

КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Института электроэнергетики и
электроники

_____ Р.Р. Гибадуллин

«24» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.01.01.02 Цифровое моделирование и создание цифровых двойников

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность
(профиль) Цифровая автоматизация и роботизация в
энергетике

Квалификация _____
Магистр

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ТОЭ	Ст. Препо	Саниева А.Д.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Кафедра ТОЭ	28.01.2026	7	Зав. каф. ТОЭ, д.т.н., профессор Садыхов М.Ф.
Согласована	Кафедра ТОЭ	28.01.2026	7	Зав. каф. ТОЭ, д.т.н., профессор Садыхов М.Ф.
Согласована	Учебно-методический совет ИЭЭ	24.02.2025	№5	Директор ИЭЭ, к.т.н., доцент Гибатуллин Р.Р.
Одобрена	Ученый совет ИЭЭ	24.02.2025	№6	Директор ИЭЭ, к.т.н., доцент Гибатуллин Р.Р.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель освоения дисциплины: системного подхода, практических знаний и навыков в области создания и применения цифровых двойников (ЦД) энергетического оборудования и систем для решения задач проектирования, мониторинга, диагностики, оптимизации режимов и интеллектуального управления.

Задачами дисциплины являются: сформировать понимание концепции ЦД, его архитектуры и места в жизненном цикле энергообъекта (от проектирования до вывода из эксплуатации).

Изучить технологический стек создания ЦД: от сбора данных (IIoT, Smart Grid) и геометрического моделирования до имитационного моделирования и интеграции на промышленных платформах.

Освоить методики разработки компонентов ЦД для типовых объектов электроэнергетики (электрооборудование, подстанции, генераторы, сети).

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование
ПК-1.Способен осуществлять эксплуатацию, развитие и цифровую трансформацию систем автоматизации и управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергообъектов	ПК-1.6. Демонстрирует понимание построения и обеспечения кибербезопасной эксплуатации сетевой инфраструктуры систем управления и контроля энергообъектов

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. Б1.0.07 Математические методы моделирования и прогнозирования.

Б1.В.01 Цифровые системы автоматизации и управления

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.

Б2.В.02(П) Производственная практика (проектная), Б2.В.03(Пд)

Производственная практика (преддипломная)

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			3
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	29	29
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,7	24	24
Лекции	0,2	8	8
Практические (семинарские) занятия	0,5	16	16
Лабораторные работы	-	-	-
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,3	84	84
Проработка учебного материала	1,3	48	48

Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			3
			-

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1. Теоретические основы цифровых двойников в электроэнергетике	36	4		4	16	ТК 1	ПК-1.6 ,3
Раздел 2. Разработка компонентов цифрового двойника	36	2		6	16	ТК 2	ПК -1.6 3,У
Раздел 3. Применение, визуализация и защита проекта	24	2		6	16	ТК3	ПК -1.6 3,У
Зачет						ОМ	ПК -1.6 3,У,В
Итого за 3 семестр	108	8		16	48		
ИТОГО	108	8	0	16	48		

3. 3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Теоретические основы цифровых двойников в электроэнергетике

Тема 1.1. Введение. Цифровая трансформация в электроэнергетике. Эволюция от CAD и SCADA к цифровым двойникам.

Автоматизация проектирования. Переход от кульмана к цифровым чертежам, расчету режимов и моделированию оборудования на этапе создания.

Автоматизация управления. Внедрение систем сбора данных и диспетчерского контроля для мониторинга текущего состояния сети.

Тема 1.2. Концепция, архитектура и жизненный цикл ЦД. Определения (Digital Model, Shadow, Twin). Компоненты ЦД по ISO 23247. Жизненный цикл (проектирование, эксплуатация, утилизация). Связь с PLM-системами.

Ручной обмен данными между физическим и цифровым объектом (например, 3D-модель в CAD, не обновляемая в реальном времени с датчиков).

Автоматический поток данных от физического объекта к цифровому. Состояние меняется вслед за реальным объектом, но обратного влияния (управления) нет.

Тема 1.3. Данные для ЦД: источники, сбор и интеграция (IoT, Smart Grid). Датчики и системы измерения в электроэнергетике.

Ручной обмен данными между физическим и цифровым объектом (например, 3D-модель в CAD, не обновляемая в реальном времени с датчиков).

Автоматический поток данных от физического объекта к цифровому. Состояние меняется вслед за реальным объектом, но обратного влияния (управления) нет.

Раздел 2. Разработка компонентов цифрового двойника.

Тема 2.1. Геометрическая и физическая модель. (CAD/CAE).

Требования к 3D-моделям для ЦД. Связь геометрии с расчетной сеткой. Введение в конечно-элементный анализ (МКЭ) для тепловых и электромагнитных расчетов.

Геометрическая модель (CAD) даёт ЦД «анатомию», физическая модель (CAE/МКЭ) — «физиологию». Для электроэнергетики ключевые расчёты — тепловые и электромагнитные, выполняемые методом конечных элементов.

Тема 2.2. Математические и имитационные модели (ядра двойника).

Моделирование электромагнитных и электромеханических переходных процессов.

Тема 2.3. Интеграция компонентов и организация обратной связи.

Паттерны интеграции. Связь CAD-CAE-Simulation. Организация цикла "объект-двойник-анализ-управление". Концепция цифровой тени (Digital Shadow).

Задача интеграции цифрового двойника — соединение разнородных компонентов (CAD, CAE, Simulation, SCADA).

Раздел 3. Применение, визуализация и защита проекта

Тема 3.1. Визуализация, аналитика и кейсы применения.

Для мониторинга состояния. VR/AR для оперативного персонала. Предиктивная аналитика и машинное обучение на данных ЦД. Промышленные кейсы: ГТУ, трансформаторы, цифровые подстанции.

Технологии дополненной и виртуальной реальности (VR/AR) обеспечивают наложение цифровой информации на физический объект, ускоряя обходы,

ремонт и поиск скрытых дефектов персоналом.

Тема 3.2. Стандарты, тренды и итоги.

Обзор российских и международных стандартов. Тренды: когнитивные двойники, метавселенные, импортозамещение ПО. Экономика и оценка эффективности ЦД.

3.4. Тематический план практических занятий

Практическое занятие 1 . Организационное. Обзор ПО. Выбор объекта для проекта. Знакомство с инструментальным стеком (CAD, Simulink/ETAP, Python, IoT-платформа, Grafana). Обсуждение и выбор объекта для итогового проекта (например, трансформатор с системой охлаждения, асинхронный двигатель с ЧРП, модель участка сети, виртуальная подстанция).

Практическое занятие 2. Разработка технического задания на ЦД. На примере выбранного объекта. Формулировка целей, определяемых параметров, требований к точности, источникам данных, интерфейсам.

Практическое занятие 3. Создание параметрической 3D-модели объекта. Использование САПР (КОМПАС-3D, Fusion 360). Создание ассоциативной модели, на которую можно "навешивать" данные. Экспорт в нейтральный формат.

Практическое занятие 4. Разработка поведенческой модели в Simulink/ETAP. Создание модели выбранного объекта: электрическая схема, уравнения состояния, логика управления. Связь входных/выходных параметров с данными извне.

Практическое занятие 5. Интеграционный слой (Middleware). Написание Python-приложения-интегратора, которое: 1) получает данные с IoT-платформы, 2) передает их в модель Simulink (через API или файлы), 3) получает результаты расчета, 4) отправляет их обратно на платформу/визуализацию.

Практическое занятие 6. Визуализация состояния ЦД. Создание информационной панели (дашборда) в Grafana или Power BI. Отображение реальных и расчетных параметров, трендов, статусов. Настройка оповещений.

Практическое занятие 7-8. Работа над итоговым проектом. Консультации. Комплексная сборка всех компонентов в единый прототип. Написание отчета. Подготовка презентации.

3.5. Тематический план лабораторных работ

«Данный вид работы не предусмотрен учебным планом».

3.6. Курсовой проект /курсовая работа

«Данный вид работы не предусмотрен учебным планом».

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-1	ПК-1.6	знать:				
		планирования и проведения натуральных и виртуальных экспериментов для сбора данных для калибровки цифрового двойника.	хорошо знает планирования и проведения натуральных и виртуальных экспериментов для сбора данных для калибровки цифрового двойника	Знает планирования и проведения натуральных и виртуальных экспериментов для сбора данных для калибровки цифрового двойника	знает плохо планирования и проведения натуральных и виртуальных экспериментов для сбора данных для калибровки цифрового двойника	не знает планирования и проведения натуральных и виртуальных экспериментов для сбора данных для калибровки цифрового двойника
		уметь:				
		на цифровом двойнике по заданным методикам, обрабатывать и сравнивать результаты моделирования с данными натуральных испытаний или эталонными данными для оценки адекватности модели.	свободно умеет на цифровом двойнике по заданным методикам, обрабатывать и сравнивать результаты моделирования с данными натуральных испытаний или эталонными данными для оценки адекватности модели.	умеет на цифровом двойнике по заданным методикам, обрабатывать и сравнивать результаты моделирования с данными натуральных испытаний или эталонными данными для оценки адекватности модели.	Плохо умеет на цифровом двойнике по заданным методикам, обрабатывать и сравнивать результаты моделирования с данными натуральных испытаний или эталонными данными для оценки адекватности модели.	не умеет на цифровом двойнике по заданным методикам, обрабатывать и сравнивать результаты моделирования с данными натуральных испытаний или эталонными данными для оценки адекватности модели.
		владеть:				

		<p>для настройки параметров модели, а также навыками работы с программно-аппаратным комплексом (например, датчики, PLC, SCADA-система), поставляющим данные для цифрового двойника.</p>	<p>хорошо владеет для настройки параметров модели, а также навыками работы с программно-аппаратным комплексом (например, датчики, PLC, SCADA-система), поставляющим данные для цифрового двойника.</p>	<p>владеет для настройки параметров модели, а также навыками работы с программно-аппаратным комплексом (например, датчики, PLC, SCADA-система), поставляющим данные для цифрового двойника.</p>	<p>плохо владеет для настройки параметров модели, а также навыками работы с программно-аппаратным комплексом (например, датчики, PLC, SCADA-система), поставляющим данные для цифрового двойника.</p>	<p>не владеет для настройки параметров модели, а также навыками работы с программно-аппаратным комплексом (например, датчики, PLC, SCADA-система), поставляющим данные для цифрового двойника.</p>
--	--	---	--	---	---	--

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Солёный, С. В. Цифровые двойники в электроэнергетике : учебное пособие / С. В. Солёный, В. П. Кузьменко, В. Е. Белай. — Санкт-Петербург : ГУАП, 2023. — 106 с. — ISBN 978-5-8088-1872-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/461486>

2. Ткачев, А. Н. Цифровое имитационное моделирование : учебное пособие / А. Н. Ткачев. — Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ), 2021. — 155 с. — ISBN 978-5-9997-0762-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/292220>

3. Афонин В. В. Моделирование систем : учебное пособие / В. В. Афонин. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016. - 269 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/100659>. - ISBN 978-5-9963-0352-6. - Текст : электронный.

4. Семенов, А. Д. Моделирование систем управления / А. Д. Семенов, Н. К. Юрков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 328 с. — ISBN 978-5-507-47351-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362336>.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Агафонов, Е. Д. Моделирование систем : учебное пособие / Е. Д. Агафонов, О. В. Чубарова. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2025. — 88 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/513684>

2. Кулагин, В. П. Моделирование систем : учебное пособие / В. П. Кулагин, Л. В. Бунина, А. П. Титов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 156 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/311243>

3. Потапов, Л. А. Теоретические основы электротехники: краткий курс : учебное пособие для вузов / Л. А. Потапов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 376 с. — ISBN 978-5-507-51283-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/509004>. — Режим доступа: для авториз. Пользователей

4. Клименко, И. С. Системный анализ, управление и обработка информации : учебник для вузов / И. С. Клименко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 280 с. — ISBN 978-5-507-51314-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/510036>

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. **САПР: КОМПАС-3D** (образовательная лицензия), Autodesk Fusion 360 (Education).

2. **САЕ/Моделирование: MATLAB & Simulink** (Campus-Wide License), ETAP (учебная версия), OMNeT++.

3. **Программирование/Интеграция: Python 3.x** (Anaconda дистрибутив), PyCharm/VSCoде, MQTT-брокер Mosquitto, Node-RED.

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

Приводится перечень

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

Приводится перечень

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
----------------------------------	--	---

Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Лабораторные работы	Учебная лаборатория « », Компьютерный класс с выходом в Интернет	Специализированной лабораторное оборудование по профилю лаборатории: Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), лицензионное программное обеспечение
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для

обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www/kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа

милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;
- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;
- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;
- формирование умения получать знания;
- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине

Б1.В.ДЭ.01.01.03 Цифровое моделирование и создание цифровых двойников

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность
(профиль) Цифровые системы автоматизации в
электроэнергетике

Квалификация Магистр

1. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворитель	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-1	ПК-1.6	знать:				
		планирования и проведения натуральных и виртуальных экспериментов для сбора данных для калибровки цифрового двойника.	хорошо знает планирования и проведения натуральных и виртуальных экспериментов для сбора данных для калибровки цифрового двойник	Знает планирования и проведения натуральных и виртуальных экспериментов для сбора данных для калибровки цифрового двойник	знает плохо планирования и проведения натуральных и виртуальных экспериментов для сбора данных для калибровки цифрового двойник	не знает планирования и проведения натуральных и виртуальных экспериментов для сбора данных для калибровки цифрового двойник
		уметь:				
		на цифровом двойнике по заданным методикам, обрабатывать и сравнивать результаты моделирования с данными натуральных испытаний или эталонными данными для оценки адекватности модели.	свободно умеет на цифровом двойнике по заданным методикам, обрабатывать и сравнивать результаты моделирования с данными натуральных испытаний или эталонными данными для оценки адекватности модели.	умеет на цифровом двойнике по заданным методикам, обрабатывать и сравнивать результаты моделирования с данными натуральных испытаний или эталонными данными для оценки адекватности модели.	Плохо умеет на цифровом двойнике по заданным методикам, обрабатывать и сравнивать результаты моделирования с данными натуральных испытаний или эталонными данными для оценки адекватности модели.	не умеет на цифровом двойнике по заданным методикам, обрабатывать и сравнивать результаты моделирования с данными натуральных испытаний или эталонными данными для оценки адекватности модели.
владеть:						

		<p>для настройки параметров модели, а также навыками работы с программно-аппаратным комплексом (например, датчики, PLC, SCADA-система), поставляющим данные для цифрового двойника.</p>	<p>хорошо владеет для настройки параметров модели, а также навыками работы с программно-аппаратным комплексом (например, датчики, PLC, SCADA-система), поставляющим данные для цифрового двойника.</p>	<p>владеет для настройки параметров модели, а также навыками работы с программно-аппаратным комплексом (например, датчики, PLC, SCADA-система), поставляющим данные для цифрового двойника.</p>	<p>плохо владеет для настройки параметров модели, а также навыками работы с программно-аппаратным комплексом (например, датчики, PLC, SCADA-система), поставляющим данные для цифрового двойника.</p>	<p>не владеет для настройки параметров модели, а также навыками работы с программно-аппаратным комплексом (например, датчики, PLC, SCADA-система), поставляющим данные для цифрового двойника.</p>
--	--	---	--	---	---	--

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *тестовых заданий; полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *тестовых заданий; ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);*

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение *тестовых заданий; ответы на вопросы билета (теоретические)*

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение *расчетных работ в семестре и тестовых заданий.*

2. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Собеседование (Сбс)	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по разделам дисциплины
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий

3. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция:

ПК -1.6. Демонстрирует понимание построения и обеспечения кибербезопасной эксплуатации сетевой инфраструктуры систем управления и контроля энергообъектов.

1. Тест .

1. Что понимается под цифровым двойником в электроэнергетике?

- A. Электронный паспорт оборудования
- B. Динамическая цифровая модель энергообъекта, синхронизированная с реальными данными
- C. Только 3D-визуализация подстанции
- D. Архив технической документации

2. Какой ключевой признак отличает цифровой двойник от обычной информационной модели?

- A. Наличие бумажной документации
- B. Постоянный обмен данными с физическим объектом в реальном времени
- C. Использование Excel-файлов
- D. Отсутствие сетевого подключения

3. Какие уровни обычно включает архитектура цифрового двойника энергообъекта?

- A. Только аппаратный уровень

- В. Физический, коммуникационный, аналитический и прикладной уровни
- С. Только уровень визуализации
- Д. Бухгалтерский и административный уровни
4. Основная цель применения цифровых двойников в электроэнергетике:
- А. Увеличение количества персонала
- В. Повышение надежности, эффективности и безопасности эксплуатации
- С. Полная замена SCADA
- Д. Исключительно хранение архивов
5. Что является источником данных для цифрового двойника подстанции?
- А. Социальные сети
- В. Датчики, PLC/RTU, системы телемеханики
- С. Печатные отчеты
- Д. Внешние рекламные сервисы
6. Какое свойство является критически важным для данных цифрового двойника?
- А. Избыточность без контроля
- В. Целостность и достоверность
- С. Случайное обновление
- Д. Отсутствие резервирования
7. Какие риски возникают при интеграции цифрового двойника в сетевую инфраструктуру энергообъекта?
- А. Только повышение производительности
- В. Увеличение поверхности кибератак
- С. Полное отсутствие рисков
- Д. Снижение требований к безопасности
8. Что такое киберфизическая система в контексте энергетики?
- А. Система видеонаблюдения
- В. Интеграция вычислительных, сетевых и физических процессов
- С. Только электрическая схема
- Д. База данных оборудования
9. Какой принцип должен соблюдаться при проектировании безопасной сетевой архитектуры?
- А. Максимальная открытость всех сервисов
- В. Принцип минимальных привилегий
- С. Отказ от аутентификации
- Д. Использование одинаковых паролей
10. Для чего применяется моделирование режимов работы в цифровом двойнике?

- A. Для создания отчетов вручную
- B. Для прогнозирования аварийных и нештатных ситуаций
- C. Для увеличения энергопотребления
- D. Для отключения резервирования

11. Какую роль играет сегментация сети в инфраструктуре энергообъекта?

- A. Увеличивает риск распространения атак
- B. Ограничивает распространение инцидентов безопасности
- C. Упрощает несанкционированный доступ
- D. Исключает необходимость мониторинга

12. Что обеспечивает синхронизацию цифрового двойника с реальным объектом?

- A. Периодическое ручное обновление
- B. Автоматизированный сбор и передача телеметрических данных
- C. Удаление старых данных
- D. Отключение сетевых интерфейсов

13. Какой фактор наиболее влияет на киберустойчивость цифрового двойника?

- A. Отсутствие обновлений
- B. Комплексная система мониторинга и реагирования
- C. Минимальное количество пользователей
- D. Полное отключение логирования

14. Почему важно учитывать стандарты информационной безопасности при создании цифрового двойника?

- A. Для увеличения стоимости проекта
- B. Для соответствия требованиям и минимизации рисков
- C. Для усложнения архитектуры
- D. Для сокращения объема данных

15. Какой этап жизненного цикла цифрового двойника связан с анализом угроз?

- A. Эксплуатация без контроля
- B. Проектирование и оценка рисков
- C. Демонтаж оборудования
- D. Архивирование документации

2. Вопросы для собеседования.

1. Дайте развернутое определение цифрового двойника в электроэнергетике и опишите его основные характеристики.

2. Объясните различия между информационной моделью и цифровым двойником.

3. Опишите архитектуру цифрового двойника энергообъекта с

указанием основных уровней.

4. Какие источники данных используются для формирования цифрового двойника подстанции?

5. Какие киберриски возникают при интеграции цифрового двойника в АСУ ТП?

6. Раскройте значение принципа минимальных привилегий в энергетических системах.

7. Объясните роль киберфизических систем в электроэнергетике.

8. Почему целостность данных критична для корректной работы цифрового двойника?

9. Опишите жизненный цикл цифрового двойника энергообъекта.

10. Какие нормативные и организационные меры повышают киберустойчивость цифровых двойников?

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция:

ПК -1.6. Демонстрирует понимание построения и обеспечения кибербезопасной эксплуатации сетевой инфраструктуры систем управления и контроля энергообъектов.

1. Тест .

1. Что является основой архитектуры цифрового двойника энергообъекта?

А. Только 3D-модель оборудования

В. Интеграция физического объекта, математической модели и потоков данных

С. Локальная база данных без сетевого доступа

D. SCADA-сервер без датчиков

2. Какой компонент отвечает за сбор данных с оборудования в системах управления энергообъектами?

А. Межсетевой экран

В. PLC/RTU-контроллер

С. Антивирусный агент

D. Web-сервер

3. Какой протокол наиболее часто используется для передачи данных в промышленных сетях?

А. HTTP

В. FTP

С. Modbus

D. SMTP

4. Основная цель внедрения цифрового двойника в энергетике:

- A. Замена персонала
 - B. Повышение надежности, прогнозирование отказов и оптимизация эксплуатации
 - C. Увеличение количества бумажной документации
 - D. Исключительно визуализация объекта
5. Какой элемент обеспечивает сегментацию сети в инфраструктуре энергообъекта?
- A. Коммутатор уровня 2 без настроек
 - B. Межсетевой экран (Firewall)
 - C. Принтер
 - D. Источник бесперебойного питания
6. Что является критически важным при передаче данных между компонентами цифрового двойника?
- A. Высокое энергопотребление
 - B. Отсутствие шифрования
 - C. Конфиденциальность, целостность и доступность данных
 - D. Использование устаревших протоколов
7. Какой тип атаки направлен на нарушение доступности сетевой инфраструктуры?
- A. SQL-инъекция
 - B. DDoS-атака
 - C. Фишинг
 - D. Spoofing MAC-адреса
8. Для чего используется система обнаружения вторжений (IDS) в инфраструктуре цифрового двойника?
- A. Для управления нагрузкой генераторов
 - B. Для анализа сетевого трафика и выявления аномалий
 - C. Для замены PLC
 - D. Для хранения резервных копий
9. Что позволяет реализовать принцип «глубокоэшелонированной защиты» (Defense in Depth)?
- A. Один мощный антивирус
 - B. Многоуровневая система защиты на разных уровнях инфраструктуры
 - C. Полный отказ от сетевого взаимодействия
 - D. Использование только облачных сервисов
10. Какой метод повышает устойчивость цифрового двойника к кибератакам?
- A. Отсутствие обновлений ПО
 - B. Регулярное обновление и патч-менеджмент
 - C. Использование одного пароля для всех систем
 - D. Отключение журналирования событий

11. Какую роль играет журналирование событий (логирование)?
- A. Замедляет систему без пользы
 - B. Позволяет анализировать инциденты и проводить аудит безопасности
 - C. Увеличивает энергопотребление
 - D. Используется только для бухгалтерии
12. Какой компонент цифрового двойника отвечает за аналитическую обработку данных?
- A. Аналитический модуль (AI/ML, модели прогнозирования)
 - B. Сетевой кабель
 - C. Источник питания
 - D. Корпус сервера
13. Что обеспечивает резервирование каналов связи в сетевой инфраструктуре?
- A. Использование одного маршрутизатора
 - B. Дублирование сетевых путей и оборудования
 - C. Удаление резервных копий
 - D. Отключение второго канала
14. Почему важно разграничение прав доступа в системах управления энергообъектами?
- A. Для усложнения работы пользователей
 - B. Для соблюдения принципа минимальных привилегий и снижения рисков
 - C. Для увеличения нагрузки на сервер
 - D. Для ускорения сетевого трафика
15. Какой этап разработки цифрового двойника напрямую связан с обеспечением кибербезопасности?
- A. Только визуализация
 - B. Проектирование архитектуры и оценка рисков
 - C. Закупка мебели для операторской
 - D. Печать инструкций

2. Вопросы для собеседования.

1. Опишите основные компоненты цифрового двойника энергообъекта.
2. Как осуществляется сбор и передача данных от PLC/RTU к аналитическому модулю?
3. Какие протоколы применяются в промышленных сетях и какие риски с ними связаны?
4. Объясните принцип глубокоэшелонированной защиты применительно к АСУ ТП.
5. Как реализуется сегментация сети на энергообъекте?

6. Какие методы защиты применяются для обеспечения конфиденциальности данных?

7. Опишите роль IDS/IPS в инфраструктуре цифрового двойника.

8. Почему важно резервирование каналов связи и оборудования?

9. Какие меры включает патч-менеджмент в промышленной среде?

10. Опишите процесс оценки киберрисков при проектировании архитектуры цифрового двойника.

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция:

ПК -1.6. Демонстрирует понимание построения и обеспечения кибербезопасной эксплуатации сетевой инфраструктуры систем управления и контроля энергообъектов.

1. Тест .1. Для чего используется визуализация в проекте цифрового двойника энергообъекта?

- A. Только для создания презентаций
- B. Для мониторинга состояния объекта и поддержки принятия решений
- C. Для замены телемеханики
- D. Для хранения архивов

2. Какой инструмент чаще всего применяется для диспетчерской визуализации?

- A. SCADA/HMI-система
- B. Текстовый редактор
- C. Почтовый клиент
- D. Антивирус

3. Что необходимо учитывать при публикации визуальных данных в корпоративной сети?

- A. Открытый доступ для всех пользователей
- B. Разграничение прав доступа и аутентификацию
- C. Отключение шифрования
- D. Отсутствие журналирования

4. Какой формат представления данных повышает наглядность анализа режимов работы?

- A. Сырой текстовый лог
- B. Интерактивные графики и мнемосхемы
- C. Архив ZIP-файлов
- D. Список IP-адресов

5. Что является целью защиты проекта цифрового двойника?

- A. Соккрытие информации от персонала
- B. Обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности данных

C. Удаление резервных копий

D. Ограничение развития системы

6. Какой механизм используется для подтверждения личности пользователя?

A. Аутентификация

B. Архивирование

C. Репликация

D. Коммутация

7. Что повышает безопасность удалённого доступа к цифровому двойнику?

A. Использование публичного Wi-Fi без защиты

B. Применение VPN и многофакторной аутентификации

C. Передача паролей по электронной почте

D. Отключение шифрования

8. Какой документ описывает угрозы и меры защиты проекта?

A. Техническое задание

B. Модель угроз и нарушителя

C. График отпусков

D. Инвентарная ведомость

9. Для чего проводится резервное копирование данных цифрового двойника?

A. Для увеличения нагрузки на сервер

B. Для восстановления системы при сбоях или атаках

C. Для замедления работы сети

D. Для удаления журналов событий

10. Какой способ защиты предотвращает несанкционированное изменение данных?

A. Контроль целостности и цифровая подпись

B. Отключение мониторинга

C. Использование одного аккаунта на всех

D. Отсутствие обновлений

11. Какую роль играет тестирование на проникновение (pentest)?

A. Увеличивает количество пользователей

B. Выявляет уязвимости до ввода системы в эксплуатацию

C. Заменяет антивирус

D. Исключает необходимость мониторинга

12. Что важно продемонстрировать при защите проекта цифрового двойника?

A. Только дизайн интерфейса

B. Обоснование архитектуры, оценку рисков и меры киберзащиты

C. Количество слайдов презентации

D. Стоимость оборудования без анализа

13. Какой показатель свидетельствует о надёжности сетевой инфраструктуры проекта?

- A. Отсутствие резервирования
- B. Высокий уровень доступности (uptime)
- C. Минимальное количество логов
- D. Использование устаревшего оборудования

14. Почему важно обучать персонал работе с цифровым двойником?

- A. Для усложнения эксплуатации
- B. Для снижения человеческого фактора и повышения киберустойчивости
- C. Для увеличения числа ошибок
- D. Для отказа от регламентов

15. Какой этап завершает цикл внедрения цифрового двойника?

- A. Полный отказ от сопровождения
- B. Ввод в эксплуатацию с последующим мониторингом и сопровождением
- C. Удаление аналитических модулей
- D. Отключение системы безопасности

2. Вопросы для собеседования.

1. Опишите роль визуализации в управлении режимами работы энергообъекта.

2. Какие требования предъявляются к HMI/SCADA-интерфейсам с точки зрения безопасности?

3. Как обеспечивается безопасный удалённый доступ к цифровому двойнику?

4. Что включает модель угроз проекта цифрового двойника?

5. Опишите процесс резервного копирования и восстановления данных.

6. Какие методы контроля целостности данных применяются в энергетике?

7. Как проводится тестирование системы на устойчивость к кибератакам?

8. Какие показатели характеризуют надёжность сетевой инфраструктуры проекта?

9. Почему обучение персонала является элементом кибербезопасности?

10. Какие аспекты необходимо обосновать при защите проекта цифрового двойника перед комиссией?