Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук
(ИМАШ РАН)

Комплект оценочных материалов
по дисциплине «Проектирование автоматизированных систем управления»

Направление подготовки:	09.04.03 Прикладная информатика
Профиль подготовки:	Цифровые двойники и автоматизированные системы управления технологическими процессами
Квалификация:	Магистр
Форма обучения	Очная

Москва

Содержание

1. Общие положения....3
2. Результаты освоения дисциплины, подлежащие проверке....3
3. Контроль и оценка освоения учебной дисциплины....4
4. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости....5
5. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации....7

1. Общие положения

Комплект оценочных материалов (далее - ОМ) предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу дисциплины «Проектирование автоматизированных систем управления».

ОМ включают контрольные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в форме экзамена.

ОМ разработаны на основании:

- основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика;
- рабочей программы дисциплины «Проектирование автоматизированных систем управления».

2. Результаты освоения дисциплины, подлежащие проверке

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями

ПК-1	**Способен руководить процессами разработки и реализации проекта автоматизированной системы управления технологическими процессами**
ПК-1.1	Разрабатывает концепции и техническое задание на проектирование автоматизированной системы управления технологическими процессами
ПК-1.2	Контролирует разработку проекта автоматизированной системы управления технологическими процессами
ПК-2	**Способен управлять цифровой трансформацией документированных сфер деятельности организации**
ПК-2.1	Развивает цифровую трансформацию документированных сфер деятельности организации

Код индикатора компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1.1	*Знать:* - современные методы, технологии и стандарты проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП); - нормативную базу, требования к надёжности, безопасности и эффективности АСУ; - принципы анализа технологических процессов для выявления задач автоматизации; - структуру, состав и основные этапы разработки технического задания на АСУ. *Уметь:* - анализировать технологические процессы и формулировать требования к автоматизации; - разрабатывать концепции и техническое задание на проектирование АСУ; - использовать специализированное программное обеспечение для моделирования и проектирования АСУ; - интегрировать аппаратные и программные компоненты в единую систему управления. *Иметь практический опыт:* - разработки фрагментов технических заданий на проектирование автоматизированных систем управления; - моделирования технологических процессов с применением цифровых двойников; - работы с современными SCADA-, MES-, ERP-системами и инструментами IIoT при формировании концепции АСУ.

ПК-1.2	*Знать:* - современные методы, технологии и стандарты проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП); - нормативную базу, требования к надёжности, безопасности и эффективности АСУ; - структуру и состав проектной документации на АСУ; - принципы организации и проведения контроля за разработкой технических проектов. *Уметь:* - анализировать проектные решения на соответствие техническому заданию и нормативным требованиям; - организовывать и осуществлять контроль за ходом разработки проекта АСУ; - выявлять и устранять несоответствия в проектной документации; - взаимодействовать с разработчиками, заказчиками и экспертами для согласования проектных решений. *Иметь практический опыт:* - участия в контроле разработки проектов автоматизированных систем управления технологическими процессами; - проверки соответствия проектных решений утверждённой документации и стандартам; - работы с проектной документацией, проведения экспертиз и согласований в составе рабочей группы.
ПК-2.1	*Знать:* - современные подходы и технологии цифровой трансформации в управлении документированными процессами; - методы анализа и оптимизации документооборота с применением цифровых решений; - нормативные требования к организации и автоматизации документооборота; - принципы интеграции цифровых двойников и автоматизированных систем управления в документированные сферы деятельности. *Уметь:* - анализировать существующие процессы документооборота и выявлять возможности для цифровой трансформации; - разрабатывать и внедрять цифровые решения для автоматизации и оптимизации работы с документами; - оценивать эффективность внедрения цифровых технологий и их влияние на бизнес-процессы; - организовывать взаимодействие между подразделениями для успешной цифровой трансформации. *Иметь практический опыт:* - участия в проектах по цифровизации документооборота и внедрению автоматизированных систем управления документами; - применения цифровых инструментов для моделирования, анализа и оптимизации документированных процессов; - работы с современными платформами и решениями для управления цифровыми документами и процессами.

3. Контроль и оценка освоения учебной дисциплины

Элемент учебной дисциплины	Текущий контроль		Промежуточная аттестация	
	Форма контроля	Проверяемые идк	Форма контроля	Проверяемые идк
Тема 1. Основы и архитектура автоматизированных систем управления (АСУ)	Отчет по практикуму по решению задач	ПК-1.1 ПК-1.2		

Тема 2. Моделирование и цифровые двойники в АСУ	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-1.1 ПК-1.2		
Тема 3. Проектирование АСУ: этапы, методы, инструменты	Отчет по практикуму по решению задач	ПК-1.1 ПК-1.2		
Тема 4. Программное обеспечение и интеграция компонентов АСУ	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-1.1 ПК-1.2		
Тема 5. Надёжность, безопасность и эксплуатация АСУ	Отчет по практикуму по решению задач	ПК-1.1 ПК-1.2		
			Экзамен	ПК-1.1 ПК-1.2

4. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости

Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Лабораторный практикум
20-17 – работа выполнена в срок, самостоятельно, правильно поняты и использованы соответствующие формулы, правильно определены соответствующие спецификации, использована требуемая информация, правильно выполнены требуемые расчеты, правильно выбраны совместимые комплектующие, сделаны необходимые выводы, хорошо аргументированы, даны исчерпывающие ответы на все поставленные вопросы; **16-12** – работа выполнена в срок, самостоятельно, правильно поняты и использованы соответствующие формулы, правильно определены соответствующие спецификации, использована требуемая информация, правильно выполнены требуемые расчеты, правильно выбраны совместимые комплектующие, необходимые выводы сделаны частично, хорошо аргументированы, даны ответы на все поставленные вопросы; **11-6**– работа выполнена в срок, в основном самостоятельно, использованы соответствующие формулы; определены соответствующие спецификации, имеются ошибки в расчетах; выбраны совместимые комплектующие необходимые, выводы сделаны частично, слабо аргументированы, даны ответы не на все вопросы; **5-1** – обучающийся подготовил работу несамостоятельно или не завершил в срок, описание спецификации содержит незначительные ошибки, выводы и ответы на вопросы отсутствуют.
Практикум по решению задач
20-15 – работа и отчет выполнены в срок, самостоятельно, правильно определены соответствующие спецификации, использована требуемая информация, правильно выполнены требуемые расчеты, сделаны необходимые выводы, хорошо аргументированы, даны исчерпывающие ответы на все поставленные вопросы; **14-8**– работа и отчет выполнены в срок, самостоятельно, правильно определены соответствующие спецификации, использована требуемая информация, правильно выполнены требуемые расчеты, необходимые выводы сделаны частично, хорошо аргументированы, даны ответы на все поставленные вопросы; **7-1** – работа и отчет выполнены в срок, в основном самостоятельно, выводы сделаны частично, слабо аргументированы, даны ответы не на все вопросы; **0** – обучающийся подготовил работу и отчет несамостоятельно и/или не завершил в срок, описание содержит ошибки, выводы и ответы на вопросы отсутствуют.

Порядок начисления баллов

Если студент набрал достаточное количество баллов ТКУ по дисциплине (более 70 баллов) в течение семестра, он может отказаться от сдачи экзамена, и результат будет выставлен автоматически по его согласию.

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для процедуры оценивания знаний, умений, навыков и(или) опыта деятельности

Типовые задания для лабораторных практикумов

Лабораторные занятия направлены на работу с программным обеспечением, моделирование, сборку и отладку фрагментов систем.

Тема 2. Моделирование и цифровые двойники в АСУ

Задание 1. «Создание цифрового двойника теплообменного аппарата»

Цель:

Освоить среду имитационного моделирования (например, AnyLogic, MATLAB Simulink).

Задача:

Разработать математическую модель теплообменника. Реализовать визуализацию процесса теплообмена. Провести серию экспериментов, изменяя входные параметры (температуру, расход), и проанализировать выходные характеристики. Выполнить верификацию модели по эталонным данным.

Тема 4. Программное обеспечение и интеграция компонентов АСУ

Задание 1. «Разработка проекта SCADA-системы для управления насосной станцией»

Цель:

Получить навыки работы в среде SCADA (например, MasterSCADA, WinCC).

Задача:

На лабораторном стенде или эмуляторе создать проект. Настроить опрос датчиков (давление, расход). Нарисовать мнемосхему объекта. Реализовать логику управления (пуск/стоп насосов) и систему аварийных сообщений. Протестировать работу системы при имитации внештатных ситуаций.

Тема 5. Надёжность, безопасность и эксплуатация АСУ

Задание 1. «Тестирование отказоустойчивости фрагмента АСУ»

Цель:

Изучить методы обеспечения надёжности на практике.

Задача:

Смоделировать обрыв связи с одним из датчиков в работающей системе. Проанализировать реакцию контроллера и SCADA-системы. Реализовать программный алгоритм резервирования (например, переход на расчетное значение) и проверить корректность работы системы после сбоя.

Задание 2. «Анализ рисков кибербезопасности для предложенной архитектуры АСУ»

Цель:

Научиться выявлять уязвимости в проекте.

Задача:

Для предложенной схемы архитектуры АСУ провести анализ угроз (модель STRIDE или аналогичная). Выявить потенциальные точки отказа и уязвимости для кибератак. Разработать перечень технических и организационных мер по защите системы. Оформить отчёт с результатами анализа.

Типовые задания практикумов по решению задач

Направлены на проектирование, разработку документации, анализ и решение инженерных задач

Тема 1. Основы и архитектура автоматизированных систем управления (АСУ)

«Анализ технологического процесса и выбор архитектуры АСУ»

Цель:

Научиться анализировать объект автоматизации и выбирать типовую архитектуру.

Задача:

Для заданного процесса (например, управление конвейерной линией) определить основные контролируемые параметры. Выбрать архитектуру АСУ (централизованная, децентрализованная). Определить состав оборудования (датчики, контроллеры, исполнительные механизмы) и обосновать выбор.

Тема 3. Проектирование АСУ: этапы, методы, инструменты

«Разработка технического задания (ТЗ) на проектирование АСУ»

Цель:

Сформировать навык составления основного документа для проектирования.

Задача:

На основе описания условного технологического объекта составить черновик технического задания. Включить в него разделы: цели автоматизации, требования к функциональности, требования к аппаратному обеспечению, требования к программному обеспечению, требования к надёжности.

5. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзамен представляет собой выполнение обучающимся заданий билета, включающего в себя:

Задание №1 – теоретический вопрос на знание базовых понятий предметной области дисциплины, а также позволяющий оценить степень владения обучающегося принципами предметной области дисциплины, понимание их особенностей и взаимосвязи между ними.

Задание №2 – задание на анализ ситуации из предметной области дисциплины и выявление способности обучающегося выбирать и применять соответствующие принципы и методы решения практических проблем, близких к профессиональной деятельности.

Задания №3 – задания на проверку умений и навыков, полученных в результате освоения дисциплины.

Выполнение обучающимся заданий билета оценивается по следующей балльной шкале:

Задание 1: 0-30 баллов

Задание 2: 0-30 баллов

Задание 3: 0-40 баллов

- 90 и более (отлично) – ответ правильный, логически выстроен, приведены необходимые выкладки, использована профессиональная лексика. Задания решены правильно. Обучающийся правильно интерпретирует полученный результат.

- 89-70 (хорошо)– ответ в целом правильный, логически выстроен, приведены необходимые выкладки, использована профессиональная лексика. Ход решения задания правильный, ответ неверный. Обучающийся в целом правильно интерпретирует полученный результат.

- 69-50 (удовлетворительно)– ответ в основном правильный, логически выстроен, приведены не все необходимые выкладки, использована профессиональная лексика. Задания решены частично.

- менее 50 (неудовлетворительно)– ответы на теоретическую часть неправильные или неполные. Задания не решены.

Типовые задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Задания 1-го типа

1. Классификация автоматизированных систем управления (АСУ) и их место в современной промышленности.

2. Жизненный цикл АСУ: основные этапы, содержание и значение стадии проектирования.

3. Архитектура АСУ ТП: уровни управления, основные компоненты (датчики, контроллеры, исполнительные механизмы, HMI/SCADA) и их взаимодействие.

4. Нормативная база и стандарты, регламентирующие проектирование и эксплуатацию АСУ ТП в РФ.

5. Понятие цифрового двойника: определение, цели создания и ключевые отличия от математической модели.

6. Этапы создания цифрового двойника технологического объекта: от сбора данных до интеграции с АСУ.

7. Методы верификации и валидации моделей цифровых двойников для обеспечения достоверности прогнозов.

8. Анализ требований к АСУ: методы сбора, формализации и документирования (разработка Технического задания).

9. Выбор аппаратных средств для АСУ: критерии подбора датчиков, контроллеров и исполнительных механизмов.

10. Обзор и сравнительный анализ SCADA-, MES- и ERP-систем в структуре управления предприятием.

11. Языки программирования промышленных контроллеров (стандарт IEC 61131-3): FBD, LD, ST, SFC — назначение и область применения.

12. Интеграция АСУ с промышленным интернетом вещей (IIoT): протоколы передачи данных (OPC UA, MQTT) и облачные платформы.

13. Методы обеспечения отказоустойчивости АСУ: горячее/холодное резервирование, диагностика и самотестирование компонентов.

14. Кибербезопасность АСУ ТП: основные угрозы, методы защиты периметра сети и сегментации промышленной сети (концепция Purdue).

15. Организация эксплуатации и технического обслуживания АСУ: регламенты, мониторинг состояния и планирование модернизации.

Задания 2-го типа

1. На химическом производстве участились случаи аварийной остановки реактора из-за перегрева. Текущая система управления на базе релейной автоматики не позволяет выявить первопричину. Предложите концепцию модернизации системы управления. Какие этапы проектирования необходимо выполнить? Какую роль в диагностике может сыграть цифровой двойник реактора?

2. Заказчик требует разработать АСУ для линии розлива напитков с рекордно коротким сроком окупаемости (1 год). Бюджет на оборудование жестко ограничен. Опишите ваш подход к выбору аппаратных и программных средств. Как сбалансировать стоимость, надежность и функциональность системы для достижения поставленной цели?

3. При проектировании АСУ для удаленного месторождения нефти связь с центральным диспетчерским пунктом осуществляется через нестабильный спутниковый канал с большой задержкой. Какие архитектурные решения (локальный контроллер, объем памяти, алгоритмы) вы заложите в систему, чтобы обеспечить ее автономную и надежную работу при потере связи?

4. На этапе приемки системы заказчик обнаружил расхождение в показаниях датчиков температуры (разница в 1.5 градуса) между физической установкой и моделью в цифровом двойнике, используемой для визуализации. Опишите алгоритм ваших действий по верификации и валидации модели. Какие данные необходимо собрать для устранения расхождения?

5. Необходимо автоматизировать сложный, нелинейный процесс сушки древесины, где качество продукта зависит от множества факторов (влажность, температура, скорость воздуха), которые трудно измерить напрямую. Какую стратегию управления (ПИД-регулятор, нечеткая логика, нейросеть) вы бы выбрали? Обоснуйте выбор и опишите, как цифровой двойник может помочь в настройке такой системы.

6. Внедрение новой АСУ на производстве привело к конфликту со смежной системой (например, 1С:ERP), так как данные о выработке продукции передаются с разной периодичностью и иногда дублируются. Опишите принципы интеграции систем уровня MES и ERP. Какие методы обеспечения совместимости данных (ETL-процессы, единые справочники) вы бы применили?

7. Служба безопасности выявила уязвимость: к промышленной сети через Wi-Fi роутер наладчика был получен несанкционированный доступ к HMI-панели. Разработайте комплекс мероприятий по обеспечению кибербезопасности данной АСУ. Опишите применение модели Purdue для сегментации сети.

8. На старом советском оборудовании отсутствуют интерфейсы для подключения к современным контроллерам (нет Modbus или Profibus). Данные о работе станка можно получить только по световым индикаторам на панели. Предложите техническое решение для интеграции этого оборудования в единую АСУ. Какие аппаратные средства (модули ввода/вывода, камеры) и методы обработки информации вы бы использовали?

9. При пусконаладочных работах выяснилось, что выбранный контроллер не справляется с объемом вычислений: при обработке данных с 500 датчиков возникает задержка в 2 секунды, что недопустимо для контура безопасности. Опишите методы оптимизации работы прикладного ПО контроллера. Какие архитектурные изменения (например, перенос части логики на уровень SCADA) можно внести?

10. Руководство предприятия хочет внедрить предиктивное обслуживание насосного оборудования, чтобы менять подшипники не по графику, а по фактическому состоянию, предсказывая поломку за неделю. Опишите, как с помощью цифрового двойника и анализа данных с датчиков вибрации можно реализовать такой алгоритм. Какие методы анализа данных (Data Science) здесь применимы?

11. Проектная документация на АСУ была утеряна. Система работает, но для ее модернизации (добавления нового датчика) нет ни схем соединений, ни исходных кодов программы контроллера. Опишите последовательность действий инженера по автоматизации для восстановления документации и безопасного внесения изменений в работающую систему.

12. Оператор постоянно допускает ошибки при работе с HMI-панелью из-за перегруженного интерфейса с сотнями экранов и неочевидной навигацией. Применяя принципы человеко-машинного интерфейса (HCI/UX), предложите варианты редизайна интерфейса SCADA-системы для снижения вероятности ошибок оператора.

13. В цеху высокий уровень электромагнитных помех от сварочных аппаратов. Система АСУ работает нестабильно: наблюдаются "дребезг" дискретных входов и скачки значений аналоговых сигналов. Опишите комплекс мер по обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС) при проектировании системы: от выбора кабеля до схемотехнических решений на уровне шкафа управления.

14. Требуется создать систему дозирования компонентов для пищевой промышленности с очень высокой точностью (погрешность менее 0.1%). Весовые датчики имеют свою погрешность. Опишите подход к проектированию такого контура управления. Как использовать алгоритмы фильтрации и компенсации погрешностей в ПО контроллера?

15. Необходимо спроектировать систему управления для мобильного робота-манипулятора, который перемещается по складу. Система должна работать от аккумулятора и быть максимально энергоэффективной. Какие аппаратные платформы (контроллеры) и программные методы (оптимизация циклов сканирования, "спящий" режим) вы выберете для минимизации энергопотребления АСУ?

Задания 3-го типа

Задание 1. Анализ требований и декомпозиция.

Ситуация: необходимо автоматизировать процесс поддержания температуры в климатической камере.

Задача: составить список из 5–7 функциональных требований к АСУ (что система должна делать), разделив их на требования к контролю, регулированию и сигнализации.

Задание 2. Выбор архитектуры (Purdue Model)

Ситуация: Описана система: датчики на поле, ПЛК в шкафу, SCADA на ПК оператора, база данных на сервере, доступ руководства через веб-интерфейс.

Задача: нарисовать упрощенную схему уровней управления по модели Purdue (0–4), разместив перечисленные компоненты на соответствующих уровнях.

Задание 3. Проектирование на FBD (Блок-схема)

Ситуация: нужно реализовать логику: «Включить двигатель насоса (Q1), если уровень в баке (I1) ниже минимума, ИЛИ если нажата кнопка ручного пуска (I2), НО аварийная кнопка «Стоп» (I3) не нажата».

Задача: нарисовать схему на языке FBD (Function Block Diagram), используя стандартные блоки (AND, OR, NOT).

Задание 4. Выбор протокола передачи данных

Ситуация: требуется передать данные от 10 датчиков температуры с полевого уровня на контроллер. Расстояние — 200 метров, среда — цех с электромагнитными помехами.

Задача: выбрать наиболее подходящий протокол (Modbus RTU, Modbus TCP, Profinet) и тип кабеля. Кратко обосновать выбор.

Задание 5. Разработка алгоритма предиктивного обслуживания

Ситуация: Вибродатчик на подшипнике насоса передает среднеквадратичное значение виброскорости (RMS). Нормальное значение — 2.0 мм/с, критическое — 5.0 мм/с.

Задача: предложить простой алгоритм для ПЛК, который выдаст предупреждение оператору, если значение RMS превысит 3.5 мм/с в течение 10 минут подряд.

Задание 6. Анализ уязвимости кибербезопасности

Ситуация: Инженер подключил свой ноутбук с обновлениями к промышленной сети через свободный порт коммутатора.

Задача: описать две основные угрозы, которые это действие создает для АСУ ТП. Предложить одно техническое решение для минимизации риска.

Задание 7. Проектирование HMI-экрана

Ситуация: нужно создать экран для оператора печи обжига.

Задача: нарисовать эскиз одного экрана SCADA. На эскизе должны быть: мнемосхема печи, индикатор текущей температуры, кнопка «Стоп» (крупная, красного цвета) и график изменения температуры за последний час.

Задание 8. Расчет надежности (резервирование)

Ситуация: Вероятность безотказной работы одного датчика давления в течение года составляет 0.95. Система считается работоспособной, если работает хотя бы один из двух датчиков.

Задача: рассчитать вероятность безотказной работы системы из двух параллельно работающих датчиков за год. Округлить до трех знаков после запятой.

Задание 9. Интеграция с IIoT

Ситуация: нужно передавать данные о количестве произведенных деталей из ПЛК в облачную базу данных предприятия раз в час.

Задача: описать краткую цепочку передачи данных, указав роль шлюза IIoT и используемый протокол (например, MQTT).

Задание 10. Применение цифрового двойника

Ситуация: нужно подобрать оптимальные параметры PID-регулятора для сложной системы без риска остановки реального производства.

Задача: описать последовательность действий инженера с использованием цифрового двойника для решения этой задачи. Указать не менее трех шагов