Машинное зрение.
- Цифровой двойник.
- Интеграция оборудования и программных модулей.
- Нормоконтроль документации.
- Функциональная безопасность.
- Кибербезопасность АСУ ТП.

В процессе подготовки и сдачи аттестационных испытаний студент должен продемонстрировать способность выполнять следующие профессиональные действия:

- Исследовать автоматизируемый объект и собирать исходные данные для проектирования автоматизированной системы управления технологическими процессами.
- Подготавливать технико-экономическое обоснование создания автоматизированной системы управления технологическими процессами.
- Разрабатывать требования к автоматизированной системе управления технологическими процессами и подготавливать техническое задание на проектирование.
- Разрабатывать текстовую и графическую части эскизного, технического и рабочего проектов автоматизированной системы управления технологическими процессами.
- Применять САПР и средства информационного (имитационного) моделирования при разработке проектной и рабочей документации.
- Разрабатывать алгоритмы управления, структурные схемы, схемы автоматизации и спецификации оборудования для автоматизированных и робототехнических систем.
- Обосновывать выбор датчиков, контроллеров, исполнительных механизмов, сетевой инфраструктуры и программных компонентов системы.
- Проектировать интеграцию робототехнических модулей, машинного зрения, HMI и SCADA в состав технологической системы.
- Проводить нормоконтроль, корректировку и подготовку к выпуску проектной и рабочей документации.
- Оформлять инженерное (экспертное) заключение по результатам обследования объекта, анализа проектных решений и оценки эффективности автоматизации.

- Разрабатывать и внедрять предложения по обеспечению функциональной безопасности и кибербезопасности автоматизированных и робототехнических систем.
- Осуществлять контроль реализации проектных решений и авторский надзор в части соблюдения принятых решений по автоматизации.

Примерные задания для проведения государственного экзамена

Теоретические вопросы (Понятия)

Вопрос 1. Архитектура современных АСУ ТП в агроинженерии: назначение и функции полевого (Field), среднего (Control) и верхнего (Supervisory) уровней автоматизации.

Вопрос 2. Программируемые логические контроллеры (ПЛК): классификация, конструктивные особенности для работы в агрессивных средах животноводческих помещений (стандарты защиты IP) и языки программирования стандарта МЭК 61131-3.

Вопрос 3. Датчики и измерительные каналы в технологических процессах АПК: принципы выбора и размещения первичных преобразователей (температуры, влажности, концентрации газов CO₂/NH₃). Понятие нормирующего преобразователя и унифицированных сигналов (4–20 мА, 0–10 В).

Вопрос 4. Диспетчеризация процессов: функции SCADA-систем и человеко-машинного интерфейса (HMI). Принципы построения мнемосхем, ведения журналов алармов (тревог) и архивирования технологических данных.

Вопрос 5. Системы машинного зрения и роботизированные комплексы в АПК (на примере роботов-доярков или сортировочных линий): состав оборудования, алгоритмы обработки изображений и принципы интеграции в общую систему управления.

Вопрос 6. Функциональная и кибербезопасность АСУ ТП на сельскохозяйственных объектах: основные угрозы, методы защиты каналов связи и обеспечение отказоустойчивости систем при сбоях электроснабжения.

Комплексные кейс-задания (Практические ситуации)

КВАЛИФИКАЦИОННОЕ ЗАДАНИЕ № 1

Тема: Автоматизация системы микроклимата птичника на базе ПЛК

Характеристика объекта и исходные данные:

Птичник на 40 000 бройлеров. Управление микроклиматом включает: 4 группы вытяжных вентиляторов (плавное регулирование частотным преобразователем и дискретное включение дополнительных групп), приточные клапаны с сервоприводами, систему водяного обогрева с

регулирующим КЗР (клапан запорно-регулирующий).

Перечень решаемых задач:

1. Разработайте функциональную схему автоматизации (ФСА) процесса регулирования температуры и влажности в помещении.
2. Обоснуйте выбор и количество датчиков (температуры, влажности, углекислого газа CO_2), а также места их оптимального размещения в объеме птичника.
3. Выберите архитектуру контроллерного оборудования (количество аналоговых и дискретных входов/выходов ПЛК) с учетом 20% резерва.
4. Предложите закон регулирования (например, ПИД-регулятор) для поддержания температуры с помощью КЗР отопления и обоснуйте его параметры.
5. Составьте блок-схему алгоритма управления вентиляцией при превышении предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных газов (CO_2/NH_3).
6. Опишите структуру интерфейса НМИ (панели оператора) для контроля параметров и оперативного изменения технологических уставок технологом.

КВАЛИФИКАЦИОННОЕ ЗАДАНИЕ № 2

Тема: Роботизированная линия сортировки и упаковки плодоовощной продукции

Характеристика объекта и исходные данные:

Поток яблок поступает с конвейера на сортировочный стол. Необходимо автоматизировать отбраковку некондиционных плодов (с дефектами кожуры, гнилью) и разделение кондиционных плодов на две фракции по размеру. Для сортировки применяется система машинного зрения и дельта-робот (манипулятор) с вакуумным захватом.

Перечень решаемых задач:

1. Составьте структурную схему интеграции оборудования: видеокамера – промышленный контроллер/вычислитель – контроллер робота – частотный привод конвейера.
2. Опишите этапы работы алгоритма машинного зрения: от захвата кадра до формирования управляющей команды (координаты плода и его класс).
3. Каким образом осуществляется синхронизация движения конвейерной ленты и исполнительного механизма (робота)? Обоснуйте выбор датчика обратной связи (энкодера).
4. Разработайте требования к техническому заданию на проектирование данной роботизированной ячейки в части производительности (штук/мин) и точности позиционирования.
5. Составьте блок-схему алгоритма работы сортировочного комплекса, предусмотрев защитную блокировку (останов) при открытии ограждения робота (функциональная безопасность).

6. Опишите, какие данные должны передаваться из локальной системы управления в SCADA-систему верхнего уровня для ведения учета готовой продукции и анализа эффективности линии.

Примерные темы проектного типа ВКР

Цель студента: выступить в роли инженера-проектировщика АСУ ТП: от составления технического задания и выбора элементной базы до разработки схем и интерфейсов управления.

Направление 1: Комплексная автоматизация технологических процессов (АСУ ТП)

Тема 1. Проектирование АСУ ТП комбикормового завода с элементами диспетчеризации верхнего уровня

Суть проекта: Разработка автоматизированной системы дозирования, смешивания и транспортировки компонентов комбикорма.

В проекте разрабатывается: Функциональная схема автоматизации (ФСА) процесса по ГОСТ. Выбор ПЛК, модулей расширения, весоизмерительных датчиков (тензодатчиков) и частотных преобразователей. Разработка принципиальных электрических схем управления и схем подключений к ПЛК. Разработка интерфейса оператора (мнемосхемы SCADA/HMI) для контроля рецептуры, ведения архивов и учета сырья.

Тема 2. Проектирование автоматизированной системы управления энергоэффективным микроклиматом мультizonального тепличного комплекса

Суть проекта: Создание единой системы управления отоплением, вентиляцией, зашториванием и подкормкой CO₂ в промышленной теплице.

В проекте разрабатывается: Схема автоматизации распределенных климатических зон на базе промышленных сетей (например, Modbus TCP или PROFINET). Спецификация оборудования: датчики влажности почвы и воздуха, метеостанция, исполнительные механизмы (КЗР, сервоприводы фрамуг). Алгоритм и программа управления на одном из языков МЭК 61131-3 (ST, FBD) для контроллера. Экранные формы локальных панелей оператора (HMI).

Направление 2: Робототехнические комплексы (РТК) и машинное зрение

Тема 3. Разработка роботизированной ячейки для укладки готовой продукции на паллеты на базе шестиосевого промышленного манипулятора

Суть проекта: Интеграция промышленного робота-манипулятора в конец упаковочной линии предприятия АПК.

В проекте разрабатывается: Схема планировки роботизированной ячейки с учетом зон досягаемости робота и требований безопасности

(световые завесы, ограждения). Конструкторская разработка универсального захватного устройства (вакуумного или механического гриппера) под тип тары. Схема сопряжения контроллера робота с ПЛК конвейерной линии. Траектории движения манипулятора и циклограмма работы РТК.

Тема 4. Проектирование автоматизированной конвейерной линии сортировки штучных грузов с системой машинного зрения

Суть проекта: Разработка установки, которая автоматически определяет брак или сорт продукции по внешнему виду при помощи камеры.

В проекте разрабатывается: Сборочный чертеж сортировочного модуля и схема расстановки оптического оборудования (камера, специализированная подсветка, датчик присутствия). Схема электрическая принципиальная интеграции интеллектуальной камеры с отбраковывающим пневмотолкателем. Блок-схема алгоритма обработки изображений и принятия решений. Настройка интерфейса мониторинга качества для начальника смены.

Направление 3: Модернизация и интеллектуальные подсистемы

Тема 5. Модернизация системы автоматизации водонасосной станции распределенного животноводческого комплекса с внедрением беспроводной диспетчеризации

Суть проекта: Перевод устаревшей насосной станции на современное управление с каскадным регулированием и удаленным контролем.

В проекте разрабатывается: Схема автоматизации насосной станции с датчиками давления, расхода и защиты от сухого хода. Проект шкафа управления (ШУ) с преобразователями частоты и программируемым реле/ПЛК. Организация канала связи (например, через GSM/NB-IoT или LoRaWAN) для передачи аварийных сигналов на центральный диспетчерский пункт. Проектирование Web-интерфейса или SCADA-панели диспетчера.

Тема 6. Разработка автоматизированной системы мониторинга и ранней диагностики исправности технологического оборудования кормоцеха

Суть проекта: Создание проектного решения для непрерывного контроля состояния критических узлов (дробилок, грануляторов) для предотвращения аварий.

В проекте разрабатывается: Схема размещения датчиков вибрации, температуры подшипников и токовых трансформаторов на технологическом оборудовании. Выбор и обоснование модулей сбора данных (DAQ) и промышленного шлюза. Проектирование системы светозвуковой сигнализации и блокировки работы оборудования при достижении критических уставок. Разработка интерфейса панели мониторинга «Здоровья машин» (Predictive Maintenance).

Примерные темы для исследовательского типа ВКР

Цель студента: выявить новые закономерности, провести эксперименты, разработать математические модели или сравнить эффективность различных алгоритмов/технических решений.

Направление 1: Интеллектуальные алгоритмы управления и цифровые двойники

Тема 1. Исследование и моделирование цифрового двойника процесса сушки зерна для оптимизации режимов автоматического управления.

Научная/исследовательская компонента: Разработка математической модели тепловлагодонпереноса в слое зерна как объекта с распределенными параметрами. Создание цифрового двойника шахтной или рециркуляционной сушилки (в среде **SimInTech** или Python). Экспериментальное исследование влияния дискретности опроса датчиков влажности на динамическую погрешность управления. Сравнительный анализ классического ПИД-регулирования и алгоритмов с прогнозированием модели (MPC) для минимизации удельного расхода топлива.

Тема 2. Сравнительный анализ и исследование эффективности нейросетевых алгоритмов (Fuzzy Logic / ANN) в задачах адаптивного управления микроклиматом теплиц

Научная/исследовательская компонента: Исследование нелинейных взаимосвязей между параметрами (температура, влажность, CO₂, инсоляция) при различных стратегиях управления. Проектирование и обучение нечеткого (Fuzzy) регулятора или искусственной нейронной сети для управления вентиляцией и обогревом. Моделирование суточных профилей микроклимата и оценка перерегулирования при резких изменениях внешней среды. Оценка энергоэффективности предложенного интеллектуального алгоритма по сравнению со стандартным двухпозиционным регулированием.

Направление 2: Робототехника и машинное зрение (Компьютерное зрение)

Тема 3. Исследование алгоритмов сегментации и распознавания дефектов сельскохозяйственной продукции методами машинного зрения в реальном времени

Научная/исследовательская компонента: Сбор экспериментальной базы изображений плодов/овощей с различными типами повреждений (механические, гниль, болезни). Исследование точности и быстродействия различных архитектур сверточных нейросетей (например, YOLO, MobileNet) в условиях изменяющейся освещенности конвейера. Экспериментальное определение оптимальных спектральных диапазонов подсветки (ИК, УФ, видимый свет) для выявления скрытых дефектов. Разработка и тестирование

алгоритма выдачи управляющих команд на исполнительный механизм (робот-манипулятор) с минимизацией задержки (latency).

Тема 4. Исследование динамики и точности позиционирования беспилотной мобильной робоплатформы для закрытого грунта при различных стратегиях навигации

Научная/исследовательская компонента: Исследование погрешностей навигационных систем (LiDAR, SLAM, ультразвуковые датчики, оптические метки) внутри тепличных проходов. Математическое моделирование траектории движения робота с учетом проскальзывания колес/гусениц на различных типах грунта. Экспериментальная оценка влияния электромагнитных помех от мощного технологического оборудования теплицы на каналы связи и датчики робоплатформы. Разработка рекомендаций по оптимизации алгоритмов обхода препятствий.

Направление 3: Функциональная надежность, связь и кибербезопасность АСУ ТП

Тема 6. Исследование уязвимостей и разработка методов защиты от кибератак на каналы связи ПЛК – SCADA в распределенных АСУ ТП птицефабрик

Научная/исследовательская компонента: Анализ рисков и моделирование угроз информационной безопасности для протоколов Modbus TCP / OPC UA на критических участках производства (инкубаторы, кормоцеха). Экспериментальное исследование влияния имитации ложных данных от датчиков (атака типа False Data Injection) на устойчивость работы алгоритмов автоматического управления. Разработка и тестирование легковесных алгоритмов шифрования/аутентификации, пригодных для реализации на аппаратной базе ПЛК без потери быстродействия. Оценка времени восстановления системы после несанкционированного вмешательства.

Примерные темы для расчетного типа ВКР

Цель студента: продемонстрировать способность к самостоятельному решению инженерно-технических задач с помощью точных математических, физических и технико-экономических расчетов.

Направление 1: Автоматизация микроклимата и энергоэффективность

Тема 1. Расчет и моделирование адаптивной системы автоматического управления микроклиматом роботизированного коровника

В работе выполняется: Расчет динамического тепло- и влажностного баланса помещения как объекта регулирования (с учетом метаболического

тепла животных и наружного климата). Математическое моделирование переходных процессов в среде SimInTech для обоснования параметров ПИД-регуляторов. Расчет и выбор мощности регулируемых исполнительных механизмов (частотных преобразователей вентиляторов, сервоприводов клапанов). Расчет надежности и функциональной безопасности системы автоматизации.

Тема 2. Обоснование и расчет параметров автоматизированной системы электротермического досвечивания растений в защищенном грунте

В работе выполняется: Светотехнический расчет (определение требуемой плотности потока фотонов PPFD, расчет количества, мощности и схемы расстановки фитосветильников). Электрический расчет (расчет токовых нагрузок по группам, падения напряжения в линиях во влажной среде, выбор аппаратов защиты). Расчет алгоритма автоматического регулирования спектра и интенсивности освещения в зависимости от естественной инсоляции (интеграция датчиков освещенности). Расчет технико-экономической эффективности от внедрения автоматики (снижение удельного энергопотребления на 1 м^2).

Направление 2: Робототехнические системы и машинное зрение

Тема 3. Кинематический расчет и проектирование алгоритмов управления дельта-робота в линии автоматической сортировки плодов

В работе выполняется: Расчет прямой и обратной задач кинематики манипулятора для определения рабочей зоны и точности позиционирования. Расчет динамических нагрузок на звенья и подбор мощности серводвигателей робота. Расчет параметров измерительного канала системы машинного зрения (фокусное расстояние камеры, разрешающая способность, углы обзора, время экспозиции). Расчет пропускной способности (производительности) роботизированной ячейки в зависимости от скорости конвейера.

Тема 4. Расчет и алгоритмическое обеспечение роботизированной системы точечного внесения удобрений с применением оптических датчиков

В работе выполняется: Расчет задержки управляющего сигнала (таймингов) исполнительных механизмов (форсунок) с учетом переменной скорости движения робоплатформы. Математический расчет алгоритма фильтрации и обработки изображений (индексов вегетации типа NDVI) для идентификации сорной растительности в реальном времени. Расчет гидравлических параметров распределительной системы и выбор дозирующих клапанов. Расчет автономности (емкости аккумуляторных батарей) мобильного робота.

Направление 3: Промышленные сети, АСУ ТП и учет ресурсов

Тема 6. Моделирование и расчет измерительных каналов АСКУЭ для оценки эффективности электропотребления технологических линий АПК

В работе выполняется: Расчет погрешностей измерительных каналов тока и напряжения (выбор классов точности трансформаторов тока и цифровых счетчиков). Расчет потерь активной и реактивной мощности в элементах распределительной сети предприятия. Математическое моделирование алгоритмов прогнозирования электропотребления на основе исторических данных АСКУЭ. Расчет мощности и параметров индивидуальных или групповых компенсирующих устройств (конденсаторных батарей).