

Документ подписан простой электронной подписью
 Информация о владельце:
 ФИО: Стрельникова Светлана Евгеньевна
 Должность: ректор
 Дата подписания: 28.09.2026 17:22:21
 Уникальный программный ключ:
 ed7e7ef871ef28d870011250a92f17921078cc18

**Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования
 «Контур Университет»**



УТВЕРЖДАЮ

Ректор

С.Е. Стрельникова

15.09.2026 г.

**Технологии цифровых двойников
 и симуляции сложных систем
 рабочая программа дисциплины (модуля)**

Учебный план 09.03.03_ИИС_2026.plx
 09.03.03 Прикладная информатика

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **1 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 36

в том числе:

аудиторные занятия 16

самостоятельная работа 18

часов на контроль 2

Виды контроля в семестрах:
 зачеты 5

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
Неделя	17	3/6		
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Практические	16	16	16	16
Итого ауд.	16	16	16	16
Контактная работа	16	16	16	16
Сам. работа	18	18	18	18
Часы на контроль	2	2	2	2
Итого	36	36	36	36

Рабочая программа дисциплины

Технологии цифровых двойников и симуляции сложных систем

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки
09.03.03 Прикладная информатика (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 922)

составлена на основании учебного плана:

09.03.03 Прикладная информатика

Одобрена Ученым советом вуза

Протокол от 15.09.2026 № 05.

Одобрена учебно-методической комиссией

Протокол от 10.09.2026 г. № 01

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Цель освоения дисциплины:
1.2	Формирование у обучающихся системы знаний о методологии, архитектуре и технологиях создания цифровых двойников сложных систем, а также развитие практических навыков построения имитационных моделей, интеграции данных с физическими объектами и проведения симуляционных экспериментов для прогнозирования поведения, оптимизации и управления сложными системами в профессиональной деятельности.
1.3	Задачи изучения дисциплины:
1.4	Ознакомить с концепцией, классификацией и архитектурой цифровых двойников, их отличием от цифровых моделей и цифровых теней;
1.5	Изучить современные платформы и среды моделирования цифровых двойников (AnyLogic, MATLAB/Simulink, Ansys Twin Builder, Siemens NX/Tecnomatix, PTC ThingWorx);
1.6	Освоить методы сбора, интеграции и обработки данных с физических объектов в цифровые модели, включая работу с IoT-платформами и протоколами передачи данных (OPC UA, MQTT);
1.7	Сформировать навыки построения имитационных моделей сложных систем с использованием методов системной динамики, дискретно-событийного и агентного моделирования;
1.8	Развить умения проводить симуляционные эксперименты, анализировать результаты, оценивать адекватность моделей и формулировать выводы для оптимизации и принятия решений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	ФТД
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Теория вероятности и математическая статистика
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Производственная практика (эксплуатационная)

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ
ПК-3: Способен управлять процессами создания и использования продуктов и услуг в сфере информационно-коммуникационных технологий, в том числе разрабатывать алгоритмы и программы для их практической реализации
ПК-3.5: Организует развёртывание, мониторинг и сопровождение ИТ-продукта на этапе эксплуатации, обрабатывает инциденты и принимает решения о его развитии
Знать: современные языки программирования, используемые для разработки мобильных приложений (Java, Kotlin, Swift); принципы построения качественного кода (чистота кода, паттерны проектирования, рефакторинг); структуру и компоненты мобильных приложений (Activity, Fragment, Service, Intent). Уметь: разрабатывать программные модули для мобильных платформ в соответствии с техническим заданием; применять принципы объектно-ориентированного программирования при создании мобильных приложений; осуществлять рефакторинг и оптимизацию программного кода. Владеть: навыками разработки рабочих прототипов мобильных приложений; методами отладки и тестирования программных модулей; инструментальными средствами разработки мобильных приложений (Android Studio, Xcode).
ПК-6: Способен самостоятельно и в составе коллектива выполнять полный цикл постановки и решения отдельных прикладных информационных задач в рамках научно-исследовательской, проектной и учебно-профессиональной деятельности для поиска, выработки и применения новых решений в области ИКТ
ПК-6.5: Разрабатывает план верификации предлагаемого решения на основе критериев успеха и метрик оценки, проводит апробацию (прототипирование, пилотное внедрение, А/В-тестирование), интерпретирует полученные результаты и оценивает эффективность решения по заданным метрикам
Знать: методы верификации и валидации программного обеспечения; критерии оценки качества мобильных приложений (производительность, удобство использования, безопасность); подходы к проведению А/В-тестирования и сбору пользовательских метрик. Уметь: разрабатывать план тестирования мобильного приложения; проводить прототипирование и пилотное внедрение мобильных решений; интерпретировать результаты тестирования и оценивать эффективность разработанного решения по заданным метрикам. Владеть: навыками Unit-тестирования и UI-тестирования мобильных приложений; методами анализа пользовательского опыта (UX) и сбора обратной связи;

инструментами профилирования и оптимизации производительности мобильных приложений.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Примечание
	Раздел 1.			
1.1	Введение в цифровые двойники: концепция, классификация и архитектура /Пр/	5	1	
1.2	Введение в цифровые двойники: концепция, классификация и архитектура /Ср/	5	1	
1.3	Платформы и среды моделирования цифровых двойников (AnyLogic, MATLAB/Simulink, Ansys Twin Builder) /Пр/	5	1	
1.4	Платформы и среды моделирования цифровых двойников (AnyLogic, MATLAB/Simulink, Ansys Twin Builder) /Ср/	5	1	
1.5	Методология системной динамики: потоки, накопители и обратные связи /Пр/	5	1	
1.6	Методология системной динамики: потоки, накопители и обратные связи /Ср/	5	1	
1.7	Дискретно-событийное моделирование сложных систем /Пр/	5	1	
1.8	Дискретно-событийное моделирование сложных систем /Ср/	5	2	
1.9	Агентное моделирование: поведение, взаимодействие и самоорганизация /Пр/	5	2	
1.10	Агентное моделирование: поведение, взаимодействие и самоорганизация /Ср/	5	2	
1.11	Мультиподходное моделирование в среде AnyLogic /Пр/	5	2	
1.12	Мультиподходное моделирование в среде AnyLogic /Ср/	5	2	
1.13	Сбор и интеграция данных с физических объектов. Протоколы передачи данных (OPC UA, MQTT) /Пр/	5	2	
1.14	Сбор и интеграция данных с физических объектов. Протоколы передачи данных (OPC UA, MQTT) /Ср/	5	2	
1.15	Разработка и верификация имитационных моделей. Оценка адекватности и калибровка /Пр/	5	2	
1.16	Разработка и верификация имитационных моделей. Оценка адекватности и калибровка /Ср/	5	2	
1.17	Планирование симуляционных экспериментов. Анализ чувствительности и оптимизация параметров /Пр/	5	2	
1.18	Планирование симуляционных экспериментов. Анализ чувствительности и оптимизация параметров /Ср/	5	2	
1.19	Применение цифровых двойников для оптимизации и принятия решений в промышленности, логистике и энергетике /Пр/	5	2	
1.20	Применение цифровых двойников для оптимизации и принятия решений в промышленности, логистике и энергетике /Ср/	5	3	
1.21	/Зачёт/	5	2	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

Темы для обсуждения на практических занятиях:

Задание № 1 «Сравнительный анализ концепций цифровых двойников» (к теме 1.1)

Тема: Введение в цифровые двойники: концепция, классификация и архитектура.

Цель: сформировать навыки различения цифровых двойников, цифровых моделей и цифровых теней, а также классификации цифровых двойников по уровню сложности.

Условие: На производственном предприятии внедряется система управления оборудованием. Используются три типа виртуальных представлений: статическая 3D-модель станка для обучения операторов; виртуальная копия, получающая данные о температуре и вибрации в реальном времени с датчиков, но без прогнозных функций; и полноценная модель,

которая на основе полученных данных прогнозирует износ и рекомендует обслуживание.

Задания для студентов:

1. Определите, какой из трёх типов является цифровой тенью, цифровой моделью и цифровым двойником. Обоснуйте ответ.
2. Классифицируйте цифровой двойник по уровню зрелости (от «цифровой модели» до «интеллектуального двойника») . Какие функции необходимо добавить, чтобы перейти на следующий уровень?

3. Опишите архитектуру полноценного цифрового двойника: какие компоненты (физический объект, виртуальная модель, каналы передачи данных, аналитические сервисы) должны быть реализованы?

Форма отчётности: Аналитическая записка с классификацией и схемой архитектуры.

Задание № 2 «Обзор и выбор платформы моделирования» (к теме 1.2)

Тема: Платформы и среды моделирования цифровых двойников (AnyLogic, MATLAB/Simulink, Ansys Twin Builder).

Цель: сформировать навыки сравнительного анализа платформ для моделирования и выбора инструмента под конкретную задачу.

Условие: Компания планирует внедрить цифровой двойник производственной линии для оптимизации загрузки оборудования. Требуется смоделировать потоки заявок, загрузку станков и очереди. В перспективе планируется интеграция с реальными данными с датчиков через OPC UA .

Задания для студентов:

1. Проведите сравнительный анализ AnyLogic, MATLAB/Simulink и Ansys Twin Builder по критериям: тип моделирования (дискретно-событийное, системная динамика, агентное), возможность интеграции с реальными данными, стоимость, сложность освоения .

2. Определите, какая платформа наиболее подходит для данной задачи. Аргументируйте выбор.

3. Опишите функциональные возможности выбранной платформы, которые будут использованы для построения модели производственной линии.

Форма отчётности: Сравнительная таблица и обоснование выбора платформы.

Задание № 3 «Построение модели системной динамики» (к теме 1.3)

Тема: Методология системной динамики: потоки, накопители и обратные связи.

Цель: сформировать навыки построения моделей системной динамики с использованием накопителей, потоков и обратных связей .

Условие: Компания выпускает новый продукт на рынок. Необходимо смоделировать процесс распространения продукта среди потребителей с учётом влияния рекламы и «сарафанного радио». Модель основана на классической диффузии инноваций по Бассу .

Задания для студентов (работа в AnyLogic или другой среде системной динамики):

1. Создайте модель системной динамики с накопителями «Потенциальные потребители», «Потребители». Определите потоки: «Приобретение под влиянием рекламы» и «Приобретение под влиянием общения» .

2. Задайте параметры модели: общая численность населения, эффективность рекламы, доля приобретений под влиянием общения.

3. Создайте усиливающий и компенсирующий циклы обратной связи. Определите их полярность .

4. Проведите симуляцию и проанализируйте, как меняется число потребителей во времени. Постройте графики динамики накопителей.

5. Сравните поведение модели при различных значениях эффективности рекламы.

Форма отчётности: Модель в AnyLogic (или скриншоты диаграммы), графики динамики, выводы о влиянии параметров.

Задание № 4 «Дискретно-событийное моделирование бизнес-процесса» (к теме 1.4)

Тема: Дискретно-событийное моделирование сложных систем.

Цель: сформировать навыки построения дискретно-событийных моделей для анализа производительности систем и оптимизации процессов .

Условие: Компания АО «Промис» обрабатывает заявки на доработку информационной системы. Заявки поступают в случайные моменты времени, проходят первичную обработку, затем распределяются по классам сложности и выполняются сотрудниками. Требуется проанализировать загрузку сотрудников и среднее время выполнения заявок .

Задания для студентов (работа в AnyLogic или GPSS):

1. Постройте дискретно-событийную модель процесса обработки заявок с использованием элементов: Source (источник заявок), Queue (очередь), Service (обработка), Sink (выход) .

2. Задайте случайные интервалы поступления заявок и время обработки (экспоненциальное распределение). Разделите заявки на три класса сложности с разным временем обработки.

3. Проведите симуляцию и соберите статистику: средняя длина очереди, среднее время ожидания, загрузка сотрудников.

4. Сравните показатели для «текущей» модели (As-Is) и «целевой» модели (To-Be) с дополнительным сотрудником .

Форма отчётности: Модель в AnyLogic, статистика работы системы, анализ изменений и выводы по оптимизации.

Задание № 5 «Агентное моделирование распространения эпидемии» (к теме 1.5)

Тема: Агентное моделирование: поведение, взаимодействие и самоорганизация.

Цель: сформировать навыки построения агентных моделей с взаимодействием агентов, изменением состояний и анализом популяционной динамики .

Условие: Требуется смоделировать распространение эпидемии в замкнутой популяции. Агенты (люди) могут находиться в состояниях: здоровый, инфицированный, выздоровевший. Инфекция передаётся при контакте здоровых с инфицированными .

Задания для студентов (работа в AnyLogic):

1. Создайте популяцию агентов (например, 500 человек) с начальным распределением: один инфицированный, остальные здоровые .

2. Задайте для агентов состояния и переходы (здоров → инфицирован → выздоровев). Определите параметры:

интенсивность контактов, длительность болезни, вероятность заражения при контакте .

3. Настройте взаимодействие агентов: при встрече здорового с инфицированным с заданной вероятностью происходит заражение.

4. Проведите симуляцию и постройте графики числа инфицированных, здоровых и выздоровевших во времени.

5. Исследуйте влияние изменения интенсивности контактов на динамику эпидемии. Сравните сценарии .

Форма отчётности: Модель в AnyLogic, графики динамики, анализ влияния параметров на распространение эпидемии.

Задание № 6 «Мультиподходное моделирование в AnyLogic» (к теме 1.6)

Тема: Мультиподходное моделирование в среде AnyLogic.

Цель: сформировать навыки комбинирования системной динамики, дискретно-событийного и агентного моделирования в одной модели для решения комплексных задач.

Условие: Исследуется рынок продукта. Динамика спроса описывается с помощью системной динамики (изменение числа потребителей). Производство и отгрузка продукта моделируются дискретно-событийным подходом (обработка заказов, очередь). При этом каждый потребитель — это агент с индивидуальным поведением (реакция на рекламу, решение о покупке).

Задания для студентов (работа в AnyLogic):

1. Разработайте гибридную модель, объединяющую три парадигмы моделирования в AnyLogic: системную динамику, дискретно-событийное моделирование и агентное моделирование.
2. Реализуйте взаимодействие между компонентами модели: изменение спроса (системная динамика) влияет на поток заказов (дискретно-событийное), а поведение агентов (потребителей) влияет на системную динамику.
3. Проведите симуляцию и визуализируйте результаты работы всех трёх компонентов.
4. Опишите, какие задачи решаются с помощью каждого подхода и как они интегрированы в единую модель.

Форма отчётности: Модель в AnyLogic, описание архитектуры и взаимодействия компонентов.

Задание № 7 «Интеграция IoT-данных в цифровой двойник» (к теме 1.7)

Тема: Сбор и интеграция данных с физических объектов. Протоколы передачи данных (OPC UA, MQTT).

Цель: сформировать навыки эмуляции сбора данных с датчиков и интеграции их в модель цифрового двойника через промышленные протоколы .

Условие: На производственном оборудовании установлены датчики температуры и вибрации. Данные передаются по протоколу OPC UA. Требуется эмулировать получение этих данных и использовать их для калибровки модели цифрового двойника и прогнозирования состояния оборудования .

Задания для студентов:

1. Изучите архитектуру OPC UA. Опишите, как организована передача данных от датчиков к модели цифрового двойника.
2. С помощью эмуляции (или в среде моделирования) создайте источник данных: генерацию случайных значений температуры и вибрации с периодичностью 1 секунда.
3. Настройте приём данных в модели AnyLogic или MATLAB/Simulink.
4. Проведите имитационную интеграцию: при изменении данных (например, превышение температуры) запускается сценарий прогнозирования в цифровом двойнике.
5. Опишите, как можно использовать собранные данные для предиктивного обслуживания оборудования .

Форма отчётности: Описание архитектуры интеграции, схема передачи данных, сценарий использования данных для прогнозирования.

Задание № 8 «Верификация и калибровка имитационной модели» (к теме 1.8)

Тема: Разработка и верификация имитационных моделей. Оценка адекватности и калибровка.

Цель: сформировать навыки верификации моделей, проверки адекватности и калибровки на реальных данных .

Условие: Создана модель производственного процесса. Известны реальные данные: среднее время обработки детали на станке (фактическое — 12 минут, модельное — 10 минут). Также известны средняя длина очереди (фактическая — 7 заявок, модельная — 5 заявок) .

Задания для студентов:

1. Разработайте план верификации модели: какие проверки необходимо выполнить, чтобы убедиться в корректности логики модели (проверка на граничных условиях, экспертные оценки).
2. Проведите валидацию модели: сравните выходные данные модели с реальными данными. Определите, какие параметры модели следует откалибровать для устранения расхождения.
3. Выполните калибровку модели: измените параметры распределений времени обработки так, чтобы среднее время обработки стало 12 минут.
4. Проверьте, изменилось ли после калибровки среднее время ожидания в очереди и приблизилось ли к фактическому значению (7 заявок). Сделайте выводы об адекватности модели.

Форма отчётности: Отчёт о верификации и калибровке с описанием выполненных проверок и результатов настройки параметров.

Задание № 9 «Планирование симуляционного эксперимента и анализ чувствительности» (к теме 1.9)

Тема: Планирование симуляционных экспериментов. Анализ чувствительности и оптимизация параметров.

Цель: сформировать навыки планирования экспериментов, анализа чувствительности и оптимизации параметров модели для повышения эффективности системы .

Условие: Имеется модель производственной линии. Требуется определить, как изменение числа сотрудников и скорости обработки заявок влияет на среднюю длину очереди и загрузку оборудования. Также необходимо найти оптимальные параметры для минимизации очереди при заданной загрузке сотрудников .

Задания для студентов (работа в AnyLogic):

1. Разработайте план эксперимента: определите факторы (число сотрудников — от 2 до 5, скорость обработки — параметр распределения), выходные переменные (средняя длина очереди, загрузка оборудования).
2. Проведите эксперимент «Анализ чувствительности»: поочередно изменяйте каждый фактор и фиксируйте

изменение выходных переменных.

3. Определите, какой фактор оказывает наибольшее влияние на длину очереди.

4. Проведите оптимизационный эксперимент: с помощью встроенного инструмента AnyLogic «Оптимизация» найдите комбинацию параметров, при которой достигается минимальная длина очереди при ограничении по загрузке сотрудников.

5. Опишите результаты и дайте рекомендации по управлению производственной линией.

Форма отчётности: Отчёт с результатами экспериментов, анализом чувствительности, рекомендациями по оптимизации.

Задание № 10 «Применение цифровых двойников в промышленности» (к теме 1.10)

Тема: Применение цифровых двойников для оптимизации и принятия решений в промышленности, логистике и энергетике.

Цель: сформировать навыки разработки сценариев применения цифрового двойника для принятия управленческих решений и оценки рисков.

Условие: На промышленном предприятии внедряется цифровой двойник производственной линии. Имитационная модель показывает, что внедрение нового станка увеличит производительность на 15%. Руководство планирует инвестировать в новое оборудование, но необходимо оценить риски, из-за которых реальный результат может отличаться от прогноза.

Задания для студентов:

1. Опишите, как можно использовать цифровой двойник для тестирования новой системы управления станком до её установки в цех (принцип Hardware-in-the-Loop).

2. Назовите 3–5 рисков, из-за которых реальный результат внедрения нового станка может отличаться от прогноза модели (например, время на обучение персонала, повышенный износ соседнего оборудования, качество сырья).

3. Разработайте план верификации предлагаемого решения на основе критериев успеха и метрик оценки. Предложите показатели для оценки эффективности инвестиций (например, ROI, срок окупаемости).

4. Разработайте сценарий использования цифрового двойника для принятия решения: как модель поможет провести А/В-тестирование и интерпретировать результаты.

Форма отчётности: Аналитическая записка с описанием сценария использования цифрового двойника, оценкой рисков и планом верификации решения.

Контрольные вопросы для зачета

1. Понятие цифрового двойника. Отличие цифрового двойника от цифровой модели и цифровой тени.

2. Классификация цифровых двойников по уровню сложности и применяемым технологиям.

3. Архитектура цифрового двойника: физический объект, виртуальная модель, каналы передачи данных, аналитические сервисы.

4. Платформы для создания цифровых двойников. Сравнительный анализ AnyLogic, MATLAB/Simulink, Ansys Twin Builder.

5. Системная динамика как метод имитационного моделирования. Основные понятия (потoki, накопители, обратные связи).

6. Математический аппарат системной динамики. Системы дифференциальных уравнений.

7. Инструменты системной динамики (Vensim, PowerSim, iThink, Stella). Их функциональные возможности.

8. Дискретно-событийное моделирование. Основные понятия (событие, транзакт, устройство, очередь).

9. Программные средства дискретно-событийного моделирования (GPSS, Arena, SimProcess). Сравнительный анализ.

10. Области применения дискретно-событийного моделирования (производство, логистика, обслуживание).

11. Агентное моделирование. Понятие агента, его характеристики (свойства, правила поведения, цели).

12. Децентрализованные системы и их моделирование. Глобальное поведение как результат активности агентов.

13. Примеры применения агентного моделирования в экономике, социологии и биологии.

14. Мультиподходное моделирование в AnyLogic: комбинирование системной динамики, дискретно-событийного и агентного моделирования.

15. Роль Интернета вещей (IoT) в создании цифровых двойников. Протоколы передачи данных OPC UA и MQTT.

16. Этапы построения имитационной модели: концептуализация, формализация, программирование.

17. Верификация и валидация имитационных моделей. Методы оценки адекватности.

18. Калибровка модели на реальных данных. Цели и методы калибровки.

19. Планирование симуляционного эксперимента. Цели и методы.

20. Анализ чувствительности модели. Определение факторов, влияющих на выходные переменные.

5.2. Темы письменных работ

не предусмотрены

5.3. Фонд оценочных средств

Тестовые задания:

ВОПРОСЫ НА СООТВЕТСТВИЕ (№ 1–5)

Инструкция: к каждому элементу из левого столбца подберите ОДИН соответствующий элемент из правого столбца. Ответ запишите в виде сочетания цифр и букв (например: 1-А, 2-Б, 3-В, 4-Г). Каждая буква используется только один раз.

ПК-6.5. Вопрос № 1. Соответствие между понятием ТРИЗ и его описанием

Установите соответствие между понятием и его описанием:

Понятие Описание

1. Изобретательская задача А. Идеальное решение, при котором требуемый результат достигается без затрат ресурсов

2. Техническая система Б. Задача, содержащая противоречие, требующее разрешения

3. Идеальный конечный результат В. Совокупность взаимосвязанных элементов, выполняющих определённую

функцию

4. Противоречие Г. Ситуация, когда улучшение одного параметра приводит к ухудшению другого

Ответ: 1 __, 2 __, 3 __, 4 __

ПК-6.5. Вопрос № 2. Соответствие между типом противоречия и его описанием

Установите соответствие между типом противоречия и его описанием:

Тип противоречия Описание

1. Административное А. Противоречие в требованиях к одному и тому же элементу системы
2. Техническое Б. Улучшение одного параметра системы приводит к ухудшению другого
3. Физическое В. Противоречие между желаемым результатом и невозможностью его достижения
4. Организационное Г. Противоречие между интересами различных подразделений или участников процесса

Ответ: 1 __, 2 __, 3 __, 4 __

ПК-6.5. Вопрос № 3. Соответствие между методом генерации идей и его описанием

Установите соответствие между методом и его описанием:

Метод Описание

1. Мозговой штурм А. Создание необычных связей между объектами для генерации новых идей
2. Метод фокальных объектов Б. Групповое обсуждение, генерация идей без критики
3. Синектика В. Использование аналогий и метафор для поиска решений
4. Морфологический анализ Г. Систематический перебор комбинаций признаков объекта

Ответ: 1 __, 2 __, 3 __, 4 __

ПК-6.5. Вопрос № 4. Соответствие между законом развития технических систем и его описанием

Установите соответствие между законом и его описанием:

Закон Описание

1. Закон полноты частей системы А. Система стремится к идеальности, уменьшению затрат ресурсов
2. Закон увеличения степени идеальности Б. Система должна содержать все необходимые части для выполнения функции
3. Закон вытеснения человека В. Человек постепенно вытесняется из технической системы
4. Закон энергетической проводимости Г. Энергия должна проходить между частями системы без потерь

Ответ: 1 __, 2 __, 3 __, 4 __

ПК-6.5. Вопрос № 5. Соответствие между уровнем изобретательской задачи и его описанием

Установите соответствие между уровнем и его описанием:

Уровень Описание

1. Первый уровень А. Решение требует поиска принципиально новой идеи или новой отрасли
2. Второй уровень Б. Использование готового решения из той же отрасли
3. Третий уровень В. Решение требует изменения всей системы или создания новой науки
4. Четвёртый уровень Г. Задача решается известным решением из смежной отрасли

Ответ: 1 __, 2 __, 3 __, 4 __

ВОПРОСЫ С ОДНИМ ВЕРНЫМ ОТВЕТОМ (№ 6–15)

Инструкция: прочитайте текст, выберите правильный вариант ответа и запишите только букву выбранного варианта ответа (А, Б, В или Г).

ПК-3.5. Вопрос № 6. Что является отличительной особенностью цифрового двойника от цифровой модели?

- А) Наличие трёхмерной визуализации
- Б) Двусторонняя связь с физическим объектом и прогнозные функции
- В) Возможность работы в облачной среде
- Г) Интеграция с системами управления

Ответ:

ПК-3.5. Вопрос № 7. Какой метод моделирования основан на представлении системы в терминах потоков и накопителей?

- А) Дискретно-событийное моделирование
- Б) Агентное моделирование
- В) Системная динамика
- Г) Мультиподходное моделирование

Ответ:

ПК-3.5. Вопрос № 8. Какой метод моделирования наиболее подходит для моделирования распространения эпидемии в популяции?

- А) Системная динамика
- Б) Агентное моделирование
- В) Дискретно-событийное моделирование
- Г) Метод Монте-Карло

Ответ:

ПК-3.5. Вопрос № 9. Какой метод моделирования используется для анализа производственных процессов с очередями?

А) Системная динамика
Б) Агентное моделирование
В) Дискретно-событийное моделирование
Г) Имитационное моделирование
Ответ:

ПК-3.5. Вопрос № 10. Какой промышленный протокол является стандартом для передачи данных между устройствами и системами управления?

А) HTTP
Б) MQTT
В) OPC UA
Г) FTP
Ответ:

ПК-3.5. Вопрос № 11. Что такое валидация имитационной модели?

А) Проверка корректности программного кода
Б) Сравнение выходных данных модели с реальными данными
В) Проверка синтаксиса модели
Г) Оптимизация параметров модели
Ответ:

ПК-6.5. Вопрос № 12. Какой эксперимент позволяет определить, как изменение входных параметров влияет на выходные переменные?

А) Оптимизационный эксперимент
Б) Эксперимент по калибровке
В) Анализ чувствительности
Г) Верификационный эксперимент
Ответ:

ПК-3.5. Вопрос № 13. Какая платформа поддерживает мультиподходное моделирование (системная динамика + дискретно-событийное + агентное)?

А) MATLAB/Simulink
Б) Ansys Twin Builder
В) AnyLogic
Г) Vensim
Ответ:

ПК-6.5. Вопрос № 14. Как называется этап построения модели, на котором определяется цель моделирования и границы системы?

А) Программирование
Б) Концептуализация
В) Валидация
Г) Калибровка
Ответ:

ПК-6.5. Вопрос № 15. Какой инструмент используется для проведения оптимизационного эксперимента в AnyLogic?

А) Встроенный оптимизатор
Б) Excel
В) MATLAB
Г) Python
Ответ:

ВОПРОСЫ С НЕСКОЛЬКИМИ ВЕРНЫМИ ОТВЕТАМИ (№ 16–20)

Инструкция: прочитайте текст, выберите не менее двух правильных вариантов ответов и запишите только буквы выбранных вариантов ответов (А, Б, В или Г).

ПК-3.5. Вопрос № 16. Какие методы имитационного моделирования поддерживает AnyLogic?

А) Системная динамика
Б) Дискретно-событийное моделирование
В) Агентное моделирование
Г) Метод конечных элементов
Ответ:

ПК-3.5. Вопрос № 17. Какие протоколы используются для передачи данных от IoT-устройств в цифровые двойники?

А) OPC UA
Б) MQTT
В) HTTP
Г) FTP

Ответ:

ПК-6.5. Вопрос № 18. Какие этапы построения имитационной модели включают процессы проверки её адекватности?

- А) Верификация
- Б) Валидация
- В) Калибровка
- Г) Концептуализация

Ответ:

ПК-3.5. Вопрос № 19. Какие элементы относятся к компонентам дискретно-событийной модели?

- А) Транзакты
- Б) Устройства
- В) Накопители
- Г) Очереди

Ответ:

ПК-6.5. Вопрос № 20. Какие задачи решаются с помощью симуляционных экспериментов?

- А) Прогнозирование поведения системы
- Б) Оптимизация параметров системы
- В) Анализ чувствительности
- Г) Написание программного кода

Ответ:

ВОПРОСЫ С ОДНИМ АРГУМЕНТИРОВАННЫМ ОТВЕТОМ (№ 21–25)

Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

ПК-3.5. Вопрос № 21. Какой метод моделирования наиболее эффективен для моделирования распространения инноваций среди потребителей?

- А) Системная динамика
- Б) Агентное моделирование
- В) Дискретно-событийное моделирование

Ответ:

ПК-3.5. Вопрос № 22. Какой протокол наиболее подходит для передачи данных с большим количеством IoT-устройств с низким энергопотреблением?

- А) OPC UA
- Б) MQTT
- В) HTTP

Ответ:

ПК-6.5. Вопрос № 23. Какой эксперимент позволяет определить, какие параметры модели требуют калибровки?

- А) Анализ чувствительности
- Б) Верификация
- В) Оптимизационный эксперимент

Ответ:

ПК-3.5. Вопрос № 24. Какая платформа наиболее подходит для построения модели производственного процесса с очередями и загрузкой оборудования?

- А) MATLAB/Simulink
- Б) Ansys Twin Builder
- В) AnyLogic

Ответ:

ПК-6.5. Вопрос № 25. Что является главной целью симуляционного эксперимента?

- А) Проверка корректности программного кода
- Б) Получение информации о поведении системы для принятия решений
- В) Создание трёхмерной визуализации системы

Ответ:

ВОПРОСЫ НА УСТАНОВЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ (№ 26–30)

Инструкция: Прочитайте текст, установите правильную последовательность действий и запишите аргументы, обосновывающие выбранный порядок.

ПК-6.5. Вопрос № 26. Установите правильную последовательность этапов построения имитационной модели.

- А) Программирование модели
- Б) Концептуализация
- В) Валидация модели
- Г) Калибровка модели

Ответ:

ПК-6.5. Вопрос № 27. Установите правильную последовательность действий при проведении симуляционного эксперимента.

- А) Интерпретация результатов
- Б) Запуск симуляции
- В) Определение целей эксперимента
- Г) Настройка параметров эксперимента

Ответ:

ПК-3.5. Вопрос № 28. Установите правильную последовательность действий при создании цифрового двойника.

- А) Интеграция данных с физическим объектом
- Б) Построение имитационной модели
- В) Проведение симуляционных экспериментов
- Г) Калибровка модели на реальных данных

Ответ:

ПК-3.5. Вопрос № 29. Установите правильную последовательность этапов дискретно-событийного моделирования.

- А) Определение событий
- Б) Создание модели
- В) Сбор статистики
- Г) Запуск симуляции

Ответ:

ПК-6.5. Вопрос № 30. Установите правильную последовательность действий при анализе чувствительности модели.

- А) Изменение значения фактора
- Б) Определение факторов
- В) Фиксация изменения выходной переменной
- Г) Вывод о влиянии фактора

Ответ:

5.4. Перечень видов оценочных средств и критерии оценивания

Контроль результатов освоения дисциплины является формой управления качества образования.

Контроль результатов освоения дисциплины осуществляется в виде текущего контроля и промежуточной аттестации (зачета).

Система текущего контроля включает:

1. контроль работы обучающихся на лекционных и практических занятиях;
2. контроль участия в совместной работе группы;
3. контроль выполнения индивидуальных заданий;
4. контроль выполнения обучающимися заданий для самостоятельной работы.

Промежуточная аттестация осуществляется в виде зачета, который проводится в устной либо письменной форме.

Задачи промежуточной аттестации:

1. определить общий уровень освоения дисциплины в целом;
2. определить уровень основных знаний по каждой теме курса;
3. объективизировать результат контроля, минимизировать возможную субъективность преподавателя.

Критерии и рубрики оценивания Элемент контроля/Критерий/Индикаторы/Уровни (0–5)/Комментарий к уровню «5»

Практическое задание № 1 «Сравнительный анализ концепций цифровых двойников» (к теме 1.1)

Элемент контроля: Различение цифровой модели, цифровой тени и цифрового двойника; классификация по уровню зрелости; описание архитектуры / ПК-3.5, ПК-6.5 / 0 / 3 / 5 / Корректно определены все три типа виртуальных представлений с обоснованием; классификация по уровню зрелости выполнена с указанием функций для перехода на следующий уровень; архитектура цифрового двойника описана полно, с выделением физического объекта, виртуальной модели, каналов передачи данных и аналитических сервисов.

Практическое задание № 2 «Обзор и выбор платформы моделирования» (к теме 1.2)

Элемент контроля: Сравнительный анализ платформ, обоснование выбора под конкретную задачу, описание функциональных возможностей / ПК-3.5, ПК-6.5 / 0 / 3 / 5 / Сравнительная таблица заполнена по всем критериям (тип моделирования, интеграция, стоимость, сложность); выбор платформы аргументирован с учётом задачи моделирования производственной линии; функциональные возможности выбранной платформы описаны с привязкой к этапам работы.

Практическое задание № 3 «Построение модели системной динамики» (к теме 1.3)

Элемент контроля: Создание модели системной динамики с накопителями, потоками, обратными связями, проведение симуляции и анализ динамики / ПК-3.5, ПК-6.5 / 0 / 3 / 5 / Модель содержит корректно построенные накопители и потоки; заданы параметры модели; выделены усиливающий и компенсирующий циклы с обоснованием; проведена симуляция, построены графики; анализ влияния параметров выполнен с выводами.

Практическое задание № 4 «Дискретно-событийное моделирование бизнес-процесса» (к теме 1.4)

Элемент контроля: Построение дискретно-событийной модели, сбор статистики, сравнительный анализ сценариев / ПК-

3.5, ПК-6.5 / 0 / 3 / 5 / Модель построена с использованием элементов Source, Queue, Service, Sink; заданы распределения случайных величин; собрана статистика по средней длине очереди и загрузке; проведён сравнительный анализ сценариев «как есть» и «как должно быть»; сделаны обоснованные выводы по оптимизации.

Практическое задание № 5 «Агентное моделирование распространения эпидемии» (к теме 1.5)

Элемент контроля: Создание агентной модели с состояниями, взаимодействием агентов и анализом популяционной динамики / ПК-3.5, ПК-6.5 / 0 / 3 / 5 / Создана популяция агентов с состояниями и переходами; заданы параметры интенсивности контактов; настроено взаимодействие агентов; построены графики динамики; исследовано влияние параметров на распространение с обоснованными выводами.

Практическое задание № 6 «Мультиподходное моделирование в AnyLogic» (к теме 1.6)

Элемент контроля: Разработка гибридной модели, объединяющей три парадигмы, с описанием взаимодействия компонентов / ПК-3.5, ПК-6.5 / 0 / 3 / 5 / Реализована модель, объединяющая системную динамику, дискретно-событийное и агентное моделирование; настроено взаимодействие между компонентами; проведена симуляция с визуализацией результатов; дано описание архитектуры и роли каждого подхода.

Практическое задание № 7 «Интеграция IoT-данных в цифровой двойник» (к теме 1.7)

Элемент контроля: Понимание архитектуры OPC UA/MQTT, эмуляция сбора данных, интеграция с моделью / ПК-3.5, ПК-6.5 / 0 / 3 / 5 / Описана архитектура OPC UA; создан эмулятор данных с датчиков; настроен приём данных в среде моделирования; описан сценарий использования данных для прогнозирования; схема интеграции представлена наглядно.

Практическое задание № 8 «Верификация и калибровка имитационной модели» (к теме 1.8)

Элемент контроля: Разработка плана верификации, валидации и калибровки модели / ПК-3.5, ПК-6.5 / 0 / 3 / 5 / Разработан план верификации с конкретными проверками; проведена валидация с сравнением модельных и реальных данных; выполнена калибровка параметров; сделан вывод об адекватности модели; отчёт структурирован.

Практическое задание № 9 «Планирование симуляционного эксперимента и анализ чувствительности» (к теме 1.9)

Элемент контроля: Планирование эксперимента, анализ чувствительности, оптимизация параметров / ПК-3.5, ПК-6.5 / 0 / 3 / 5 / Разработан план эксперимента с определением факторов и выходных переменных; проведён анализ чувствительности; выполнен оптимизационный эксперимент; даны рекомендации по управлению системой; результаты представлены наглядно.

Практическое задание № 10 «Применение цифровых двойников в промышленности» (к теме 1.10)

Элемент контроля: Описание сценария использования цифрового двойника для принятия решений, оценка рисков, разработка плана верификации / ПК-3.5, ПК-6.5 / 0 / 3 / 5 / Описан сценарий использования цифрового двойника для тестирования нового оборудования; названы конкретные риски с обоснованием; разработан план верификации с критериями успеха; предложены метрики оценки эффективности; выводы аргументированы.

Тест

Корректность ответов на вопросы: $\geq 90\%$ правильных ответов — 5; /75–89% — 4; /60–74% — 3; /< 60% — 2.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Боев, В. Д. Компьютерное моделирование в среде AnyLogic : учебник для среднего профессионального образования / В. Д. Боев. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 298 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-05034-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562815>.

2. Вьюненко, Л. Ф. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / Л. Ф. Вьюненко, М. В. Михайлов, Т. Н. Первозванская ; под редакцией Л. Ф. Вьюненко. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 283 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-51099-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/510993>.

3. Дреус, Ю. Г. Имитационное моделирование : учебное пособие для вузов / Ю. Г. Дреус, В. В. Золотарёв. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 142 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-51752-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/517523>.

4. Акопов, А. С. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / А. С. Акопов. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 389 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01098-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511425>.

Загравовская, А. В. Системный анализ : учебное пособие для вузов / А. В. Загравовская, Ю. Н. Эйснер. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 424 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13893-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/543988>.

Дополнительная литература

1. Решмин, Б. И. Имитационное моделирование и системы управления : учебно-практическое пособие / Б. И. Решмин. - 3-е изд. - Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 76 с. - ISBN 978-5-9729-1646-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/p roduct/2169719>.

2. Булыгина, О. В. Имитационное моделирование в экономике и управлении : учебник / О.В. Булыгина, А.А. Емельянов, Н.З. Емельянова ; под ред. д-ра экон. наук, проф. А.А. Емельянова. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 592 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/textbook_5b5ab5571bd995.05564317. - ISBN 978-5-16-014523-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/p roduct/2084960>.

3. Бабина О.И. Имитационное моделирование процессов планирования на промышленном предприятии [Электронный ресурс] : монография / О.И. Бабина, Л.И. Мошкович. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. - 152 с. - ISBN 978-5-7638-3082-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/p/roduct/506049>.

6.2. Электронные учебные издания и электронные образовательные ресурсы

Э1	Сетевые ресурсы Государственного автономного учреждения культуры Свердловской области «Свердловская областная универсальная научная библиотека им. В.Г. Белинского». Режим доступа: https://book.uraic.ru/el_library/resursy_dostup
Э2	Образовательная платформа Юрайт. Режим доступа: https://urait.ru/
Э3	Научная библиотека Cyberleninka. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/

6.3.1 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

6.3.1.1	Операционная система Astra Linux
6.3.1.2	Офисная система LibreOffice
6.3.1.3	Среда для системной динамики и агентного моделирования (можно использовать AnyLogic в учебном режиме, если доступна образовательная лицензия, либо аналоги с открытым кодом, такие как NetLogo (GPL)). Средства для работы с 3D-визуализацией и моделированием физических процессов (например, Blender (GPL) для визуализации)
6.3.1.4	Контур.Класс
6.3.1.5	Контур.Толк
6.3.1.6	ИС:Университет ПРОФ
6.3.1.7	Среда электронного обучения 3LK (русский Moodle)

7. МТО (оборудование и технические средства обучения)

7.1	Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения:
7.2	Адрес (местоположение) учебных аудиторий Перечень оборудования и технических средств обучения
7.3	620014, Свердловская область, г.о. город Екатеринбург, г Екатеринбург, пр-кт Ленина, стр. 20а, этаж № 5, кабинет № 3 площадью 66,2 м² в помещении 501 Стол – 13 шт.
7.4	Стул – 25 шт.
7.5	ПК (с возможностью подключения к сети «Интернет») – 1 шт.
7.6	Телевизор (75") – 1 шт.
7.7	Беспроводная система презентаций – 1 шт.
7.8	Спикерфон – 1 шт.
7.9	ПК (ноутбук) – 12 шт.
7.10	620014, Свердловская область, г.о. город Екатеринбург, г Екатеринбург, пр-кт Ленина, стр. 20а, этаж № 5, кабинет № 19 площадью 31,7 м² в помещении 501 Стол – 7 шт.
7.11	Стул – 13 шт.
7.12	ПК (с возможностью подключения к сети «Интернет») – 1 шт.
7.13	Магнитно-маркерная доска – 1 шт.
7.14	Телевизор (75") – 1 шт.
7.15	620014, Свердловская область, г.о. город Екатеринбург, г Екатеринбург, пр-кт Ленина, стр. 20а, этаж № 5, кабинет № 21 площадью 35,6 м² в помещении 501 Стол – 7 шт.
7.16	Стул – 13 шт.
7.17	ПК (с возможностью подключения к сети «Интернет») – 1 шт.
7.18	Магнитно-маркерная доска – 1 шт.
7.19	Телевизор (75") – 1 шт.
7.20	
7.21	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета:
7.22	Адрес (местоположение) помещения для самостоятельной работы обучающихся Перечень компьютерной техники и оборудования
7.23	620014, Свердловская область, г.о. город Екатеринбург, г Екатеринбург, пр-кт Ленина, стр. 20а, этаж № 5, кабинет № 5 площадью 44,3 м² в помещении 501 ПК (ноутбук) – 9 шт.
7.24	Стол – 11 шт.
7.25	Стул – 11 шт.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется ознакомиться с рабочей программой, целями и задачами дисциплины, её связями с другими дисциплинами образовательной программы. Также рекомендуется изучить основную и дополнительную литературу, перечень заданий. Перед лекцией просматривать конспект предыдущей лекции для более глубокого восприятия материала. При подготовке к практическим занятиям изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной и методической литературой, учесть рекомендации преподавателя. Важно также опираться на конспекты лекций. В ходе занятий вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных понятий, явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. При пропуске занятия самостоятельно изучить материал и предоставить преподавателю отчёт по пропущенной теме в часы индивидуальных консультаций. При подготовке к текущей аттестации тщательно изучать материал по блокам тем, акцентировать внимание на определениях, терминах, содержании понятий. Для этого рекомендуется использовать основную литературу, а также конспекты лекций, составленные в ходе изучения всей дисциплины. При подготовке к промежуточной аттестации в дополнение к изучению конспектов лекций, словарей, учебных пособий, целесообразно пользоваться учебной литературой, рекомендованной в программе, и электронными ресурсами. При подготовке к зачёту или экзамену организовать учёбу так, чтобы все виды работ и заданий, предусмотренные рабочей программой, были выполнены в срок. Основное в подготовке — это повторение всего материала учебной дисциплины.