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

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по вопросам
подготовки кадров высшей
квалификации ИМАШ РАН
_____ к.ф-м.н. Жданов Э.Р.
«01» сентября 2026 года
м.п.

Комплект оценочных материалов
по дисциплине «Цифровой аватар промышленного предприятия»

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.....4
5. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации.....6

1. Общие положения

Комплект оценочных материалов (далее - ОМ) предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу дисциплины «Цифровой аватар промышленного предприятия».

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 «Цифровой аватар промышленного предприятия».

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

Код индикатора компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1.1	*Знать:* - основные понятия, архитектуру и классификацию цифровых двойников и цифровых аватаров промышленных предприятий; - современные технологии автоматизации: IIoT, облачные и туманные вычисления, искусственный интеллект, методы интеграции физических и виртуальных объектов; - этапы, принципы и методы проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) на базе цифровых двойников; - требования к структуре, составу и содержанию технического задания на создание автоматизированных систем; - методы моделирования, симуляции и анализа производственных процессов с использованием цифровых моделей; - нормативные требования, стандарты и современные тенденции в области автоматизации и цифровизации промышленности. *Уметь:* - анализировать производственные процессы и определять задачи автоматизации с использованием цифровых двойников; - формулировать цели, задачи и требования к проектированию автоматизированных систем управления; - разрабатывать концепции создания и внедрения цифровых аватаров для промышленных объектов; - составлять структуру и основные разделы технического задания на проектирование АСУ ТП; - выбирать и обосновывать применение современных технологий (IIoT, AI, облачные платформы) для реализации автоматизированных систем; - интерпретировать результаты моделирования и симуляции для оптимизации технологических процессов. *Иметь практический опыт:* - разработки концепции цифрового аватара для типового промышленного объекта; - составления технического задания на проектирование автоматизированной системы управления технологическим процессом;

	- применения инструментов моделирования и симуляции для анализа производственных процессов; - интеграции данных с физических объектов в цифровую среду (на примере учебных кейсов).

3. Контроль и оценка освоения учебной дисциплины

Элемент учебной дисциплины	Текущий контроль		Промежуточная аттестация	
	Форма контроля	Проверяемые идк	Форма контроля	Проверяемые идк
Тема 1. Введение в цифровые аватары и цифровые двойники	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-1.1		
Тема 2. Технологии интеграции и сбора данных	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-1.1		
Тема 3. Моделирование и симуляция производственных процессов	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-1.1		
Тема 4. Проектирование, внедрение и оптимизация АСУ ТП на базе цифровых аватаров	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-1.1		
Тема 5. Безопасность, стандартизация и перспективы развития	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-1.1		
			Экзамен	ПК-1.1

4. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости

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

Лабораторный практикум
20 -15 – 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 **14- 9**– 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 **8- 3** – 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 **2 -1 –** обучающийся подготовил работу несамостоятельно или не завершил в срок, описание спецификации содержит незначительные 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 лабораторных практикумов

Тема 1. Введение в цифровые аватары и цифровые двойники

Лабораторная работа № 1. Архитектура и классификация цифровых двойников.

Изучение основных архитектурных моделей цифровых двойников (Digital Twin).

Анализ классификаций по уровню детализации, функциональности и сфере применения.

Сравнительный анализ цифровых аватаров и цифровых двойников

Задание: разработать структурную схему цифрового двойника для выбранного промышленного объекта (например, насос, станок, цех). Определить его тип по классификации.

Лабораторная работа № 2. Жизненный цикл цифрового двойника.

Изучение этапов создания, обновления и сопровождения цифровых копий объектов.

Роль цифровых двойников в автоматизации и управлении.

Задание:

Составить дорожную карту (roadmap) внедрения цифрового двойника на условном предприятии. Описать процессы обновления данных и актуализации модели.

Тема 2. Технологии интеграции и сбора данных

Лабораторная работа № 1. Моделирование потоков данных IIoT.

Изучение принципов работы промышленного интернета вещей (IIoT).

Протоколы передачи данных (MQTT, OPC UA).

Задание: построить схему сбора данных с виртуальных датчиков (имитация) и передачи их в облачное хранилище или базу данных.

Лабораторная работа № 2. Основы интеграции физических и виртуальных объектов.

Изучение механизмов обмена данными в реальном времени между физическим объектом и его цифровой копией.

Задание: настроить демонстрационный стенд (на базе симулятора или учебного ПО) для отображения изменения параметра физического объекта на его цифровом аватаре.

Тема 3. Моделирование и симуляция производственных процессов

Лабораторная работа № 1. Инструменты моделирования

Ознакомление с интерфейсом и базовыми функциями специализированного ПО для моделирования (например, AnyLogic, MATLAB Simulink, или Python-библиотеки).

Задание:

Создать простейшую дискретно-событийную модель (например, очередь у станка или конвейер).

Лабораторная работа № 2. Верификация модели и анализ результатов симуляции.

Проведение виртуального эксперимента. Методы верификации (проверка адекватности) модели.

Задание: запустить модель из ЛР №5 с различными входными данными. Сравнить результаты симуляции с теоретическими расчетами, сделать вывод о достоверности модели.

Тема 4. Проектирование, внедрение и оптимизация АСУ ТП

Лабораторная работа № 1. Проектирование АСУ на базе цифрового двойника

(фрагмент).

Этапы проектирования автоматизированных систем управления.

Разработать фрагмент технического задания на проектирование модуля мониторинга состояния оборудования для цифрового двойника.

Тема 5. Безопасность, стандартизация и перспективы развития

Лабораторная работа № 1. Анализ угроз кибербезопасности цифрового двойника.

Основные угрозы для цифровых систем: несанкционированный доступ, подмена данных, отказ в обслуживании.

Задание: проанализировать предложенную архитектуру цифрового двойника и выявить потенциальные уязвимости. Предложить базовые меры защиты (на уровне архитектуры).

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. Дайте определение понятиям «цифровой двойник» и «цифровой аватар». В чём их различие и какова роль в автоматизации производства?
2. Опишите типовую архитектуру цифрового двойника промышленного объекта. Назовите основные компоненты.
3. Приведите классификацию цифровых двойников по уровню детализации и функциональному назначению.
4. Что такое промышленный интернет вещей (IIoT)? Какова его роль в

формировании цифрового аватара?

5. Сравните облачные и туманные вычисления. В каких случаях для цифрового двойника предпочтительнее туманные вычисления?

5. Опишите принципы интеграции физических объектов (датчиков, оборудования) с их виртуальными копиями. Какие протоколы обмена данными используются?

6. Как искусственный интеллект и машинное обучение применяются для управления технологическими процессами на базе цифровых аватаров?

7. Назовите основные методы моделирования, используемые при создании цифровых двойников (динамические, статические, дискретно-событийные).

8. В чём заключается верификация и валидация модели цифрового двойника? Каковы критерии адекватности модели?

9. Опишите этапы проведения виртуального эксперимента на цифровом аватаре. Как анализируются его результаты для оптимизации реального производства?

10. Перечислите основные этапы проектирования автоматизированной системы управления (АСУ ТП) на базе цифрового двойника.

11. Каковы особенности внедрения цифровых аватаров на действующих предприятиях с устаревшим оборудованием (brownfield-проекты)?

12. Опишите методы анализа и оптимизации технологических процессов с помощью цифровых моделей.

13. Что такое цифровой след объекта? Как обеспечивается непрерывное обновление данных цифрового аватара?

14. Назовите основные угрозы кибербезопасности для цифровых систем управления производством.

15. Какие меры и технологии применяются для обеспечения защиты данных и отказоустойчивости цифровых двойников?

16. Перечислите основные российские и международные стандарты, регулирующие создание и эксплуатацию цифровых двойников.

17. Опишите понятие «цифровая вселенная» предприятия. Как она соотносится с концепцией цифрового двойника?

18. Какие современные тенденции (тренды) наблюдаются в развитии автоматизации производств с использованием цифровых двойников?

19. Перечислите перспективные направления развития цифровых аватаров и цифровых вселенных в промышленности на ближайшие 5–10 лет.

Задания 2-го типа

1. На предприятии внедрён цифровой двойник ключевого агрегата. Однако данные с датчиков поступают с задержкой в 15 минут, что делает невозможным оперативное управление. Ваши действия как инженера?

2. Виртуальная симуляция на цифровом аватаре цеха показала снижение энергопотребления на 10% при изменении графика работы. Однако при внедрении на реальном производстве экономия составила лишь 2%. Проанализируйте возможные причины расхождения и предложите план действий.

3. В промышленной сети IIoT, собирающей данные для цифрового двойника, участились потери пакетов данных. Опишите алгоритм диагностики и восстановления работоспособности системы сбора данных.

4. Руководство требует обосновать экономическую целесообразность создания цифрового аватара для склада готовой продукции. Какие показатели эффективности (KPI) вы выберете и как будете их рассчитывать?

5. На этапе интеграции цифрового двойника нового станка в существующую АСУ ТП выяснилось, что контроллер станка использует проприетарный протокол обмена данными. Предложите техническое решение для обеспечения интеграции.

6. В результате кибератаки была искажена база данных цифрового двойника

химического реактора. Опишите последовательность действий по восстановлению целостности данных и предотвращению подобных инцидентов в будущем.

7. Необходимо провести виртуальный эксперимент по оценке влияния изменения температуры окружающей среды на производительность линии. Опишите, как вы настроите параметры модели и как будете интерпретировать результаты.

8. Требуется разработать модуль для цифрового аватара, который будет автоматически оповещать диспетчера при выходе параметров за критические границы. Опишите логику работы и архитектуру такого модуля.

9. Предприятие планирует полный переход инфраструктуры цифровых двойников в облако. Проведите анализ рисков (безопасность, доступность, стоимость) и преимуществ такого решения.

10. Система мониторинга, построенная на базе цифрового двойника, начала выдавать большое количество ложных тревог о неисправностях, что парализовало работу службы эксплуатации. Каковы ваши действия по настройке системы?

11. В распределённой системе управления возникла рассинхронизация между физическим объектом и его цифровым аватаром (например, положение задвижки в реальности не совпадает с положением в модели). Как выявить и устранить причину?

12. Необходимо модернизировать существующую АСУ ТП, внедрив в неё элементы цифрового двойника для предиктивной аналитики. Опишите этапы реализации такого проекта.

13. В цифровой вселенной предприятия требуется реализовать поддержку принятия решений в условиях дефицита сырья. Какую модель или алгоритм вы интегрируете в цифровой аватар для решения этой задачи?

14. Предприятие внедряет архитектуру туманных вычислений для обработки данных с датчиков в реальном времени. Объясните, какие преимущества это даст для работы цифрового двойника по сравнению с облачной обработкой.

15. В процессе эксплуатации выяснилось, что цифровой двойник насоса систематически ошибается в прогнозе срока службы подшипника. Опишите методику анализа и калибровки (дообучения) модели.

16. Требуется обеспечить отказоустойчивость хранения данных цифрового двойника критически важного объекта (например, турбины электростанции). Какую архитектуру хранения (on-premise, гибридную) и методы резервирования вы выберете?

17. Персонал цеха саботирует работу с новой системой цифровых аватаров, ссылаясь на её сложность. Разработайте план мероприятий по обучению и вовлечению сотрудников в процесс цифровизации.

17. Предприятие планирует масштабировать проект «Цифровой завод» на филиалы в других городах. Какие технологические (каналы связи, стандарты) и организационные задачи необходимо решить в первую очередь?

18. При верификации модели цеха обнаружена ошибка: модель не учитывает человеческий фактор (ошибки операторов). Как изменить или доработать модель, чтобы повысить её адекватность?

20. Система искусственного интеллекта, встроенная в цифровой аватар, начала принимать неоптимальные решения по управлению запасами из-за изменения рыночной конъюнктуры. Как провести аудит и переобучение этой системы?

Задания 3-го типа

1. Вам поручено создать цифрового двойника для насоса. Опишите структуру базы данных (не менее 5 ключевых таблиц: Sensors, Events, Maintenance, Parameters, Status), которая будет хранить данные для его цифрового двойника. Укажите основные поля в каждой таблице.

2. Поток данных с датчика температуры содержит случайные выбросы (шумы). Напишите функцию на Python (или опишите логику), реализующую простой медианный фильтр для окна из 3-х последних значений. Функция должна принимать список чисел и

возвращать отфильтрованное значение.

3. Нужно смоделировать работу конвейера, который может ломаться. Используя Excel или Python, создайте простую модель. Задайте вероятность поломки 5% на каждый час работы. Смоделируйте работу конвейера в течение 8 часов и определите, произойдет ли поломка.

4. На основе данных симуляции цифрового двойника цеха (время обработки на станках А, Б, В), определено, что станок Б является "узким местом". Предложите два способа оптимизации работы этого участка (например, изменение расписания, модернизация станка) и опишите, как это отразится на модели.

5. Цифровой аватар должен автоматически уведомлять диспетчера о критических событиях. Опишите логику работы программного модуля. Какие параметры он должен отслеживать? При каких условиях (например, давление> X И температура> Y) отправляется оповещение?

6. Датчики на нефтяной скважине передают огромный объем данных. Обработка в облаке дает задержку в 2 секунды, что недопустимо для аварийной остановки. Объясните, почему в данном случае следует использовать туманные вычисления (Edge Computing), а не облачные. Опишите схему передачи данных.

7. Задание: Вы — ведущий инженер проекта по созданию цифрового двойника склада. Напишите раздел «Требования к данным» для Технического Задания. Укажите, какие данные (с каких датчиков/систем) необходимо собирать и с какой частотой.

8. После внедрения цифрового двойника время простоя линии сократилось с 10 часов/месяц до 7 часов/месяц. Рассчитайте процент повышения эффективности (надежности) работы линии. Опишите еще один показатель (KPI), который можно использовать для оценки пользы от внедрения цифрового двойника.

9. Цифровой аватар является критически важным объектом. Предложите три базовые меры защиты для обеспечения кибербезопасности системы сбора и передачи данных для этого аватара (например, на уровне сети, доступа и целостности данных).

10. Необходимо выбрать протокол передачи данных для датчиков IIoT. Сравните протоколы MQTT и HTTP. В виде краткой таблицы укажите преимущество каждого из них для использования в системе цифрового двойника. Какой из них вы выберете и почему?