Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования
«ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»
(Финансовый университет)

Кафедра бизнес-информатики

Факультет информационных технологий и анализа больших данных

Документ подписан усиленной неквалифицированной электронной подписью.

Организация: «ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»
Сертификат: e9KQ7USEmwjNxonAKXKlgodFwnsttgp
Утверждено: Проректор по учебной и методической работе, Е.А. Каменева
Дата: 08.10.2025 г.

И.В. Красильников

Проектирование систем цифровизации и управления

Рабочая программа дисциплины

для студентов, обучающихся по направлению подготовки
15.04.06 - Мехатроника и робототехника,
Образовательная программа «Программирование интеллектуальных роботов»

Рекомендовано
Факультет информационных технологий и анализа больших данных
(протокол № 04 от 20.01.2026 г.)

Одобрено
Кафедра бизнес-информатики
(протокол № 4 от 20.11.2025 г.)

© Москва 2026

Содержание

1. Наименование дисциплины 3

2. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине 3

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах и в академических часах с выделением объема аудиторной (лекции, семинары) и самостоятельной работы обучающихся 9

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) дисциплины с указанием их объемов (в академических часах) и видов учебных занятий 10

5.1. Содержание дисциплины 10

5.2. Учебно – тематический план 12

5.3. Содержание семинаров, практических занятий 13

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине 18

6.1. Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение дисциплины, формы внеаудиторной самостоятельной работы 18

6.2. Перечень вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю 42

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине 44

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины 20

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины 20

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 69

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости) 70

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине 70

1. Наименование дисциплины

Проектирование систем цифровизации и управления

2. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции
ПК-2	Способность разрабатывать проектные решения по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса	Владеет методологией разработки проектных решений по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса.	**Знать:** Методологию проектирования: Принципы, этапы и стандарты (ГОСТ, ISO) жизненного цикла проектирования робототехнических систем (РТС) для промышленности. Конструктивные схемы и элементы: Основные кинематические и конструктивные схемы промышленных манипуляторов, мобильных платформ, основы механики Архитектуру систем управления РТС, принципы обратной связи, основы теории автоматического управления, современные программные платформы **Уметь:** Анализировать и формализовать требования: Выделять технические, эксплуатационные и экономические требования к РТС из технического задания, проводить анализ аналогов. Разрабатывать алгоритмы и программы управления: Составлять алгоритмы функционирования РТС, программировать контроллеры на языках релейной логики (LD), структурного текста (ST) или высокоуровневых языках (Python, C++) в средах программирования Оценивать риски и планировать внедрение: Разрабатывать

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции
			план испытаний, мероприятия по обеспечению безопасности и составлять базовую эксплуатационную документацию.
		Демонстрирует практические навыки создания робототехнических средств для промышленного комплекса и разработки проектных решений в области машиностроения.	**Знать:** современные методики проектирования и конструирования робототехнических средств, включая принципы выбора кинематических схем, приводов, датчиков и систем управления, а также требования нормативно-технической документации (ГОСТ, ISO) к промышленным роботам и роботизированным комплексам. **Уметь:** выполнять инженерные расчеты (кинематические, динамические, прочностные), создавать 3D-модели и конструкторскую документацию в CAD-системах, обоснованно выбирать стандартные компоненты из каталогов, разрабатывать функциональные и структурные схемы, а также интегрировать разработанное робототехническое средство в существующую производственную инфраструктуру.
ПК-3	Способность организовывать проектные работы по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса	1. Демонстрирует знания видов и техник организационных мероприятий для реализации проектных работ по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса.	**Знать:** Методологии и стандарты управления инженерными проектами. Инструменты сквозного цифрового проектирования и PLM: принципы управления жизненным циклом изделия (PLM), состав и функционал PLM-систем. Нормативно-правовую базу и безопасность: основы проектирования с учетом требований функциональной безопасности. Принципы организации командной работы и коммуникации: современные инструменты коллабора-

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции
			ции (Jira, Confluence, GitLab), основы кросс-функционального взаимодействия в инженерных проектах. **Уметь:** Формировать и контролировать требования: организовывать процесс сбора, анализа и формализации требований к РТС (бизнес-, пользовательские, системные, программные) с использованием диаграмм Use Case, требований в формате User Story. Организовывать процессы цифрового проектирования и интеграции: определять порядок взаимодействия команд (конструкторов, программистов, специалистов по данным) в PLM-среде; проектировать интерфейсы интеграции системы управления РТС с внешними системами. Анализировать проектные данные для принятия решений: использовать аналитические методы (Data Mining) и инструменты (Python, MATLAB, Power BI) для обработки данных с РТС с целью оптимизации параметров, предиктивного обслуживания и обоснования корректирующих действий в проекте. Готовить проектную документацию в соответствии со стандартами ЕСКД и ЕСПД.
		Владеет способностью контролировать ход организации выполнения проектных работ по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса.	**Знать:** методы и инструменты контроля исполнения проектных работ (сетевые графики, диаграммы Ганта, методику освоенного объема, системы управления проектами), критерии оценки качества выполнения этапов, процедуры приемки промежуточных результатов, а также типовые риски и отклонения, возникающие при реализации проек-

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции
			тов по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса. **Уметь:** осуществлять мониторинг соблюдения сроков, бюджета и качества выполнения проектных задач, выявлять отклонения от плана, инициировать корректирующие действия, проводить контрольные точки с оценкой готовности результатов, а также формировать отчетную документацию для руководства и заказчика о ходе организации выполнения проектных работ.
		3. Проводит организационные мероприятия по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса с учетом требований проектной документации.	**Знать:** организационно-распорядительные документы и процедуры, необходимые для реализации проектов по созданию робототехнических средств (приказы, распоряжения, технические задания, планы-графики, регламенты взаимодействия), а также требования проектной документации (ЕСКД, ЕСПД, стандарты предприятия) к составу, содержанию и срокам выполнения организационных мероприятий. **Уметь:** разрабатывать и согласовывать план организационных мероприятий на всех этапах жизненного цикла проекта, распределять зоны ответственности между участниками, организовывать совещания, контрольные сборки и испытания, обеспечивать своевременное доведение требований проектной документации до исполнителей, а также координировать работу конструкторских, тех-

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции
			нологических и производственных подразделений при создании робототехнических средств.
ПК-4	Способность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований и давать рекомендации по совершенствованию робототехнических устройств	1. Демонстрирует знания методологии теоретических и экспериментальных исследований робототехнических устройств.	**Знать:** Инструменты цифрового моделирования и анализа: принципы верификации и валидации имитационных моделей. Основы математической статистики и планирования эксперимента: методы обработки экспериментальных данных Методы интеллектуального анализа данных (Data Mining) для инженерии: базовые алгоритмы выявления закономерностей в телеметрических данных РТС (кластеризация, анализ временных рядов, предиктивное моделирование). Показатели эффективности и надежности РТС: ключевые метрики для оценки технического уровня робототехнических устройств (производительность, точность, энергоэффективность, коэффициент готовности, MTBF). **Уметь:** Формулировать цели и задачи исследования: на основе анализа проблемной области и системных требований определять предмет исследования, ставить измеримые цели и формулировать проверяемые гипотезы. Разрабатывать программу и методику эксперимента: планировать эксперимент (выбор факторов, уровней варьирования, плана эксперимента), подбирать средства измерений и систему сбора данных, разрабатывать сценарии испытаний для проверки гипотез. Обрабатывать и анализировать данные: проводить статистическую обработку результатов

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции
			измерений (расчет доверительных интервалов, проверка гипотез), визуализировать данные для выявления закономерностей (графики, диаграммы рассеяния, тепловые карты).
		Проводит теоретические и экспериментальные исследования в области машиностроения и дает научно-обоснованные выводы по совершенствованию робототехнических устройств.	**Знать:** методологию планирования и проведения теоретических и экспериментальных исследований в области машиностроения и робототехники, включая методы математического моделирования, теорию планирования эксперимента (факторный анализ, методы Тагути, полный факторный эксперимент), алгоритмы обработки результатов измерений (статистические критерии, регрессионный и корреляционный анализ), а также требования к оформлению научных выводов и рекомендаций. **Уметь:** самостоятельно формулировать цели, задачи и гипотезы исследования, разрабатывать программу и методику проведения экспериментов, осуществлять сбор, статистическую обработку и интерпретацию экспериментальных данных, выполнять верификацию и валидацию математических моделей, а также формулировать научно-обоснованные выводы и практические рекомендации по совершенствованию конструкции, алгоритмов управления и эксплуатационных параметров робототехнических устройств.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Проектирование систем цифровизации и управления» относится к «Модулю направленности программы магистратуры».

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах и в академических часах с выделением объема аудиторной (лекции, семинары) и самостоятельной работы обучающихся

Очная форма обучения

Вид учебной работы по дисциплине	**Всего (в з/е и часах)**	**Модуль 3 (в часах)**
Общая трудоемкость дисциплины	**4/144**	**144**
Контактная работа – Аудиторные занятия	***40***	***40***
Лекции	*16*	*16*
Семинары, практические занятия	*24*	*24*
Самостоятельная работа	*104*	*104*
Вид текущего контроля	Проектная работа	Проектная работа
Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Экзамен

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) дисциплины с указанием их объемов (в академических часах) и видов учебных занятий

5.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Методологии и стандарты в управлении проектами по цифровизации РТС

Данный модуль формирует фундамент для организации проектных работ. В рамках лекционной части рассматриваются современные методологии (V-модель, Stage-Gate, Agile) и отраслевые стандарты (ISO 15288, RAMI 4.0, IEC 62443) управления сложными инженерными проектами в области промышленной робототехники. На практических занятиях студенты учатся применять эти знания для разработки ключевых документов проекта: устава проекта, структуры декомпозиции работ (WBS), анализа стейкхолдеров и плана управления рисками на примере конкретного кейса по созданию роботизированного комплекса.

Тема 2. Архитектура цифрового двойника и проектирование систем сбора данных

Модуль посвящен технологическому ядру цифровизации. Лекции раскрывают принципы построения цифровых двойников (Digital Twins) различного уровня зрелости, архитектурные паттерны Industrial IoT (IIRA) и выбор протоколов (OPC UA, MQTT). Практическая часть сфокусирована на проектировании системы сбора данных с робототехнического средства: студенты учатся определять необходимые метрики (телеметрия, эксплуатационные данные), выбирать датчики и сетевые шлюзы, проектировать структуру базы данных временных рядов и разрабатывать концептуальную схему взаимодействия физического актива с его цифровой моделью.

Тема 3. Интеграция РТС в корпоративный контур и анализ данных

Принципы взаимодействия систем управления РТС (АСУТП) с MES и ERP-системами предприятия, а также основы анализа больших данных для предиктивной аналитики. На практике студенты выполняют два ключевых задания: 1) проектирование интерфейсов обмена данными (например, через OPC UA-сервер) между виртуальной моделью робота и системой планирования производства; 2) проведение аналитического исследования на предоставленном наборе телеметрии: очистка данных, построение дашбордов (в Power BI/ Grafana) и формулировка выводов о состоянии оборудования.

Тема 4. Верификация, экономическое обоснование и защита проекта

Методы верификации и валидации цифрового двойника, процедурам приемочных испытаний, а также методикам расчета ключевых экономических показателей (TCO, ROI, NPV). Практические занятия имитируют финальные этапы проекта: студенты защищают свой проект, представляя комиссии («заказчику») полный пакет документации, включая технико-экономическое обоснование, план внедрения и результаты пилотных испытаний, и отвечают на вопросы в рамках процедуры Gate Review.

5.2. Учебно – тематический план

Очная форма обучения

п/п	Наименование тем (разделов) дисциплины	Трудоемкость в часах				
		Всего	Контактная работа - Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Общая, в т.ч.:	Лекции	Семинары, практические занятия	
1	Методологии и стандарты в управлении проектами по цифровизации РТС	30	10	4	6	20
2	Архитектура цифрового двойника и проектирование систем сбора данных	38	10	4	6	28
3	Интеграция РТС в корпоративный контур и анализ данных	38	10	4	6	28
4	Верификация, экономическое обоснование и защита проекта	38	10	4	6	28
В целом по дисциплине		144	40	16	24	104

5.3. Содержание семинаров, практических занятий

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов для обсуждения на семинарах, практических занятиях	Формы проведения занятий
Методологии и стандарты в управлении проектами по цифровизации РТС	**Выбор методологии для проектов в области промышленной робототехники** • Дискуссия 1: Сравните классическую V-модель и гибкую методологию Agile. В каких конкретных сценариях проекта по созданию РТС (например, разработка нового уникального манипулятора vs. внедрение типовой сборочной ячейки) каждая из них будет предпочтительнее и почему? Каковы риски неправильного выбора? • Кейс для обсуждения: Проект подразумевает активное взаимодействие с заказчиком, требования к финальному продукту четко не определены и могут меняться. Однако проект включает этап изготовления дорогостоящего «железного» прототипа. Как адаптировать процессы управления, чтобы совместить гибкость и контроль над бюджетом? Предложите гибридный подход (например, Agile-Stage-Gate). • Практическая работа: Разработайте структуру фаз (Stage) и контрольных точек (Gate) для проекта «Внедрение роботизированной линии финальной сборки изделия». Определите, какие	Проблемная лекция с элементами дискуссии Работа над сквозным мини-проектом в формате Workshop Кейс-стади с анализом «разрушенного» проекта и Peer-Review

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов для обсуждения на семинарах, практических занятиях	Формы проведения занятий
	артефакты и критерии «прохождения» (Go/No-Go критерии) должны быть на каждой контрольной точке (например, Gate 2: Утвержденная спецификация требований и ТЭО). **Тема 1.2: Стандартизация, безопасность и управление рисками** • Дискуссия 2: Зачем в проекте по созданию РТС, помимо технических стандартов (например, ISO 10218 для роботов), нужны стандарты по управлению жизненным циклом (ISO 15288) и кибербезопасности (IEC 62443)? Приведите пример, как игнорирование каждого из этих стандартов может привести к провалу проекта на поздней стадии. • Работа в группах: На основе шаблона матрицы рисков проанализируйте проект «Разработка коллаборативного робота для работы в одном пространстве с человеком». Выявите и приоритизируйте 5-7 ключевых рисков (например, риск несоответствия нормам функциональной безопасности, риск утечки данных о производительности с робота). Для двух наиболее значимых рисков разработайте план смягчения.	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов для обсуждения на семинарах, практических занятиях	Формы проведения занятий
	• Вопрос для размышления: Кто является ключевым стейкхолдером в проекте цифровизации PTC: технолог, который будет использовать линию, ИТ-директор, отвечающий за интеграцию, или финансовый директор, считающий ROI? Как организовать коммуникацию с каждой из групп?	
Архитектура цифрового двойника и проектирование систем сбора данных	5-уровневая модель DT (от статической цифровой модели до автономного двойника) Кейс Siemens по созданию DT газовой турбины. Какие данные собирались? Как они использовались? Какова была архитектура? Команды получают список из 10 возможных функций DT для их проекта из Модуля 1 (напр., «Визуализация в реальном времени», «Симуляция “что-если”», «Прогноз остаточного ресурса подшипника»). **Задание:** Постройте матрицу и приоритезируйте функции. Обоснуйте свой выбор для топ-3 функций, которые будут реализованы в первую очередь. Разработать схему (можно в виде JSON-схемы или UML-диаграммы классов) для основного актива. Что должно быть в «цифровом теневом» объекте? Пример для робота: `RobotID`, `status`, `position`, `lastMaintenance`, массив `vibrationSpectrum[]`, ссылка на `3D_model`.	Проблемная лекция с элементами дискуссии Семинарские занятия - разработка архитектурных решений Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента) и коллективное обсуждение решений

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов для обсуждения на семинарах, практических занятиях	Формы проведения занятий
	Обсудить гранулярность (сырые данные, агрегированные за минуту/час?).	
Интеграция PTC в корпоративный контур и анализ данных	• Анализ архитектурных уровней: Какие задачи решает каждый уровень классической пирамиды автоматизации (Field, Control, SCADA, MES, ERP) применительно к PTC? Почему прямое соединение PLC с ERP — это антипаттерн? Какова ключевая роль MES-системы как «прослойки» между миром реального времени (OT) и миром бизнес-планирования (IT)? Работа в группах: Для проекта из Модуля 2 определите, какие системы на предприятии (гипотетические SAP, 1C, MES-платформа) являются потребителями данных от вашего Digital Twin? Что они хотят получить (не сырые данные, а информацию: OEE, тренды, сигналы о событиях)?	Проблемная лекция с элементами дискуссии Семинарские занятия - работы в группах
Верификация, экономическое обоснование и защита проекта	Чем отличается верификация («Мы сделали систему без ошибок?») от валидации («Мы сделали нужную систему?»)? Как доказать заказчику, что ваш Digital Twin достаточно точен для принятия на его основе решений? Обсудить концепцию «достаточной точности».	Лекция Практический семинар, воркшоп Защита проекта и итоговая ретроспектива

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов для обсуждения на семинарах, практических занятиях	Формы проведения занятий
	Для одного из ключевых функциональных требований вашего проекта (например, «Прогнозирование остаточного ресурса подшипника с точностью 85%») разработайте тестовый сценарий для SAT (Site Acceptance Test). Что будет тестовым входом? Каков ожидаемый результат? Какие инструменты измерений понадобятся?	

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение дисциплины, формы внеаудиторной самостоятельной работы

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
Методологии и стандарты в управлении проектами по цифровизации РТС	***Перечень вопросов для самостоятельного усвоения*** **Тема 1: Эволюция и философия управления проектами** 1. Проанализируйте эволюцию подходов к управлению проектами: от классического каскадного (Waterfall) до Agile и гибридных моделей. Какие социальные, экономические и технологические факторы обусловили этот переход? Почему в инженерии, особенно в «железных» проектах, этот переход происходит сложнее, чем в IT? 2. Сравните принципы Манифеста Agile и требования стандарта ISO 21502:2020 (Управление проектами, программами и портфелями). В чем заключается принципиальное противоречие, и как современные фреймворки (например, SAFe, LeSS) пытаются его разрешить для крупных корпоративных проектов?	**Аналитико-исследовательская работа (индивидуальная)** **Практикум по работе с ПО** **Подготовка к ролевой игре и дебатам (в рамках проектной команды)**

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	3. Подумайте, является ли управление проектом наукой, искусством или ремеслом? Приведите аргументы за каждую точку зрения на основе примеров из области создания сложных технических систем. **Тема 2: Специфика проектов в промышленной робототехнике и цифровизации** 4. Сформулируйте ключевые отличия проекта разработки нового робототехнического средства (R&D) от проекта его внедрения и цифровизации на действующем производстве. Как эти отличия влияют на выбор методологии, состав команды и профиль рисков? 5. Исследуйте концепцию «двойного операционного режима» (Bimodal IT) компании Gartner. Как ее можно адаптировать под реалии инженерного подразделения, которое должно одновременно поддерживать работу существующего парка оборудования (режим 1) и внедрять инновационные цифровые решения (режим 2)? В чем организационные сложности? 6. Проанализируйте, почему проекты цифровизации часто сталкиваются с сопротивлением персонала на производстве. Какие социотехнические аспекты	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	(взаимодействие человека и технологии) должен учитывать руководитель проекта помимо технических требований? **Тема 3: Глубокое погружение в стандарты и нормативное поле** 7. Проведите сравнительный анализ двух стандартов: ISO 21502 (Управление проектами) и ГОСТ Р 57193-2016/ISO 15288:2015 (Инженерные системы. Процессы жизненного цикла систем). Как они дополняют друг друга? Какой стандарт более применим на этапе инициации, а какой — на этапе проектирования архитектуры? 8. Изучите структуру стандарта IEC 62443 (Кибербезопасность операционных технологий). Как его требования (например, о зонировании и защите каналов) должны быть интегрированы в план управления проектом цифровизации с самого начала, а не добавлены по итогу? 9. Что такое «соответствие целям» (Compliance by Design)? Разработайте аргументацию для руководства, почему закладывание требований стандартов (по безопасности, надежности) в проект на ранних этапах дешевле и эффективнее, чем последующее «латание дыр».	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	Тема 4: Инструменты и перспективные методологии 10. Исследуйте фреймворк Scaled Agile Framework (SAFe). Как в нем решается задача координации работы множества agile-команд, занимающихся разработкой аппаратного и программного обеспечения в рамках одного большого проекта (например, создания новой роботизированной линии)? 11. Познакомьтесь с концепцией «Управление проектами на основе критической цепи» (Critical Chain Project Management, CCPM). В чем ее кардинальное отличие от классического метода критического пути (CPM) и как она борется с «студенческим синдромом» и мультизадачностью в инженерных командах? 12. Ознакомьтесь с возможностями современных облачных платформ для управления проектами и совместной работы (например, Asana, Jira Advanced, Microsoft Project for the Web). Как они, в отличие от локальных файлов MS Project, могут способствовать прозрачности, коммуникации и адаптивности в распределенных командах?	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	Тема 5: Критическое осмысление и этика 13. Прочитайте о кейсах провалов крупных государственных и корпоративных IT/ инженерных проектов. Проведите ретроспективный анализ одного из них с позиции нарушений в управлении проектом: что именно пошло не так на уровне процессов, коммуникаций, управления требованиями или рисками? 14. Какова социальная и этическая ответственность руководителя проекта цифровизации? Рассмотрите вопросы, связанные с переподготовкой кадров, изменением характера труда, возможным высвобождением персонала, прозрачностью данных о производительности работника. 15. Эссе (для углубленного размышления): «Будущее управления проектами в эпоху Industry 4.0: исчезнет ли профессия проектного менеджера под натиском AI и низко-кодовых платформ, или трансформируется в новую, более стратегическую роль?». Обоснуйте свою точку зрения.	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
Архитектура цифрового двойника и проектирование систем сбора данных	**Тема 1: Концептуальные основы и стратегический выбор** 1. Изучите модель зрелости цифрового двойника (DT) от Gartner или IBM (обычно от 0 до 5 уровней). Сопоставьте каждый уровень с конкретным технологическим решением (например, уровень 1 — 3D-модель, уровень 3 — подключение к данным в реальном времени). Какой уровень зрелости является экономически оправданным «порогом входа» для большинства промышленных предприятий среднего размера и почему? 2. Проанализируйте стратегию «Thin DT» vs «Thick DT». В чем их ключевое различие с точки зрения вычислительной нагрузки и места размещения логики? Приведите пример индустриального сценария, где предпочтительна «тонкая» архитектура (например, мониторинг), и сценария, требующего «толстого» двойника (например, оптимизация в реальном времени). 3. Что такое «цифровой тень» (Digital Shadow) и чем она концептуально отличается от цифрового двойника (Digital Twin)? Почему на практике многие проекты начинаются именно с Digital	**Аналитико-исследовательская работа (индивидуальная)** **Практикум по работе с ПО** **Подготовка к ролевой игре и дебатам (в рамках проектной команды)**

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	Shadow, и какие организационные и технические шаги нужны для ее эволюции в полноценный DT? **Тема 2: Технологический стек: датчики, сети и протоколы** 4. Проведите сравнительный анализ интеллектуальных датчиков с IO-Link и традиционных аналоговых датчиков (4-20 мА). Какие новые возможности (параметризация, самодиагностика, передача дополнительной информации) предоставляет IO-Link? Рассчитайте примерную Total Cost of Ownership (TCO) для группы из 20 датчиков в обоих сценариях, учитывая стоимость самого датчика, монтаж, кабельную инфраструктуру и настройку. 5. Исследуйте стандарт OPC UA Companion Specifications для конкретной отрасли (например, OPC 40001-1 для роботов, OPC 30020 для CNC-станков). Как они решают проблему семантической интероперабельности? Почему использование Companion Spec предпочтительнее разработки собственного информационного моделя с нуля? 6. В чем заключается парадигма «Подписчик-Издатель» (Pub/Sub) в MQTT по сравнению с	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	«Клиент-Сервер» в OPC UA? Смоделируйте ситуацию, когда в одной системе необходимо использовать оба протокола одновременно. Какую роль в этом может играть промышленный шлюз (edge gateway)? **Тема 3: Моделирование и архитектурные паттерны** 7. Изучите концепцию Asset Administration Shell (AAS) в рамках стандарта RAMI 4.0. Как AAS соотносится с понятием Digital Twin? Что входит в его подмодели (Identification, Technical Data, Operational Data)? Почему AAS считается ключевым элементом для построения экосистемы «умных» заводов? 8. Проанализируйте архитектурный паттерн «CQRS» (Command Query Responsibility Segregation) применительно к Digital Twin. Как разделение потоков на запись (команды от физического объекта) и чтение (запросы к аналитическим моделям) может повысить производительность и масштабируемость системы? В чем сложность его реализации? 9. Что такое «цифровой поток» (Digital Thread) и как он связан с Digital Twin? Проследите на гипотетическом примере детали, изготавливаемой на роботизированной ячейке,	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	как данные от CAD-модели, через данные производства (от DT), данные о качестве и данные эксплуатации формируют ее пожизненную цифровую историю. **Тема 4: Обеспечение качества и выбор платформы** 10. Исследуйте подходы к верификации и валидации (V&V) имитационных моделей, лежащих в основе DT (например, методы из ASME V&V 10). Как количественно оценить степень доверия к прогнозам, которые дает DT? Что такое «калибровка модели» и как она проводится на основе исторических данных? 11. Проведите сравнительный обзор промышленных IoT-платформ (на выбор: PTC ThingWorx, Siemens MindSphere, AWS IoT SiteWise, Azure Digital Twins). Выделите по 2-3 ключевых конкурентных преимущества и ограничения каждой в контексте развертывания DT для парка разнородного оборудования (роботы, станки, конвейеры). 12. Проанализируйте проблему роста объема данных (Data Growth) в системах с сотнями активов и тысячами тегов. Какие стратегии управления данными (data lifecycle management) можно применить: агрегация, downsampling, архивация	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	«холодных» данных, использование различных типов баз данных (time-series, document)? Рассчитайте примерный объем хранилища для 1000 тегов, обновляемых раз в секунду, за 3 года. **Тема 5: Критический взгляд и тренды** 13. Аргументированное эссе: «Digital Twin: технологическая необходимость или дорогой “троянский конь” вендоров?». Приведите доводы как за (повышение эффективности, новые бизнес-модели), так и против (высокие затраты, сложность интеграции, зависимость от поставщика). Сформулируйте свой взвешенный вывод. 14. Изучите концепцию «когнитивного двойника» (Cognitive Twin). Чем он отличается от классического DT и как в нем используются технологии искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) не просто для отображения, а для автономного принятия решений? Какие новые этические и управленческие вызовы это создает? 15. Оцените влияние Edge AI на архитектуру Digital Twin. Как перенос алгоритмов машинного обучения (например, для классификации дефектов по видео или анализа спектра	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	вибрации) непосредственно на шлюз или даже датчик меняет требования к пропускной способности сети, задержкам и безопасности? Приведите пример конкретной ML-модели, которую целесообразно запускать на edge.	
Интеграция РТС в корпоративный контур и анализ данных	**Тема 1: Стратегия интеграции и корпоративная архитектура** 1. Проанализируйте эволюцию интеграционных подходов: от точечной интеграции (Point-to-Point) через корпоративную шину данных (ESB) к современным гибридным интеграционным платформам (HIP) и архитектуре, ориентированной на события (Event-Driven Architecture, EDA). Какие преимущества и риски несет EDA для проектов цифровизации в реальном времени, где событиями являются аномалии в работе РТС? 2. Изучите концепцию «системы систем» (System of Systems, SoS) применительно к цифровому заводу. Как в этой парадигме рассматривается робототехническая ячейка с Digital Twin? Какие новые требования к управлению интерфейсами, стандартизации данных и обеспечению киберустойчивости всего SoS это накладывает?	**Аналитико-исследовательская работа (индивидуальная)** **Практикум по работе с ПО** **Подготовка к ролевой игре и дебатам (в рамках проектной команды)**

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	3. Что такое «темные данные» (Dark Data) в контексте промышленного предприятия и как проекты цифровизации PTC могут помочь в их «освещении»? Проанализируйте, какие неочевидные источники данных (логи контроллеров, журналы ошибок, метаданные о настройках) могут стать ценными для аналитики. **Тема 2: Углубленное проектирование конвейеров данных и их инфраструктуры** 4. Сравните архитектурные паттерны ETL (Extract, Transform, Load) и ELT (Extract, Load, Transform) для промышленных данных. Почему в эпоху облачных хранилищ данных (Data Lakes, Cloud Data Warehouses) паттерн ELT набирает популярность? Какие технические и организационные последствия (например, сдвиг компетенций от инженеров к аналитикам) это влечет? 5. Исследуйте технологию Change Data Capture (CDC). Как ее использование для захвата изменений данных из транзакционных баз данных MES/ERP-систем может создать более эффективный и менее нагружающий контур интеграции по сравнению с периодическим опросом (polling) API?	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	6. Спроектируйте схему многоуровневого хранилища данных (Data Lakehouse) для предприятия: определите, какие данные (сырые сенсорные показания, агрегированные за час KPI, обогащенные ML-признаками, бизнес-отчеты) и в каком формате (Parquet, Delta Lake, таблицы в DWH) должны храниться на каждом «температурном» уровне (Hot, Warm, Cold). **Тема 3: Продвинутая аналитика и Feature Engineering** 7. Что такое «дрейф данных» (Data Drift) и «дрейф концепции» (Concept Drift) в контексте моделей машинного обучения, используемых для прогнозирования состояния РТС (например, прогноза остаточного ресурса)? Разработайте перечень метрик и процедур мониторинга, которые необходимо встроить в эксплуатационную фазу проекта цифровизации для своевременного обнаружения таких дрейфов. 8. Изучите метод «обогащения временных рядов» (Time Series Feature Engineering) с помощью библиотеки tsfresh или аналогичных. Сгенерируйте и обоснуйте 5-7 нетривиальных признаков (помимо стандартных статистик) из временного ряда вибрации двигателя, которые	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	могли бы повысить точность модели классификации его состояния. 9. Проанализируйте подходы к объяснимому ИИ (Explainable AI, XAI) для промышленных ML-моделей (например, SHAP, LIME). Почему для инженера-технолога или мастера цеха критически важно не только получить прогноз о скором отказе оборудования, но и понять, какие именно параметры (высокая температура подшипника №3 в сочетании с ростом гармоники на 100 Гц) привели к такому выводу? **Тема 4: Визуализация, дашборды и управление на основе данных** 10. Исследуйте принципы «дата-сторителлинга» (Data Storytelling). Как превратить стандартный дашборд с KPI в убедительную нарративную историю для руководства, которая ведет от констатации фактов («OEE упал на 5%») к причинно-следственному анализу («из-за учащения микропростоев робота № 2, вызванных…») и призыву к действию («необходима замена датчика напряжения»)? 11. Что такое «операционная аналитика» (Operational Analytics) и как она отличается от бизнес-аналитики (BI)? Спроектируйте прототип	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	интерфейса Digital Twin Cockpit для оператора смены, который в режиме реального времени отображает не только состояние, но и рекомендации (например, «Увеличить давление в захвате на 10%»), сгенерированные аналитическими моделями. 12. Проанализируйте концепцию «управления по исключениям» (Management by Exception) в приложении к данным от PTC. Как настроить систему оповещений и эскалации, чтобы она фильтровала информационный шум и уведомляла ответственных лиц только о значимых отклонениях, классифицируя их по критичности (Предупреждение, Ошибка, Критическая Остановка)? **Тема 5: Качество данных, управление и этика** 13. Разработайте фреймворк для оценки и мониторинга «качества данных» (Data Quality) в промышленном контексте. Какие метрики (полнота, своевременность, точность, согласованность, достоверность) наиболее важны для данных от PTC и как их можно автоматически отслеживать в конвейере? 14. Изучите концепцию «Data Mesh» — децентрализованной социотехнической	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	парадигмы управления данными. Как ее принципы (обладание данными доменом, данные как продукт, федеративная governance) могут быть применены на крупном заводе, где данные роботов-сварщиков «принадлежат» цеху сварки, а данные о логистике — цеху сборки? Какие вызовы это создает? 15. Дилемма для эссе: «Внедрение системы предиктивной аналитики на основе данных с камер и датчиков движения позволило резко снизить количество микро-простоев. Однако анализ данных также выявил неэффективные паттерны движения отдельных сотрудников, что привело к их “оптимизации”. Где проходит грань между повышением операционной эффективности и тотальным контролем над персоналом? Какие этические принципы и правила прозрачности должны быть заложены в такие проекты цифровизации?»	
Верификация, экономическое обоснование и защита проекта	**Тема 1: Углубленная экономика и финансовая инженерия проектов** 1. Изучите метод Real Options Analysis (ROA) для оценки инновационных проектов. Как можно представить этапы проекта цифровизации (пилот,	**Аналитико-исследовательская работа (индивидуальная)** **Практикум по работе с ПО** **Подготовка к ролевой игре и дебатам (в рамках проектной команды)**

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	масштабирование) в виде «опционов»? Чем такой подход для проектов с высокой неопределенностью лучше традиционного анализа DCF/NPV? Приведите гипотетический расчет на примере проекта внедрения коллаборативных роботов. 2. Проанализируйте различные модели финансирования проектов цифровизации: CAPEX (капитальные затраты), OPEX (подписка/ аренда, «Робот как услуга» — RaaS), смешанные модели. Какие плюсы и минусы каждой модели с точки зрения предприятия-заказчика и интегратора? Как выбор модели влияет на структуру TCO и налоговую нагрузку? 3. Разработайте шаблон для анализа чувствительности (Sensitivity Analysis) финансовой модели проекта. Определите 5-7 ключевых драйверов стоимости и выгод (например, стоимость лицензии ПО, процент предотвращенных простоев, цена на электроэнергию). Смоделируйте, как ±20% изменение каждого параметра влияет на NPV и срок окупаемости. Какой параметр является наиболее «чувствительным»?	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	Тема 2: Правовое поле, контрактация и compliance 4. Изучите типовые риски в контрактах на разработку и внедрение сложных робототехнических систем: от несоблюдения SLA до утечки интеллектуальной собственности. Какие защитные механизмы (штрафные санкции, поэтапная приемка, escrow-депозитарий исходного кода) должны быть в них предусмотрены? Сформулируйте ключевые положения, которые вы, как руководитель проекта, внесли бы в раздел «Приемочные испытания». 5. Проанализируйте, как требования ФЗ-152 «О персональных данных» и ФЗ-187 «О безопасности КИИ» (критической информационной инфраструктуры) применяются к проекту цифровизации завода, где система видеоанализа может фиксировать действия работников, а данные с РТС влияют на непрерывность технологического процесса. Какие организационные и технические меры необходимо запланировать? 6. Исследуйте тему цифрового суверенитета и импортозамещения в контексте Industrial IoT. Что входит в понятие «жизнеспособный	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	технологический стек»? Разработайте критериальную матрицу для выбора между международной (Siemens, PTC) и отечественной (например, «Росатом» – «ПрАТОН», «Цифра») платформой Digital Twin. **Тема 3: Верификация, валидация и доказательство ценности** 7. Изучите стандарт ISO/IEC 25000 (SQuaRE – Systems and software Quality Requirements and Evaluation). Как его модель качества (функциональная пригодность, производительность, совместимость, надежность, безопасность, удобство сопровождения, переносимость) может быть использована для создания комплексного плана обеспечения качества (Quality Assurance Plan) проекта цифровизации, выходящего за рамки простого тестирования функций? 8. Что такое Technology Readiness Level (TRL) и Manufacturing Readiness Level (MRL)? Как эти шкалы применяются для оценки зрелости не только аппаратной части PTC, но и всего комплекса, включая Digital Twin и аналитические алгоритмы? На каком уровне зрелости проект	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	можно считать готовым к промышленному внедрению, а не к пилоту? 9. Спроектируйте структуру пилотного проекта (Proof of Concept, PoC) для демонстрации ценности Digital Twin руководству скептически настроенного предприятия. Какие ограниченные, но измеримые цели (не более 3-х) он должен преследовать? Какой минимальный, но достаточный набор метрик (например, сокращение времени на поиск причины простоя с 4 часов до 30 минут) доказал бы успех и оправдал дальнейшие инвестиции? **Тема 4: Управление жизненным циклом и эксплуатацией** 10. Исследуйте концепцию DevOps и ее промышленную адаптацию – MLOps (для моделей ИИ) и AIOps (для управления самой ИТ-инфраструктурой). Как эти практики непрерывной интеграции, доставки и мониторинга (CI/CD/CM) трансформируют этап эксплуатации и поддержки цифрового решения? Что такое «конвейер обновления моделей» (ML pipeline) и почему он критически важен? 11. Разработайте шаблон Service Level Agreement (SLA) и Operational Level Agreement (OLA)	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	между отделом главного инженера (эксплуатация РТС) и ИТ-департаментом (поддержка платформы Digital Twin). Какие метрики доступности (uptime), времени реакции на инциденты, времени восстановления (MTTR) и периодичности обновлений должны быть в нем зафиксированы? 12. Проанализируйте проблему технического долга (Technical Debt) в проектах цифровизации. Как быстрая, «костыльная» интеграция устаревшего оборудования или недокументированные изменения в аналитических скриптах могут накапливать долг, который в будущем обернется огромными затратами на поддержку и невозможностью масштабирования? Как управлять этим долгом? **Тема 5: Стратегия, коммуникация и лидерство** 13. Изучите методологию OKR (Objectives and Key Results). Как ее можно использовать не только для управления командой проекта, но и для коммуникации ценности проекта топ-менеджменту? Сформулируйте пример стратегического Objective («Стать заводом-лидером по гибкости производства») и 2-3	

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
	измеримых Key Results для проекта по внедрению мобильных роботов-перевозчиков. 14. Проанализируйте феномен «проклятия знаний» (Curse of Knowledge) в контексте защиты проекта. Как техническому специалисту (инженеру, data scientist) подготовить презентацию для совета директоров, избежав профессионального жаргона и сфокусировавшись на бизнес-результатах, рисках для репутации и возможностях для роста выручки? 15. Итоговое рефлексивное эссе: «Проект цифровизации успешно завершен, система принята и работает. Как изменится роль руководителя этого проекта в следующие 6-12 месяцев? Должен ли он перейти к управлению продуктом (Product Manager), возглавить направление, уйти на новый проект или его миссия завершена? Аргументируйте свою позицию, опираясь на идеи управления жизненным циклом и создания устойчивой ценности».	

6.2. Перечень вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

1. Сравните V-модель и Agile-подход (Scrum/Kanban) применительно к проекту разработки новой роботизированной ячейки. В каком случае какой подход предпочтительнее и почему?
2. Сформулируйте SMART-цели для проекта «Внедрение системы предиктивного обслуживания на парке из 20 сварочных роботов».
3. Что такое стейкхолдеры проекта? Приведите примеры 4-х ключевых стейкхолдеров проекта интеграции мобильных роботов в складскую логистику и их интересы.
4. Разработайте фрагмент ИСР (WBS) верхнего уровня для этапа «Проектирование» при создании системы сбора телеметрии с конвейерной линии.
5. Объясните разницу между верификацией и валидацией (V&V) на примере приемочных испытаний программного модуля Digital Twin.
6. Назовите 3 ключевых принципа кибербезопасности (из стандарта IEC 62443) и приведите пример их применения при проектировании сети для сбора данных с роботов.
7. Каковы основные компоненты архитектуры Digital Twin? Дайте краткую характеристику физическому объекту, виртуальной модели, данным и связям.
8. В чем разница между уровнями зрелости Digital Twin: цифровая модель (Digital Model), цифровая тень (Digital Shadow) и полноценный цифровой двойник?
9. Для чего используется OPC UA и MQTT в промышленной цифровизации? Опишите по одному типичному сценарию применения каждого протокола.
10. Какие данные (3-4 типа) необходимо собирать с сервопривода промышленного робота для построения Digital Twin, ориентированного на анализ его технического состояния?
11. Что такое «конвейер данных» (Data Pipeline)? Опишите основные этапы ETL/ELT-процесса для промышленных временных рядов.
12. Дайте определение и рассчитайте на примере ключевой показатель OEE (Overall Equipment Effectiveness). Робот работал 8 часов, из которых 0.5 часа простаивал, а его теоретическая производительность – 100 деталей в час, фактически он сделал 720 деталей.
13. Спроектируйте упрощенную схему интеграции: как система управления роботом (PLC) может передавать данные о произведенных деталях в корпоративную MES-систему? Укажите возможные протоколы и форматы данных.

14. Что такое TCO (Total Cost of Ownership)? Перечислите основные статьи капитальных (CapEx) и операционных (OpEx) затрат для проекта внедрения системы машинного зрения.
15. Рассчитайте простой срок окупаемости (Payback Period). Проект внедрения системы мониторинга стоит 2.5 млн руб. и позволяет экономить 700 тыс. руб. в год за счет снижения простоев.
16. Какие нефункциональные требования (например, по производительности, надежности, безопасности) предъявляются к промышленной системе визуализации данных (дашборду)?
17. Назовите 3 основных типа рисков (технические, организационные, внешние) в проекте цифровизации и приведите по одному примеру для каждого.
18. Что должен содержать Устав проекта (Project Charter)? Перечислите 5-7 ключевых разделов.
19. Опишите структуру отчета об испытаниях (Test Report) для модуля сбора данных. Какие разделы обязательны?
20. Что такое ROI (Return on Investment) и как он рассчитывается? Дайте формулу и поясните, чем ROI отличается от срока окупаемости.
21. Практическое задание (кейс): Вам предоставлены данные о температуре двигателя робота за неделю. В среду произошел скачок температуры до аномального значения. Предложите алгоритм (последовательность действий) для анализа данных с целью выяснения: была ли это ошибка датчика, реальный перегрев или следствие изменения режима работы?
22. Практическое задание (схема): Изобразите схему (блок-схему) процесса обработки аварийного сигнала от робота: от получения сигнала датчика до создания заявки в системе обслуживания и уведомления инженера.
23. Практическое задание (расчет): Оцените требуемую пропускную способность сети. 50 датчиков отправляют пакет данных размером 512 байт каждый. Частота опроса – 10 раз в секунду. Какой минимальный канал (в Мбит/с) необходим?
24. Темы для мини-эссе / устного рассуждения:
    - «Почему проекты цифровизации часто не достигают заявленных экономических эффектов? Основные причины и пути их преодоления».
    - «Цифровой двойник: необходимое условие для “Умного завода” или дорогая “игрушка” для инженеров?».
25. Ситуационная задача: В ходе пилотного внедрения Digital Twin выяснилось, что его прогнозы расхода электроэнергии имеют погрешность 25%, а не

заявленные 5%. Каковы ваши первые действия как руководителя проекта? Опишите план из 3-4 шагов.

Дополнительная информация

Критерии балльной оценки различных форм текущего контроля успеваемости содержатся в соответствующих методических рекомендациях Кафедры бизнес-информатики.

Пример проектной работы по дисциплине:

- Тема: «Разработка проекта цифровизации и внедрения системы предиктивного обслуживания на участке роботизированной сварки предприятия «ФабрикаТочныхРешений».
- Тип работы: Групповой сквозной проект (рекомендуемый размер команды: 3-4 человека).
- Временные рамки: Выполняется в течение семестра, с промежуточными контрольными точками по модулям. Финальный результат защищается на зачетном занятии.
- Цель: Спроектировать и обосновать технико-экономическое решение по созданию системы мониторинга и прогнозной аналитики для промышленных роботов-сварщиков.

2. Исходные данные (Техническое Задание от Условного Заказчика)

Компания «ФабрикаТочныхРешений» (ФТР) имеет участок с 8 однотипными промышленными роботами-сварщиками (6-осевые манипуляторы). Проблемы:

1. Высокие незапланированные простои: Среднее время восстановления (MTTR) после отказа горелки или сервопривода составляет 4-6 часов.
2. Потери качества: Дефекты сварки обнаруживаются только на этапе контроля, что ведет к переделкам.
3. Ручной сбор данных: Операторы вручную фиксируют параметры в журналах, данные не анализируются.

Цель проекта от Заказчика: Создать систему, которая:

- В режиме реального времени собирает ключевые данные с роботов.
- За 30-50 рабочих часов прогнозирует вероятность отказа критических компонентов (горелка, редуктор оси).
- Визуализирует состояние парка оборудования и ключевые показатели (OEE, время простоя).

- Интегрируется с существующей корпоративной системой планирования (MES/ERP).

Ограничения: Бюджет на пилотную фазу (2 робота) не должен превышать 1.5 млн руб. Система должна соответствовать требованиям промышленной кибербезопасности.

3. Критерии оценки проекта

- Техническая обоснованность и инновационность (35%): Глубина проработки архитектуры, адекватность выбора технологий (DT, IIoT, ML), качество аналитического прототипа.
- Экономическая и управленческая состоятельность (30%): Качество Устава проекта, реалистичность финансовой модели, проработанность плана внедрения и анализа рисков.
- Практическая применимость и интеграция (20%): Учет требований кибербезопасности, продуманность интеграции с корпоративным контуром, удобство предложенного интерфейса.
- Качество презентации и защиты (15%): Логичность, ясность, убедительность финальной презентации, глубина ответов на вопросы.

---

4. Форма итогового отчета и защиты

1. Отчет: Единый электронный документ (PDF), содержащий все артефакты, созданные на каждом этапе, с пояснительными записками.
2. Защита: Публичная презентация (10 минут) перед комиссией, выступающей в роли Инвестиционного комитета завода «ФТР». После презентации — 5-7 минут ответов на вопросы по всем аспектам проекта (техническим, финансовым, организационным).

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения в процессе освоения образовательной программы содержится в разделе 2. *«Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине».*

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки индикаторов достижения компетенций, умений и знаний

Наименование компетенции	**Наименование индикаторов достижения компетенции**	**Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции**	**Типовые контрольные задания**
ПК-2. Способность разрабатывать проектные решения по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса	Владеет методологией разработки проектных решений по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса.	**Знать:** Методологию проектирования: Принципы, этапы и стандарты (ГОСТ, ISO) жизненного цикла проектирования робототехнических систем (РТС) для промышленности. Конструктивные схемы и элементы: Основные кинематические и конструк-	«Разработка программной архитектуры и алгоритмов управления для роботизированной ячейки сортировки» **1. Контекст и постановка задачи:** Предприятию требуется автоматизировать сортировку деталей, поступающих по конвейеру. Детали двух типов (А и Б) отличаются по цвету и геометрии. Необходимо спроектировать **программную архитектуру и написать ключевые модули** для системы управления, включающей: • Промышленный манипулятор (6 степеней свободы) с захватом. • Систему машинного зрения (камера над конвейером). • Управляющий ПЛК/промышленный компьютер. • Конвейер с датчиком присутствия детали.

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		тивные схемы промышленных манипуляторов, мобильных платформ, основы механики Архитектуру систем управления РТС, принципы обратной связи, основы теории автоматического управления, современные программные платформы **Уметь:** Анализировать и формализовать требования: Выделять технические, эксплуатационные и экономические требования к РТС из технического зада-	**2. Цель задания:** Продемонстрировать способность проектировать логику, архитектуру и реализовывать программное обеспечение для координации работы сложного робототехнического комплекса. **3. Конкретные задачи для студента:** **Этап 1: Разработка архитектуры и алгоритмов (Знать/Уметь)** 1. **Спроектировать высокоуровневую программную архитектуру.** Представить ее в виде блок-схемы или диаграммы компонентов (UML), отображающей взаимодействие между: ◦ Модулем управления роботом (Robot Controller) ◦ Модулем обработки изображений (Vision System) ◦ Модулем управления конвейером и датчиками (PLC/IO Manager) ◦ Основным координатором (Main Supervisor / State Machine) ◦ Пользовательским интерфейсом (HMI). 2. **Разработать диаграмму состояний (State Machine)** основного цикла работы ячейки. Состояния, например: `Ожидание`, `Деталь обнаружена`, `Запрос к системе зрения`, `Принятие решения`, `Захват детали`, `Сортировка (перенос в тару А/Б)`, `Сброс`, `Авария`. 3. **Разработать алгоритм** взаимодействия с системой зрения. Описать последовательность команд: инициализация камеры -> захват изображения -> обработка -> возврат результата (тип детали, координаты).

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		ния, проводить анализ аналогов. Разрабатывать алгоритмы и программы управления: Составлять алгоритмы функционирования РТС, программировать контроллеры на языках релейной логики (LD), структурного текста (ST) или высокоуровневых языках (Python, C++) в средах программирования Оценивать риски и планировать внедрение: Разрабатывать план испытаний, мероприятия по обеспечению безопасно-	**Этап 2: Программирование и моделирование (Владеть)** 4. **Реализовать ключевые модули в симулированной среде.** На выбор (в зависимости от оснащения): * **Вариант А (ROS):** Создать пакет ROS с нодами: `vision_node`, `plc_simulator_node`, `supervisor_node`. Написать код ноды `supervisor_node`, реализующей диаграмму состояний на Python/C++, публикующей цели для виртуального робота в RViz/Gazebo. * **Вариант В (Симуляторы/ПЛК):** Использовать среду имитации (например, CoppeliaSim, RoboDK) и язык программирования ПЛК. * Написать программу на языке ST (Structured Text) или LD (Ladder Diagram) для ПЛК, реализующую логику координатора и управление виртуальными входами/выходами (сигнал от датчика, запуск конвейера). * Создать скрипт на Python для имитации работы системы зрения: генерирует случайный тип детали и ее координаты по сигналу от ПЛК. 5. **Реализовать простейший пользовательский интерфейс (HMI).** Создать экран в любой среде (например, Tkinter (Python), Windows Forms, или имитация в SCADA) для отображения: * Текущего состояния системы. * Счетчиков деталей типа А и Б. * Кнопок `Старт`, `Стоп`, `Сброс`.

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		сти и составлять базовую эксплуатационную документацию.	
	Демонстрирует практические навыки создания робототехнических средств для промышленного комплекса и разработки проектных решений в области машиностроения.	**Знать:** современные методики проектирования и конструирования робототехнических средств, включая принципы выбора кинематических схем, приводов, датчиков и систем управления, а также требования нормативно-технической документации (ГОСТ, ISO) к промышленным роботам и роботизированным комплексам.	Спроектируйте систему навигации и предотвращения столкновений для мобильного робота (AGV), перемещающегося в узких проходах машиностроительного цеха с динамическими препятствиями. Выполните расчет логистических маршрутов и точек автоматической зарядки с обоснованием в составе проектной документации.

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		Уметь: выполнять инженерные расчеты (кинематические, динамические, прочностные), создавать 3D-модели и конструкторскую документацию в CAD-системах, обоснованно выбирать стандартные компоненты из каталогов, разрабатывать функциональные и структурные схемы, а также интегрировать разработанное робототехническое средство в существующую производственную инфраструктуру.	

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
ПК-3. Способность организовывать проектные работы по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса	1. Демонстрирует знания видов и техник организационных мероприятий для реализации проектных работ по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса.	**Знать:** Методологии и стандарты управления инженерными проектами. Инструменты сквозного цифрового проектирования и PLM: принципы управления жизненным циклом изделия (PLM), состав и функционал PLM-систем. Нормативно-правовую базу и безопасность: основы проектирования с учетом требований функциональной безопасности. Принципы организации командной работы и коммуникации: со-	**Формы контроля и оценочные средства (для демонстрации сформированности компетенции):** • **Комплексный групповой проект:** Разработка полного пакета проектной документации (Project Charter, План управления проектом, Архитектура Digital Twin, ТЭО) для создания роботизированного комплекса (например, "Организация проекта по созданию роботизированной линии аддитивного производства с интеграцией в корпоративную IIoT-платформу"). • **Кейс-стади (Case Study):** Анализ и аудит реального или смоделированного провального/успешного проекта в области промышленной робототехники. Выявление узких мест в организации работ, нарушений методологии и предложение корректирующего плана. • **Практическая работа (Workshop):** Моделирование процесса управления требованиями в специализированном ПО (например, IBM DOORS Next, Polarion) или разработка фрагмента сетевого графика с оптимизацией ресурсов.

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		временные инструменты коллаборации (Jira, Confluence, GitLab), основы кросс-функционального взаимодействия в инженерных проектах. **Уметь:** Формировать и контролировать требования: организовывать процесс сбора, анализа и формализации требований к РТС (бизнес-, пользовательские, системные, программные) с использованием диаграмм Use Case, требований в формате User Story.	

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		Организовывать процессы цифрового проектирования и интеграции: определять порядок взаимодействия команд (конструкторов, программистов, специалистов по данным) в PLM-среде; проектировать интерфейсы интеграции системы управления PTC с внешними системами. Анализировать проектные данные для принятия решений: использовать аналитические методы (Data Mining) и инструменты (Python,	

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		MATLAB, Power BI) для обработки данных с РТС с целью оптимизации параметров, предиктивного обслуживания и обоснования корректирующих действий в проекте. Готовить проектную документацию в соответствии со стандартами ЕСКД и ЕСПД.	
	Владеет способностью контролировать ход организации выполнения проектных работ по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса.	**Знать:** методы и инструменты контроля исполнения проектных работ (сетевые графики, диаграммы Ганта, методику освоенного объема, системы управления	Разработайте в среде ROS2/Gazebo алгоритм адаптивной сборки «вал-втулка» с использованием технического зрения и силового управления для промышленного манипулятора. Оформите фрагмент конструкторской документации на захватное устройство и схему роботизированной ячейки.

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		проектами), критерии оценки качества выполнения этапов, процедуры приемки промежуточных результатов, а также типовые риски и отклонения, возникающие при реализации проектов по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса. **Уметь:** осуществлять мониторинг соблюдения сроков, бюджета и качества выполнения проектных задач, выявлять отклонения от плана, инициировать корректирующие	

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		действия, проводить контрольные точки с оценкой готовности результатов, а также формировать отчетную документацию для руководства и заказчика о ходе организации выполнения проектных работ.	
	3. Проводит организационные мероприятия по созданию робототехнических средств для промышленного комплекса с учетом требований проектной документации.	**Знать:** организационно-распорядительные документы и процедуры, необходимые для реализации проектов по созданию робототехнических средств (приказы, распоряжения, технические задания, планы-графики, ре-	Составьте журнал рисков и протокол совещания для проекта интеграции пяти мобильных роботов в механический цех, где выявлены три отклонения (сбои навигации от помех, следы колес на полу и новое требование заказчика). Оформите план корректирующих действий с назначением ответственных, сроками и экономическим обоснованием принятия либо отклонения каждого изменения.

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		гламенты взаимодействия), а также требования проектной документации (ЕСКД, ЕСПД, стандарты предприятия) к составу, содержанию и срокам выполнения организационных мероприятий. **Уметь:** разрабатывать и согласовывать план организационных мероприятий на всех этапах жизненного цикла проекта, распределять зоны ответственности между участниками, организовывать совещания, контрольные	

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		сборки и испытания, обеспечивать своевременное доведение требований проектной документации до исполнителей, а также координировать работу конструкторских, технологических и производственных подразделений при создании робототехнических средств.	
ПК-4. Способность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и	1. Демонстрирует знания методологии теоретических и экспериментальных исследований робототехнических устройств.	**Знать:** Инструменты цифрового моделирования и анализа: принципы верификации и валидации имитационных моделей. Основы матема-	«Анализ точности позиционирования промышленного манипулятора». **Формулировка:** Вам предоставлены экспериментальные данные (файл .csv) о 100 циклах позиционирования манипулятора в целевую точку. Данные содержат фактические координаты X, Y, Z, полученные с системы внешнего высокоточного измерения. 1. **Обработайте данные:** Рассчитайте вектор ошибки для каждого цикла. Вычислите среднее значение ошибки (систематическая погрешность) и среднеквад-

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
экспериментальных исследований и давать рекомендации по совершенствованию робототехнических устройств		тической статистики и планирования эксперимента: методы обработки экспериментальных данных Методы интеллектуального анализа данных (Data Mining) для инженерии: базовые алгоритмы выявления закономерностей в телеметрических данных РТС (кластеризация, анализ временных рядов, предиктивное моделирование). Показатели эффективности и надежности РТС: ключевые метрики для оценки техниче-	ратическое отклонение (случайная погрешность, повторяемость) по каждой оси. 2. **Проведите статистический анализ:** С помощью t-критерия проверьте гипотезу о равенстве нулю систематической погрешности по оси X. Постройте гистограмму распределения ошибок и проверьте ее на соответствие нормальному распределению (качественно или с использованием критерия Шапиро-Уилка). 3. **Сформулируйте выводы и рекомендации:** Сделайте вывод о точности и повторяемости системы. Если обнаружена значимая систематическая погрешность, предложите возможную причину и рекомендацию по ее устранению (например, калибровка кинематической модели). **Критерии оценки:** • **Пороговый уровень:** Выполнен верный расчет базовых статистик (среднее, СКО). Сформулирован общий вывод о точности. • **Базовый уровень:** Выполнен корректный статистический тест. Построены наглядные графики. Выводы детализированы по осям. Предложена логичная, но общая рекомендация. • **Продвинутый уровень:** Проведен многомерный анализ (например, корреляция ошибок между осями). Проанализированы возможные источники неопределенности измерений. Рекомендации конкретны и предполагают инженерное действие

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		ского уровня робототехнических устройств (производительность, точность, энергоэффективность, коэффициент готовности, MTBF). **Уметь:** Формулировать цели и задачи исследования: на основе анализа проблемной области и системных требований определять предмет исследования, ставить измеримые цели и формулировать проверяемые гипотезы. Разрабатывать программу и ме-	

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		тодику эксперимента: планировать эксперимент (выбор факторов, уровней варьирования, плана эксперимента), подбирать средства измерений и систему сбора данных, разрабатывать сценарии испытаний для проверки гипотез. Обрабатывать и анализировать данные: проводить статистическую обработку результатов измерений (расчет доверительных интервалов, проверка гипотез), визуализировать данные для выявле-	

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		ния закономерностей (графики, диаграммы рассеяния, тепловые карты).	
	Проводит теоретические и экспериментальные исследования в области машиностроения и дает научно-обоснованные выводы по совершенствованию робототехнических устройств.	**Знать:** методологию планирования и проведения теоретических и экспериментальных исследований в области машиностроения и робототехники, включая методы математического моделирования, теорию планирования эксперимента (факторный анализ, методы Тагути, полный факторный эксперимент), алгоритмы обработки ре-	Разработайте план-график выполнения ОКР по созданию схвата для коллаборативного робота, включая WBS, диаграмму Ганта и назначение ответственных исполнителей. Смоделируйте ситуацию задержки поставки комплектующих на 2 недели и представьте управленческое решение по перераспределению ресурсов и корректировке критического пути без срыва итогового срока сдачи.

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		зультатов измерений (статистические критерии, регрессионный и корреляционный анализ), а также требования к оформлению научных выводов и рекомендаций. **Уметь:** самостоятельно формулировать цели, задачи и гипотезы исследования, разрабатывать программу и методику проведения экспериментов, осуществлять сбор, статистическую обработку и интерпретацию экспериментальных данных, выполнять вери-	

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		фикацию и валидацию математических моделей, а также формулировать научно-обоснованные выводы и практические рекомендации по совершенствованию конструкции, алгоритмов управления и эксплуатационных параметров робототехнических устройств.	

Примеры практико-ориентированных заданий

Разработка технического задания (ТЗ) на систему предиктивной аналитики для робота-сварщика

- Контекст: Технический директор завода сформулировал потребность: «Хочу получать уведомление за 40-50 рабочих часов до вероятного отказа горелки робота-сварщика, чтобы планировать ее замену в плановое ТО».
- Задание:
    1. На основе сформулированной бизнес-потребности разработайте детализированное Техническое задание (ТЗ) на проектирование модуля предиктивной аналитики. ТЗ должно включать:
        - Раздел «Цели и назначение системы».
        - Раздел «Функциональные требования» (Что система должна ДЕЛАТЬ? Например: сбор данных с указанных датчиков, расчет признаков износа, генерация алертов с вероятностью отказа, интеграция с системой диспетчеризации).
        - Раздел «Требования к данным» (Какие данные, с какой частотой, точностью, откуда? Например: ток дуги, напряжение, сопротивление контура, вибрация горелки с частотой 1 кГц).
        - Раздел «Нефункциональные требования» (Точность прогноза (не ниже 85%), время отклика системы, uptime 99.5%, требования к кибербезопасности).
        - Раздел «Критерии приемки и методики испытаний» (Как будем проверять, что система работает? Например: проверка на исторических данных с известными отказами, 2-недельный пилот на 3-х роботах).
    2. Создайте простейший прототип аналитического пайплайна в Jupyter Notebook (Python): загрузите предоставленный набор смоделированных данных, проведите feature engineering (рассчитайте скользящее среднее, стандартное отклонение тока), обучите простую модель бинарной классификации (логистическая регрессия) для предсказания метки «близкий к отказу» и оцените ее accuracy.
- Результат: Документ «ТЗ» и ноутбук с кодом и комментариями. Задание проверяет умение переводить бизнес-язык в инженерные требования и выполнять первичную аналитическую работу.

Моделирование процесса и расчет экономики для проекта внедрения мобильных роботов-перевозчиков (AMR)

- Контекст: На складе комплектующих крупного сборочного цеха 10 рабочих-кладовщиков осуществляют разноску деталей по маршрутам с помощью тележек. Есть задача автоматизировать 70% этого грузопотока.
- Задание:
    1. Процессное моделирование: Создайте упрощенную модель текущего («как есть») и будущего («как будет») процесса логистики на складе с использованием нотации BPMN или простых блок-схем. Включите в модель роли, операции, потоки материалов и данных.
    2. Технико-экономическое обоснование (ТЭО): На основе модели и предоставленных исходных данных (зарплата кладовщика, стоимость AMR, стоимость инфраструктуры – навигационные метки, станции зарядки, ПО) рассчитайте:
        - Капитальные затраты (CapEx) на закупку и внедрение парка из 5 AMR.
        - Операционные затраты (OpEx) новой системы (обслуживание, энергия, лицензии ПО).
        - Годовую экономию за счет сокращения фонда оплаты труда.
        - Ключевые финансовые показатели: простой срок окупаемости, NPV (при заданной ставке дисконтирования).
    3. Анализ рисков: Составьте таблицу из 5 ключевых рисков проекта (например, сопротивление персонала, низкая надежность навигации в «узких» местах, кибератака) с оценкой вероятности, воздействия и планом мероприятий по их смягчению.
- Результат: Пакет документов: 1) Диаграмма процессов, 2) Финансовая модель в Excel с расчетами, 3) Одностраничный меморандум для руководства с ключевыми выводами: «окупаемость – 2.3 года, NPV – положительный, основные риски – организационные».

Примеры вопросов для подготовки к промежуточной аттестации

Примерные вопросы к экзамену

1. Дайте определение и сравните каскадную (Waterfall/V-модель) и гибкую (Agile) методологии управления проектами. Назовите основные сферы их целесообразного применения в инженерных проектах.
2. Раскройте содержание основных этапов процесса управления рисками проекта (идентификация, анализ, планирование реагирования, мониторинг). Приведите

пример двух типов рисков в проекте цифровизации производства.

3. Что такое стейкхолдеры проекта? Опишите методику их анализа и классификации (например, матрица «Влияние/Интерес»). Как результаты этого анализа влияют на план коммуникаций?
4. Перечислите и охарактеризуйте ключевые документы стадии инициации и планирования проекта (на примере Устава проекта и Плана управления проектом). Какова их роль и взаимосвязь?
5. Дайте определение цифрового двойника (Digital Twin). Опишите его основные компоненты: физический объект, виртуальная модель, данные, соединительная инфраструктура.
6. Объясните разницу между понятиями: Цифровая модель (Digital Model), Цифровая тень (Digital Shadow) и Цифровой двойник (Digital Twin). Как они соотносятся с уровнями зрелости DT?
7. Опишите архитектурную роль и сравните принципы работы промышленных коммуникационных протоколов OPC UA и MQTT. В каких типовых сценариях интеграции предпочтителен каждый из них?
8. Что такое Time-Series Database (TSDB) и чем она принципиально отличается от реляционной СУБД? Почему TSDB является предпочтительным решением для хранения данных с промышленных сенсоров?
9. Дайте определение Edge-вычислений (Edge Computing) в контексте Industrial IoT. Каковы их основные преимущества (задержка, нагрузка на сеть, безопасность) по сравнению с облачной архитектурой?
10. Раскройте суть концепции «конвергенция IT/OT». Каковы основные технологические и организационные барьеры на пути этой конвергенции на промышленном предприятии?
11. Опишите назначение и основные функции MES-систем (Manufacturing Execution System). Какую роль MES играет в обмене данными между уровнем управления оборудованием (АСУТП) и уровнем бизнес-планирования (ERP)?
12. Что понимается под «нефункциональными требованиями» (Non-Functional Requirements, NFR) к программно-аппаратному комплексу? Приведите 3-4 примера NFR для системы промышленной визуализации данных (SCADA/ дашборд).
13. Дайте определение и объясните методику расчёта ключевого показателя эффективности оборудования OEE (Overall Equipment Effectiveness). Из каких трёх составляющих он складывается?
14. Раскройте экономическую сущность показателей TCO (Total Cost of Ownership) и ROI (Return on Investment). Какие виды затрат и выгод учитываются при их расчёте для проекта цифровизации?

15. Объясните разницу между верификацией и валидацией (Verification & Validation, V&V) в контексте приемочных испытаний созданной системы. Какой вопрос отвечает каждому из этих процессов?
16. Что такое «функциональная безопасность» (Functional Safety) в соответствии со стандартами (например, IEC 61508, ISO 13849)? Как её требования влияют на проектирование робототехнических систем?
17. Перечислите и кратко охарактеризуйте основные принципы и меры кибербезопасности промышленных систем управления (Industrial Control Systems Security), изложенные в стандарте IEC 62443.
18. Опишите структуру и назначение Жизненного цикла системы в соответствии со стандартом ISO/IEC/IEEE 15288. Назовите ключевые процессы, относящиеся к стадиям разработки и эксплуатации.
19. Что понимается под Technical Debt («технический долг») в программных и системных проектах? Каковы его основные причины и потенциальные последствия для долгосрочной эксплуатации системы цифровизации?
20. Раскройте содержание и цели этапа «Ввод в эксплуатацию и закрытие проекта». Какие ключевые документы и действия обеспечивают формальное завершение проекта и передачу системы заказчику?

Пример экзаменационного билета:

1. Перечислите 5 функций менеджмента, сформулированных А. Файолем. Раскройте специфику реализации функций планирования и организации на стратегическом, операционном и проектном уровнях бизнеса (20 баллов).

2. Какие шаблоны визуализации и описания могут быть эффективно применены в процессах инициации и планирования проекта? Какие задачи решаются с помощью этих инструментов? (20 баллов).

3. Определите контекст функционирования ИТ-системы обучения персонала, внедряемой на крупном промышленном предприятии, используя диаграмму IDEF0 (20 баллов).

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Кашкин, С.Ю. Искусственный интеллект и робототехника: компаративистское исследование моделей правового регулирования в современных государствах международных организациях и интеграционных объединениях : Монография / С.Ю. Кашкин, А.В. Алтухов, А.А. Андрейчук [и др.]; под. ред. С.Ю. Кашкин Электрон. дан. Москва : Русайнс, 2022 222 с. Режим доступа: book.ru Internet access https://book.ru/book/943980 ISBN 978-5-4365-8843-8. [БИК ID: RU\bookru\bibl\943980]

Дополнительная литература:

1. Кельдышев, Д. А. Робототехника в инженерных и физических проектах [Электронный ресурс] : учебное пособие (электронное издание) / Кельдышев Д. А.,Иванов Ю. В.,Саранин В. А. Глазов : ГИПУ им. В.Г. Короленко, 2018 84 с. Книга из коллекции ГИПУ им. В.Г. Короленко - Образовательная робототехника https://e.lanbook.com/book/115081 ISBN 978-5-600-02316-1. [БИК ID: RU-LAN-BOOK-115081]
2. Лукин, П. А. Робототехника и искусственный интеллект [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Лукин П. А.,Машуков Я. М.,Романов Д. В.,Тимофеев В. В. ; Лукин П. А., Машуков Я. М., Тимофеев В. В. Санкт-Петербург : Лань, 2025 128 с. Книга из коллекции Лань - Психология. Педагогика https://e.lanbook.com/book/482993 ISBN 978-5-507-52239-2. [БИК ID: RU-LAN-BOOK-482993]

Нормативные правовые акты:

Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных».

Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании»

Стандарт ГОСТ Р 60.0.0.4-2019 / ISO 15288:2015 «Инженерные системы. Процессы жизненного цикла систем».

Серия международных стандартов **IEC 62443 «Сети промышленной коммуникации. Безопасность сетей и систем»**

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. https://www.planetaexcel.ru/
2. Электронная библиотека Финансового университета (ЭБ) http://elib.fa.ru/ (http://library.fa.ru/files/elibfa.pdf)
3. Электронно-библиотечная система BOOK.RU http://www.book.ru
4. Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека ОНЛАЙН" http://biblioclub.ru/
5. Информационно-образовательный портал Финуниверситета: https://org.fa.ru
6. Научная электронная библиотека eLibrary.ru http://elibrary.ru
7. Образовательная платформа "ЮРАЙТ" https://urait.ru/
8. • Электронно-библиотечная система Znanium http://www.znanium.ru/
9. • Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ» https://urait.ru/

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Студентам необходимо руководствоваться «Методическими рекомендациями по планированию и организации внеаудиторной самостоятельной работы по образовательным программам бакалавриата и магистратуры в Финансовом университете» (Приказ ректора № 1040_о от 11.05.2021) и данной рабочей программой дисциплины.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем

Комплект лицензионного программного обеспечения:

1. Python 3.8
2. Jupyter Notebook (Windows 10)
3. Camtasia
4. Jalinga Studio
5. Astra Linux
6. Libre Office
7. Kaspersky

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Информационно-правовая система «Гарант»
2. Информационно-правовая система «Консультант Плюс»
3. Язык программирования Python 3. https://pythonworld.ru/

Сертифицированные программные и аппаратные средства защиты информации

1. не предусмотрены

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. **Учебная аудитория** для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, в том числе групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения: мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), набор демонстрационного оборудования (проектор, экран)
2. **Помещение для самостоятельной работы** обучающихся оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде Университета.
3. **Компьютерный класс** для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, в том числе групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенный

оборудованием и техническими средствами обучения: мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), персональные компьютеры, набор демонстрационного оборудования (проектор, экран)

4. **Лаборатория** для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, в том числе групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения: мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), лабораторное оборудование, расходные материалы, набор демонстрационного оборудования (проектор, экран)