



К Г Э  
у

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



КГЭУ

Подписан: ФГБОУ ВО «КГЭУ»,  
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Владелец: Гибадуллин Рамил Рифатович,  
Директора института электроэнергетики и электроники,  
Сертификат: 02C95AD700C2B2AF824A6FBDE7F3232A63  
Действителен с 17.04.2025 по 17.04.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор  
Института электроэнергетики и  
электроники

\_\_\_\_\_ Р.Р. Гибадуллин  
« 24 » февраля 2026г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДЭ.01.02.02 Моделирование автоматизированных процессов**

*(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)*

Направление подготовки

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
*(Код и наименование направления подготовк (специальности))*

Направленность(и)  
(профиль(и))

13.04.02 Цифровая автоматизация и роботизация в  
энергетике  
*(Наименование направленности (профиля) образовательной программы)*

Квалификация

Магистр

\_\_\_\_\_  
*(Бакалавр / Магистр)*

г. Казань, 2026

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ТОЭ	Ст. преп. Каф. ТОЭ	Гарифуллина Н.А.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Кафедра-разработчик «Теоретические основы электротехники»	28.01.2026	№7	Зав. кафедрой, д.т.н, профессор Садыков М.Ф.
Согласована	Выпускающая кафедра «Теоретические основы электротехники»	28.01.2026	№7	Зав. кафедрой, д.т.н, профессор Садыков М.Ф.
Согласована	Учебно-методический совет ИЭЭ	24.02.2026	№5	Директор ИЭЭ, к.т.н., доцент Гибадуллин Р.Р.
Одобрена	Ученый совет ИЭЭ	24.02.2026	№6	Директор ИЭЭ, к.т.н., доцент Гибадуллин Р.Р.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины Б1.В.ДЭ.01.02.02 Моделирование автоматизированных процессов является: изучение принципов моделирования и симуляции для анализа и оптимизации автоматизированных систем с использованием современного ПО.

Задачами дисциплины являются:

- изучение методологии моделирования;
- приобретение навыков анализа моделей и систем;
- приобретение навыков построения моделей автоматизированных систем;
- приобретение навыков применения ПО для симуляции.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1 Способен осуществлять эксплуатацию, развитие и цифровую трансформацию систем автоматизации и управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергообъектов	ПК-1.7. Способен проводить подготовку, применять и контролировать соблюдение нормативно-технической и эксплуатационной документации в энергетике

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

**Б1.В.01. Цифровые системы автоматизации и управления**

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

**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(ы)
			3
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	3	108	108
<b>КОНТАКТНАЯ РАБОТА*</b>	-	38	38
<b>АУДИТОРНАЯ РАБОТА</b>	0,7	24	24
Лекции	0,2	8	8
Практические (семинарские) занятия	0,5	16	16
Лабораторные работы	0	0	0

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:			Э

### 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. Основы автоматизации и моделирования.	14	2	0	2	10	ТК 1	ПК-1.7. 3, У;
Раздел 2. Методы моделирования и исследования.	42	4	0	10	28	ТК 2	ПК-1.7, 3, У;
Раздел 3 Практическое применение и реализация автоматизированных систем.	16	2	0	4	10	ТК 3	ПК-1.7. 3, У
Экзамен	36					ОМ	ПК-1.7. 3, У, В
<b>Итого за 3 семестр</b>	<b>108</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>48</b>		
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>48</b>		

### **3.3. Содержание дисциплины**

#### **Раздел 1. Основы автоматизации и моделирования.**

Введение в дисциплину.

Тема 1.1. Общая теория моделирования и типы моделей.

Введение понятия «модель». Виды моделей (математические, физические, имитационные) и основные принципы их построения.

Тема 1.2. Общие требования к проектированию автоматизированных систем.

Правила создания автоматизированных систем. Этапы проектирования и требования (надежность, точность, безопасность), которым должна соответствовать готовая система.

#### **Раздел 2. Методы моделирования и исследования.**

Тема 2.1. Модели и типы автоматизированных систем. Построение базовых моделей. Моделирование технологических процессов.

Порядок построения математической модели конкретных производственных процессов (например, работа конвейера или нагрев детали). Переход от словесного описания к формулам и схемам.

Тема 2.2. Методы исследования и оценки эффективности автоматизированных систем.

Изучение методов оценки производительности, точности и эффективности с помощью аналитических расчетов и экспериментов на модели.

Тема 2.3. Оптимизация управляющих воздействий. Организация мониторинга состояния системы.

Настройка системы для достижения наилучших результатов. Рассматривается, как подбирать оптимальные параметры управления и организовать сбор данных (мониторинг) для контроля процессов в реальном времени.

Тема 2.4. Методы диагностики неисправностей и сбоев.

Изучение способов диагностики оборудования и программного обеспечения, а также методы предсказания возможных отказов. Определение причин сбоев и неисправностей

### **Раздел 3. Практическое применение и реализация автоматизированных систем.**

Тема 3. 1. Прогнозирование ресурса и срока службы.

Рассматриваются методики расчета остаточного ресурса и планирования ремонтов.

Тема 3.2. Тестирование разработанной системы на устойчивость и точность.

О проверке готовой системы "на прочность". Проведение тестирования: выдерживает ли система перегрузки, насколько точны ее показания и как она ведет себя в нештатных ситуациях.

Тема 3.3. Оформление технической документации по результатам проектирования.

Рассматриваются правила создания технической документации, инструкций и чертежей, чтобы проект можно было передать заказчику или в эксплуатацию

#### **3.4. Тематический план практических занятий**

##### **Практическое занятие 1. Постановка целей и задач автоматизации.**

Освоение постановки и формализации задач моделирования. Сбор исходных данных для дальнейшего моделирования.

##### **Практическое занятие 2. Построение базовых моделей**

Создание элементарных математических моделей технологических процессов. Моделирование типовых функциональных блоков.

##### **Практическое занятие 3. Моделирование переходных процессов**

Исследования динамики автоматизированных систем. Анализ временных характеристик и оценка быстродействия.

##### **Практическое занятие 4. Оптимизация управляющих воздействий**

Выработка оптимального закона управления системой. Применяемые критерии оптимальности и методы оптимизации.

##### **Практическое занятие 5. Контроль и диагностика**

Организация мониторинга состояния системы. Методы диагностики неисправностей и сбоев.

##### **Практическое занятие 6. Интеграция подсистем**

Объединение отдельных компонентов в единую систему. Проверка работоспособности интегрированной системы.

##### **Практическое занятие 7. Оценка эффективности и надежность**

Тестирование разработанной системы на устойчивость и точность. Прогнозирование ресурса и срока службы.

### **Практическое занятие 8. Подготовка отчетов и документации**

Оформление технической документации по результатам проектирования.

### **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-1.7.	знать:				

Способен проводить подготовку, применять и контролировать соблюдение нормативно-технической и эксплуатационной документации и в энергетике	состав, структуру и требования ключевых нормативно-технических и эксплуатационных документов в энергетике.	хорошо знает состав, структуру и требования ключевых нормативно-технических и эксплуатационных документов в энергетике	знает состав, структуру и требования ключевых нормативно-технических и эксплуатационных документов в энергетике	знает плохо состав, структуру и требования ключевых нормативно-технических и эксплуатационных документов в энергетике	не знает состав, структуру и требования ключевых нормативно-технических и эксплуатационных документов в энергетике
	уметь:				
	Организовывать работу с документацией: от подготовки и внедрения до контроля её соблюдения.	свободно умеет организовывать работу с документацией: от подготовки и внедрения до контроля её соблюдения.	умеет организовывать работу с документацией: от подготовки и внедрения до контроля её соблюдения.	плохо умеет организовывать работу с документацией: от подготовки и внедрения до контроля её соблюдения.	не умеет организовывать работу с документацией: от подготовки и внедрения до контроля её соблюдения.
	владеть:				
Практическое владение процедурами оформления, актуализации и проверки документации в соответствии с отраслевыми стандартами	хорошо владеет процедурами оформления, актуализации и проверки документации в соответствии с отраслевыми стандартами	владеет процедурами оформления, актуализации и проверки документации в соответствии с отраслевыми стандартами	плохо владеет процедурами оформления, актуализации и проверки документации в соответствии с отраслевыми стандартами	не владеет процедурами оформления, актуализации и проверки документации в соответствии с отраслевыми стандартами	

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. Кудинов Ю. И. *Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK): учебное пособие* / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пащенко. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2026. - 305 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/508969>. - ISBN 978-5-507-54500-1. - Текст: электронный.

2. Советов Б. Я. *Моделирование систем : учебник для вузов* / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. - 5-е изд., стер. - Москва: Высш. шк., 2007. - 343 с.: ил. - ISBN 978-5-06-003860-6. - Текст: непосредственный.

3. Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. *Моделирование систем. Динамические и гибридные системы: учебное пособие для вузов* / Ю. Б. Колесов, Ю. Б. Сениченков. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2006. - 224 с.: ил. - ISBN 5-94157-578-5. - Текст: непосредственный.

#### 5.1.2.Дополнительная литература

1. *Моделирование систем: учебник для вузов* / С.И. Дворецкий, Ю. Л. Муромцев, В. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе. - Москва: Академия, 2009. - 320 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 978-5-7695-4737-9. - Текст: непосредственный.

2. Нагаева, И. А. *Основы математического моделирования и численные методы* / И. А. Нагаева, И. А. Кузнецов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 204 с. — ISBN 978-5-507-47347-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362324>.

3. Казиев В. М. *Введение в анализ, синтез и моделирование систем: учебное пособие* / В. М. Казиев. - 2-е изд., испр. - Москва: Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016. - 270 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/100674>. - ISBN 5-9556-0060-4. - Текст: электронный.

4. Трухин М. П. *Моделирование сигналов и систем. Основы разработки компьютерных моделей систем и сигналов: учебное пособие* / М. П. Трухин. - 2-е

изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 210 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/171422>. - ISBN 978-5-8114-8064-7. - Текст: электронный.

5. Клименко И. С. Системный анализ, управление и обработка информации: учебник / И. С. Клименко. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2026. - 277 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/510036>. - ISBN 978-5-507-51314-7. - Текст: электронный.

## **5.2. Информационное обеспечение**

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com/>)
2. ДК размещенный в LMS Moodle 3.0

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Международная реферативная база данных ([http:// link.springer.com](http://link.springer.com)).
2. Научная электронная библиотека "elibrary.ru" (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
3. Российская государственная библиотека (<http://www.rsl.ru>)
4. Энциклопедии, словари, справочники (URL: <http://www.rubricon.com>).

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Пользовательская операционная система Windows 10.
2. ПО для эффективного онлайн- взаимодействия преподавателя и студента LMS Moodle. <https://download.moodle.org/releases/latest/>
3. Система поиска информации в сети интернет Браузер Chrome
4. Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PD Adobe Acrobat "ИРБИС 64 (модульная поставка): АРМ «Читатель», АРМ "Книговыдача

## 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	Компьютерный класс с выходом в интернет А-309	Специализированная учебная мебель, компьютеры, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет А-309	Специализированная учебная мебель, компьютеры, 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](http://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.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ 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					



К Г Э  
У

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

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**  
по дисциплине

**Б1.В.ДЭ.01.02.02 Моделирование автоматизированных процессов**

Направление подготовки

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность  
(профиль)

Цифровая автоматизация и роботизация в энергетике

Квалификация

Магистр



## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

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-1.7. Способен проводить подготовку, применять и контролировать соблюдение нормативно-технической и эксплуатационной документации и в энергетике	знать:				
		состав, структуру и требования ключевых нормативно-технических и эксплуатационных документов в энергетике.	хорошо знает состав, структуру и требования ключевых нормативно-технических и эксплуатационных документов в энергетике	знает состав, структуру и требования ключевых нормативно-технических и эксплуатационных документов в энергетике	знает плохо состав, структуру и требования ключевых нормативно-технических и эксплуатационных документов в энергетике	не знает состав, структуру и требования ключевых нормативно-технических и эксплуатационных документов в энергетике
		уметь:				
		Организовывать работу с документацией: от подготовки и внедрения до контроля её соблюдения.	свободно умеет организовывать работу с документацией: от подготовки и внедрения до контроля её соблюдения.	умеет организовывать работу с документацией: от подготовки и внедрения до контроля её соблюдения.	плохо умеет организовывать работу с документацией: от подготовки и внедрения до контроля её соблюдения.	не умеет организовывать работу с документацией: от подготовки и внедрения до контроля её соблюдения.

		владеть:				
		Практическое владение процедурами оформления, актуализации и проверки документации в соответствии с отраслевыми стандартами	хорошо владеет процедурами и оформления, актуализации и проверки документации в соответствии с отраслевыми стандартами и	владеет процедурам и оформления, актуализации и проверки документаци и в соответствии с отраслевыми стандартам и	плохо владеет процедурами и оформления, актуализации и проверки документации в соответствии с отраслевыми стандартами	не владеет процедурам и оформления, актуализации и проверки документаци и в соответствии с отраслевыми стандартам и

Оценка **«Отлично»** выставляется студенту, который обладает всесторонними, систематизированными и глубокими знаниями материала учебной программы, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, усвоил основную и ознакомился с дополнительной литературой.

Оценка **«Хорошо»** выставляется студенту, обнаружившему полное знание материала учебной программы, успешно выполняющему предусмотренные учебной программой задания, усвоившему материал основной литературы, рекомендуемой учебной программой.

Оценка **«Удовлетворительно»** выставляется студенту, который показал знание основного материала учебной программы в объеме, достаточном и необходимом для дальнейшей учебы, справился с выполнением заданий, знаком с основной литературой.

Оценка **«Неудовлетворительно»** выставляется студенту, не знающему основной части материала учебной программы, допускающему принципиальные ошибки в выполнении заданий, неуверенно с большими затруднениями выполняющему практические работы

### 3. Перечень оценочных средств

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

Наименование оценочного средства	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	Вопросы по разделам

	выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	дисциплины
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий

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

##### **Для текущего контроля ТК 1:**

Проверяемая компетенция:

ПК-1.3. Способен осуществлять эксплуатацию, развитие и цифровую трансформацию систем автоматизации и управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергообъектов.

Индикатор компетенции ПК-1.7. Способен проводить подготовку, применять и контролировать соблюдение нормативно-технической и эксплуатационной документации в энергетике

##### **1. ТЕСТ**

1. Выберите наиболее точное определение понятия «модель»:

- а) Уменьшенная или увеличенная копия объекта.
- б) Упрощённое представление реального объекта или системы, отражающее его существенные с точки зрения цели моделирования свойства.
- в) Математическое уравнение, описывающее процесс.
- г) Компьютерная программа для проведения расчётов.

2. Основная цель моделирования — это:

- а) Создание идеальной копии оригинала.
- б) Получение новых научных знаний об объекте, прогнозирование его поведения, оптимизация управления или обучение.
- в) Замена натурального эксперимента во всех случаях.
- г) Упрощение объекта до примитивного состояния.

3. Установите соответствие между типом модели (по форме представления) и его примером:

Тип модели:

- 1) Материальная (натурная)
- 2) Информационная (знаковая)
- 3) Мысленная (образная)

Пример:

- а) Блок-схема алгоритма
- б) Детский конструктор, собранный по схеме
- в) Глобус

- г) Мысленный образ будущего дома в голове архитектора
- д) Дифференциальное уравнение, описывающее колебания маятника

4. К какому типу моделей (статическая/динамическая) относится каждый из примеров?

- 1) Макет здания, выставленный в офисе застройщика. ...
- 2) Компьютерная анимация химической реакции. ...
- 3) Расписание движения поездов на конкретную дату. ...
- 4) Компьютерная игра-симулятор города (SimCity). ...

5. Какая модель является детерминированной, а какая — стохастической (вероятностной)?

- 1) Модель расчёта траектории полёта ракеты, учитывающая только законы механики. ...
- 2) Модель прогнозирования курса акций на бирже. ...
- 3) Таблица умножения. ...
- 4) Модель работы call-центра, учитывающая случайный характер входящих звонков ...

6. Что из перечисленного является примером ИМИТАЦИОННОЙ модели?

- а) Формула площади круга ( $S = \pi R^2$ ).
- б) Тренажёр-симулятор самолёта, в котором пилот отрабатывает действия в аварийных ситуациях.
- в) График зависимости силы тока от напряжения (закон Ома).
- г) Словесное описание исторического сражения.

7. Укажите лишний элемент в классификации моделей и объясните свой выбор:

«По способу представления модели делятся на: материальные, математические, графические, образные, алгоритмические».

Объяснение: \_\_\_\_\_

8. Какой принцип моделирования нарушен в следующей ситуации?

«Инженер создал компьютерную модель нового двигателя, которая идеально точно воспроизводила его форму, цвет и материал корпуса, но полностью игнорировала внутренние термодинамические процессы».

- а) Принцип информационной достаточности.
- б) Принцип осуществимости.
- в) Принцип множественности моделей.

г) Принцип системности.

9. Завершите фразу, выбрав правильный вариант:

«Модели, в которых информация представлена в виде схем, чертежей, графиков, диаграмм, относятся к \_\_\_\_\_ моделям».

- а) материальным
- б) образным
- в) знаковым (смешанного типа)
- г) табличным

10. Развернутый ответ.

Представьте, что вам нужно создать модель для выбора оптимального маршрута ежедневных поездок на работу на общественном транспорте.

1. Сформулируйте четкую цель моделирования.
2. Перечислите 3-4 существенных параметра (фактора), которые должна учитывать ваша модель.
3. Предложите возможный тип модели (например, математическая, графическая, компьютерная симуляция) и кратко обоснуйте свой выбор.

Ответы к тесту:

1. б)

2. б)

3. 1-в, 2-а,б,д; 3-г. (Примечание: детский конструктор — это материальная модель, собранная по информационной схеме-инструкции. Блок-схема и уравнение — чисто информационные. Глобус — классический пример материальной модели.)

4. Статическая, Динамическая, Статическая, Динамическая.

5. Детерминированная, Стохастическая, Детерминированная, Стохастическая.

6. б)

7. Лишний — «алгоритмические». Это деление по способу реализации модели внутри класса информационных моделей. Остальные термины описывают именно форму представления модели для наблюдателя.

8. а) Принцип информационной достаточности (модель не содержит необходимых для цели моделирования данных о рабочих процессах).

9. в) знаковым (смешанного типа). (Примечание: графики и диаграммы — это знаково-образные модели.)

10. Примерный ответ:

1. Цель: Определить маршрут и вид транспорта, минимизирующий общее время в пути (или стоимость, или число пересадок) с учетом расписания и пробок.

2. Параметры: Время отправления; Расписание транспорта; Время пересадок/ожидания; Средняя скорость/загруженность маршрутов (пробки).

3. Тип модели: Компьютерная модель (например, в виде мобильного приложения с алгоритмами поиска кратчайшего пути). Обоснование: Позволяет

динамически обрабатывать большой массив изменяющихся данных (расписание, пробки в реальном времени), проводить множественные расчеты и наглядно представлять результат (карта).

## 2. ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. Дайте развернутое определение понятия «модель». Чем модель принципиально отличается от оригинала?

2. Сформулируйте и кратко поясните три основных цели, для достижения которых применяется моделирование.

3. Что означает принцип адекватности модели? Приведите пример ситуации, где этот принцип нарушается.

4. Расположите основные этапы компьютерного моделирования в правильной последовательности и дайте краткую характеристику каждому этапу: Анализ результатов, Формализация, Постановка задачи, Компьютерный эксперимент.

5. Объясните разницу между материальной (натурной) и информационной моделью. Приведите по два примера каждого типа.

6. Что такое концептуальная модель? Какую роль она играет в процессе моделирования?

7. Классифицируйте следующие модели по признаку «статическая / динамическая»: архитектурный макет, работающий симулятор вождения автомобиля, график изменения температуры за сутки, карта местности.

8. В чём ключевое различие между детерминированной и стохастической (вероятностной) моделью? В какой области знаний чаще применяются стохастические модели и почему?

9. Приведите пример имитационной модели. Объясните, почему имитационное моделирование часто используется для изучения сложных систем с множеством взаимодействующих элементов.

10. Что такое системная модель? Назовите основные компоненты, которые в ней должны быть отражены.

11. Сравните аналитическую и численную математические модели. Каковы их основные преимущества и недостатки?

12. Выберите объект для моделирования (например, «городской транспорт», «процесс обучения», «сеть супермаркета»). Сформулируйте две разные цели его исследования. Объясните, как эти разные цели повлияют на выбор типа модели и выделение существенных свойств.

13. К какому типу моделей можно отнести сценарий эвакуации людей из здания? Какие характеристики (статика/динамика, дискретность/непрерывность, детерминированность/стохастичность) она, скорее всего, будет иметь, и почему?

14. Каковы основные ограничения и риски, связанные с чрезмерным упрощением объекта при построении модели (сверхоптимизация)? Приведите пример.

15. Предложите возможную модель для оптимизации маршрута развозки товаров курьерской службой. Опишите, какого типа эта модель будет, какие входные данные ей потребуются и какой результат она должна выдать.

## **Для текущего контроля ТК 2:**

Проверяемая компетенция:

ПК-1.3. Способен осуществлять эксплуатацию, развитие и цифровую трансформацию систем автоматизации и управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергообъектов.

Индикатор компетенции ПК-1.7. Способен проводить подготовку, применять и контролировать соблюдение нормативно-технической и эксплуатационной документации в энергетике

### **1. ТЕСТ**

1. Какую из перечисленных функций выполняют модели в контуре управления АСУ ТП энергообъекта (например, ТЭЦ)?

- а) Только визуализацию технологического процесса на мнемосхеме.
- б) Формализацию знаний о процессе для реализации регуляторов, расчёта уставок, прогнозирования и оптимизации.
- в) Замену штатного оперативного персонала.
- г) Исключительно формирование архивов и отчётов для Ростехнадзора.

2. Какая модель является ядром современной цифровой системы управления распределённым энергообъектом и представляет собой связанный набор данных, алгоритмов и правил, описывающий физическое оборудование и его поведение?

- а) Мнемоническая схема.
- б) Динамическая имитационная модель (Digital Twin, Цифровой двойник).
- в) Статическая реляционная модель базы данных тегов.
- г) Модель угроз безопасности.

3. Для решения задачи оптимального распределения нагрузки между энергоблоками в реальном времени (в рамках АСУ ТП) используется:

- а) Статическая графическая модель однолинейной схемы.
- б) Детерминированная математическая модель (система уравнений), описывающая технико-экономические характеристики агрегатов.
- в) Стохастическая модель прогнозирования погоды.
- г) 3D-модель здания главного корпуса.

4. Установите соответствие между типом модели в АСУ ТП энергообъекта и её основным практическим назначением:

Тип модели	Назначение
1) Статическая параметрическая модель оборудования (характеристики, паспортные данные)	А) Обучение и тренировка оперативного персонала на нештатные и аварийные ситуации
2) Динамическая нелинейная модель теплообменника	Б) Проведение виртуальных испытаний и обоснование модернизации до её физической реализации
3) Имитационная модель-тренажёр всего энергоблока	В) Расчёт уставок для ПИД-регуляторов, анализ переходных процессов
4) Модель «Как должно быть» (референтная модель) для анализа эффективности	Г) Использование в алгоритмах учёта, отчётности и предварительных расчётов Д) Сравнение фактических показателей процесса с идеализированными для выявления потерь и отклонений

5. Информационная модель, описывающая структуру данных, их источники (датчики, расчётные точки) и протоколы обмена в АСУ ТП, — это ключевой элемент:

- а) Системы видеонаблюдения.
- б) SCADA-системы (или её базы данных тегов).
- в) Системы пожарной сигнализации.
- г) Локальной сети офисных помещений.

6. Вы проводите анализ надёжности работы системы регулирования давления в барабане котла. Какая модель будет наиболее полезна для выявления скрытых корреляций и предиктивных признаков возможных отказов?

- а) Физическая (аппаратная) модель стенда КИП.
- б) Модель, построенная методами Data Mining (интеллектуального анализа исторических данных).
- в) Концептуальная модель из технического задания.
- г) Фотография монтажного шкафа.

7. Что является основной целью внедрения модели Predictive Maintenance (Предиктивное техническое обслуживание) в АСУ ТП энергообъекта?

- а) Полная замена планово-предупредительных ремонтов (ППР).
- б) Переход от ремонта по графику или по факту отказа к обслуживанию по фактическому состоянию оборудования, прогнозированию времени наработки на отказ.
- в) Снижение требований к квалификации ремонтного персонала.
- г) Увеличение количества устанавливаемых датчиков вибрации.

8. При интеграции новой солнечной электростанции (СЭС) в

существующую АСУ ТП диспетчерского центра для обеспечения устойчивости сети необходима модель, которая позволит прогнозировать её выработку. Эта модель будет, прежде всего:

- а) Детерминированной, на основе паспортных данных панелей.
- б) Стохастической, учитывающей вероятностный характер метеофакторов (облачность, инсоляция).
- в) Статической, на основе максимальной установленной мощности.
- г) Имитационной, моделирующей физические процессы в фотоэлементе.

9. Какая из перечисленных практик напрямую относится к «цифровой трансформации» АСУ ТП энергообъекта на основе моделей?

- а) Замена бумажных бланков сменного журнала на электронные.
- б) Создание единой цифровой платформы, где цифровые двойки технологических процессов связаны с моделями управления активами (EAM) и бизнес-планирования (ERP).
- в) Увеличение скорости опроса датчиков с 1 Гц до 10 Гц.
- г) Покраска оборудования в корпоративный цвет.

10. При модернизации системы релейной защиты и автоматики (РЗА) с интеграцией в АСУ ТП важнейшей моделью, обеспечивающей корректную работу и безопасность, является:

- а) Модель социального графа персонала.
- б) Логическая модель (диаграмма) функционирования защит, описывающая условия и последовательность срабатывания.
- в) 3D-модель распреустройства.
- г) Модель экономической окупаемости проекта.

11. (Ситуация) На ТЭЦ планируется замена физически и морально устаревших контроллеров системы регулирования горения на современные. Какая последовательность этапов с использованием моделей будет наиболее эффективна и безопасна?

- 1. Немедленный демонтаж старых контроллеров и установка новых.
  - 2. Создание/актуализация динамической модели котла и системы регулирования.
  - 3. Настройка и тестирование новых алгоритмов управления на этой модели (Software-in-the-Loop).
  - 4. Проведение ППР.
  - 5. Отработка переходных процессов и проверка логики на модели с «обвязкой» реальных контроллеров (Hardware-in-the-Loop).
  - 6. Внедрение на объекте в режиме параллельной работы («теневой режим») с постоянным сравнением с моделью.
  - 7. Полный переход на новую систему.
- а) 1 → 4 → 7
  - б) 2 → 3 → 5 → 6 → 7
  - в) 4 → 1 → 7
  - г) 2 → 6 → 1

12. (Комплексный вопрос) Вы — ответственный за развитие АСУ ТП

гидроэлектростанции (ГЭС) в рамках программы цифровой трансформации.

Задание: Сформулируйте три конкретные цели, которые могут быть достигнуты за счет разработки и внедрения цифровых двойков (Digital Twins) основных агрегатов (гидроагрегат, трансформатор, водопропускные сооружения).

Цель 1: (Связанная с оптимизацией эксплуатации)

Цель 2: (Связанная с техническим обслуживанием и надёжностью)

Цель 3: (Связанная с управлением режимами работы в энергосистеме)

Ответы к тесту:

1. б) Формализацию знаний о процессе для реализации регуляторов...

2. б) Динамическая имитационная модель (Digital Twin).

3. б) Детерминированная математическая модель...

4. 1-Г (Статическая модель для учёта),

2-В (Динамическая модель для расчёта регуляторов),

3-А (Имитационная модель для тренажёра),

4-Д (Референтная модель для анализа эффективности).

(Б — больше относится к цифровому двойку для модернизации).

5. б) SCADA-системы (база тегов).

6. б) Модель, построенная методами Data Mining.

7. б) Переход к обслуживанию по фактическому состоянию...

8. б) Стохастической, учитывающей вероятностный характер метеофакторов.

9. б) Создание единой цифровой платформы...

10. б) Логическая модель (диаграмма) функционирования защит.

11. б) 2 → 3 → 5 → 6 → 7 (Моделирование → Тесты → Внедрение с валидацией).

12. Возможные ответы:

Цель 1: Оптимизация режимов работы гидроагрегата (КПД, вибрация) в реальном времени для максимизации выработки и снижения износа.

Цель 2: Прогнозирование остаточного ресурса уплотнений вала турбины или изоляции обмоток генератора для перехода на предиктивное ТО.

Цель 3: Точное моделирование и прогноз динамических характеристик при изменениях нагрузки для улучшения качества участия в первичном и вторичном регулировании частоты в энергосистеме.

## 2. ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. Каковы ключевые отличия между статической и динамической моделью технологического процесса в контексте АСУ ТП энергоблока? Приведите пример использования каждой из них в повседневной эксплуатации.

2. Для чего в составе современной АСУ ТП энергообъекта создается имитационная модель-тренажер (Full-Scope Simulator)? Назовите не менее трех практических задач, которые решаются с ее помощью.

3. Что такое цифровой двойник (Digital Twin) энергетического оборудования (например, паровой турбины) и как его функционал выходит за рамки традиционной динамической модели?

4. Опишите последовательность действий и типы моделей, которые необходимо использовать для обоснования и безопасного проведения модернизации алгоритма регулирования давления в барабане котла существующей ТЭЦ.

5. Какие типы данных и модели необходимо интегрировать в АСУ ТП для реализации стратегии предиктивного технического обслуживания (Predictive Maintenance) главного циркуляционного насоса? Какова роль физической и статистической моделей в этом процессе?

6. При интеграции в энергосистему распределенного объекта на основе ВИЭ (например, солнечной электростанции — СЭС) в контуре управления диспетчера появляется новая модель. Охарактеризуйте ее: какой она должна быть (детерминированной/стохастической) и почему?

7. Какие модели лежат в основе системы оптимального распределения нагрузок (ОРН) между агрегатами электростанции в реальном времени? Какие параметры являются для них входными данными?

8. Как с помощью моделей можно решить задачу повышения энергетической эффективности работы теплофикационной установки? Опишите возможный подход, начиная со сбора данных и заканчивая корректировкой уставок.

9. В чем заключается принципиальная разница между моделью «как есть» (As-Is) и моделью «как должно быть» (To-Be) при анализе эффективности технологического процесса на энергообъекте? Какую практическую пользу дает их сравнение?

10. Какую роль играет информационная модель (например, на основе стандарта IEC 61850 или иерархическая база тегов) в обеспечении корректной работы и масштабируемости АСУ ТП?

11. Какие новые возможности для управления режимами работы ГЭС появляются при создании ее комплексного цифрового двойника, объединяющего гидравлическую модель водотока, электромеханические модели агрегатов и модель сети?

12. Опишите возможный сценарий использования гибридной модели, сочетающей физические законы и машинное обучение, для прогнозирования температуры уходящих газов котла.

13. Что такое модель жизненного цикла системы автоматизации и почему ее важно учитывать при планировании развития и цифровой трансформации АСУ ТП?

14. Какие риски, связанные с избыточной сложностью или некорректной валидацией, возникают при внедрении цифровых моделей в контур реального управления критически важным энергооборудованием?

15. Как концепция Единого информационного пространства (Digital Platform) предприятия, объединяющая данные АСУ ТП, ЕАМ и ERP, меняет подход к созданию и использованию моделей для управления активами?

## Для текущего контроля ТК 3:

Проверяемая компетенция:

ПК-1.3. Способен осуществлять эксплуатацию, развитие и цифровую трансформацию систем автоматизации и управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергообъектов.

Индикатор компетенции ПК-1.7. Способен проводить подготовку, применять и контролировать соблюдение нормативно-технической и эксплуатационной документации в энергетике.

### 1. ТЕСТ

1. Для прогнозирования остаточного срока службы (Remaining Useful Life - RUL) силового трансформатора на основе анализа газов, растворённых в масле (ДГА), наиболее применима модель:

- а) Статическая геометрическая 3D-модель бака.
- б) Детерминированная физическая модель теплового поля обмоток.
- в) Статистическая или гибридная модель, основанная на выявлении трендов и корреляций концентраций ключевых газов ( $C_2H_2$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ ) с данными о нагрузке.
- г) Имитационная модель процесса горения.

2. Какой метод оценки ресурса оборудования НЕ является предиктивным, а относится к плано-предупредительным подходам?

- а) Прогнозирование на основе цифрового двойника и реальных данных.
- б) Анализ данных вибромониторинга с использованием машинного обучения.
- в) Замена узла по истечении срока службы, указанного в паспорте (по наработке часов), вне зависимости от его текущего состояния.
- г) Оценка степени износа по результатам периодической ультразвуковой дефектоскопии с прогнозом до следующей проверки.

3. Ключевым входным параметром для модели прогнозирования срока службы катализатора в реакторе установки гидроочистки на НПЗ является:

- а) Цвет катализатора.
- б) Температура окружающей среды.
- в) Степень падения активности, определяемая через изменение ключевых технологических параметров (температуры, давления, состава потока) для достижения целевого выхода продукта.
- г) Время, прошедшее с момента загрузки.

4. Анализ режимов работы (Regime Analysis) для прогнозирования ресурса — это:

- а) Расчёт на основе только паспортных данных.
- б) Классификация и анализ истории нагружения оборудования (пуски, остановки, пиковые нагрузки) для более точного расчёта накопленного усталостного

повреждения, чем при усреднённом подходе.

в) Определение политического режима в стране-производителе оборудования.

г) Анализ финансовых затрат на эксплуатацию.

5. Установите соответствие между методом прогнозирования ресурса и его описанием:

Метод	Описание
1) На основе физики отказов (Physics-based)	А) Прогноз строится исключительно на выявлении статистических закономерностей и паттернов в исторических данных, часто без глубокого понимания физики процесса
2) На основе данных (Data-driven)	Б) Использование стандартизированных функциональных блоков и библиотек для построения алгоритмов анализа, что ускоряет разработку и улучшает сопровождение
3) Гибридный (Hybrid)	В) Прогнозная модель, созданная на основе фундаментальных физических законов и уравнений, описывающих процесс износа (например, модель механической усталости)
4) С использованием готовых библиотек FDT/CFD	Г) Комбинация физической модели и корректирующих её алгоритмов машинного обучения, обучающихся на реальных эксплуатационных данных для повышения точности.

6. Тестирование модели на устойчивость (Robustness Testing) включает проверку реакции на:

а) Только идеальные, номинальные входные данные.

б) Зашумленные данные, экстремальные значения, частичное отсутствие входных сигналов.

в) Только соответствие цветовой схеме интерфейса стандартам предприятия.

г) Скорость работы на устаревшем компьютере.

7. Какая из перечисленных метрик НЕ используется напрямую для оценки точности регрессионной прогнозной модели (например, прогноза температуры или давления)?

а) Коэффициент детерминации ( $R^2$ ).

б) Среднеквадратическая ошибка (RMSE).

в) Матрица ошибок (Confusion Matrix).

г) Средняя абсолютная ошибка (MAE).

8. Процедура HALT (Highly Accelerated Life Testing) применительно к программной модели системы управления предназначена для:

а) Украшения пользовательского интерфейса.

б) Выявления пределов работоспособности и точек отказа модели в условиях искусственно созданных экстремальных нагрузок (скачки данных, нарушения синхронизации).

в) Ускоренного расчёта срока службы физического оборудования.

г) Тестирования только аппаратной части контроллеров.

9. Валидация модели — это процесс:

а) Установки программного обеспечения на сервер.

б) Проверки, что модель корректно представляет реальный объект или процесс с требуемой точностью (соответствие «модели — реальному миру»).

в) Проверки синтаксической правильности кода.

г) Утверждения модели руководством.

10. Для проверки точности модели расчёта теплового баланса котла эталонными данными являются:

а) Данные, полученные из другой, более простой модели.

б) Результаты натурных испытаний, проведённых по стандартизированным методикам с аттестованными средствами измерений.

в) Данные из интернета по похожему котлу.

г) Мнения экспертов, высказанные на совещании.

11. Какой документ фиксирует полный набор требований к модели, включая цели, границы применимости, допущения, требуемую точность и условия тестирования?

а) Руководство системного администратора.

б) Техническое задание (ТЗ) или Уточнённые требования (Software Requirements Specification — SRS).

в) Презентация для инвесторов.

г) План-график работ.

12. В какой раздел отчёта по тестированию модели обязательно вносится сводная таблица с результатами проверок по всем критериям (точность, устойчивость, время отклика) и вердиктом («пройдено»/«не пройдено»)?

а) Титульный лист.

б) Протокол испытаний и заключение о соответствии.

в) Список исполнителей.

г) Приложение с исходными кодами.

13. Что должна включать эксплуатационная документация на прогнозную модель, встроенную в АСУ ТП?

- а) Только контактные данные разработчика.
- б) Описание алгоритма, руководство оператора (как считывать прогноз и аварии), инструкцию по техническому обслуживанию (переобучение, калибровка), паспорт модели с её ограничениями.
- в) Философское обоснование важности прогнозирования.
- г) Только файл с исполняемым кодом.

14. «Ведомость погрешностей» модели оформляется как:

- а) Устное заявление.
- б) Формализованный документ или раздел паспорта модели, где для каждого ключевого выходного параметра указаны: диапазон измерения, методическая, инструментальная и суммарная погрешность, условия, при которых она обеспечивается.
- в) Документ, хранящийся только в памяти ответственного инженера.
- г) Файл в формате .exe.

15. Практическое задание:

Вы завершили проект по разработке и внедрению модели предиктивного обслуживания (PdM) для главных циркуляционных насосов (ГЦН) АЭС.

Перечислите три ключевых документа, которые вы должны передать заказчику (службе главного инженера и эксплуатации) по окончании проекта, и кратко обоснуйте необходимость каждого.

- 1. Документ 1: \_\_\_\_\_.
- 2. Документ 2: \_\_\_\_\_.
- 3. Документ 3: \_\_\_\_\_.

Ответы к тесту:

- 1. в) Статистическая или гибридная модель...
- 2. в) Замена узла по истечении срока службы, указанного в паспорте...
- 3.
  - 1-В (Физика отказов),
  - 2-А (Data-driven),
  - 3-Г (Гибридный),
  - 4-Б (Библиотеки FDT/CFD). \*Примечание: FDT/CFD могут использоваться в физических и гибридных моделях.\*
- 4. в) Степень падения активности...
- 5. б) Классификация и анализ истории нагружения оборудования...
- 6. б) Зашумленные данные, экстремальные значения...
- 7. в) Матрица ошибок (используется для классификации).

8. б) Выявления пределов работоспособности...
9. б) Проверки, что модель корректно представляет реальный объект...
10. б) Результаты натурных испытаний...
11. б) Техническое задание (ТЗ) или Уточнённые требования (SRS).
12. б) Протокол испытаний и заключение о соответствии.
13. б) Описание алгоритма, руководство оператора, инструкция по ТО, паспорт модели.
14. б) Формализованный документ... где указаны погрешности.
15. Пример ответа:
  1. Документ 1: Технический отчёт с описанием модели, результатами валидации и ведомостью погрешностей. \*Обоснование:\* Он необходим для подтверждения соответствия модели техническому заданию и служит основой для принятия решения о её промышленной эксплуатации.
  2. Документ 2: Руководство по эксплуатации (РЭ) для оперативного персонала. ( Он обеспечивает корректное использование прогнозов в диспетчерском контуре, содержит инструкции по реакции на сигналы системы PdM).
  3. Документ 3: Регламент технического обслуживания и рекалибровки модели. (Он регламентирует периодические процедуры (обновление данных, переобучение, проверку точности) для поддержания прогнозной способности модели в течение жизненного цикла)

## 2. ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. Какие типы моделей (физические, статистические, гибридные) наиболее применимы для прогнозирования остаточного ресурса высоконагруженного оборудования АСУ ТП (например, силовых трансформаторов, паровых турбин)? Обоснуйте выбор для каждого типа, указав его сильные стороны и ограничения.
2. Опишите последовательность действий (алгоритм) по валидации и тестированию на точность разработанной динамической модели теплообменника перед её интеграцией в контур прогнозного управления АСУ ТП энергоблока.
3. Какую структуру и обязательные разделы должна иметь «Программа и методика испытаний» математической модели, созданной для системы поддержки принятия решений диспетчера энергообъекта? Какие критерии устойчивости и точности в ней должны быть определены?
4. Для системы предиктивного обслуживания насосных агрегатов на основе машинного обучения предложите методологию оценки устойчивости её прогнозов к зашумленным или частично отсутствующим данным от датчиков вибрации.
5. Какие эксплуатационные данные и в каком объёме необходимо исторически накопить для построения достоверной статистической модели прогнозирования срока службы катализаторов в установке очистки дымовых газов (СКО)?
6. В процессе тестирования модели «цифрового двойника» газотурбинной установки выявлено расхождение её выходных параметров с реальными данными в

переходных режимах. Опишите ваш план действий по локализации причин неточности (погрешность модели, неверные входные данные, ошибка сопряжения).

7. Каким образом результаты тестирования модели на устойчивость (например, к скачкам нагрузки или изменению качества топлива) должны быть отражены в техническом отчёте для заказчика? Приведите пример формулировок и рекомендуемых форм представления данных (таблицы, графики).

8. Сформулируйте не менее трёх требований к точности для имитационной модели энергоблока, которая будет использоваться не только для обучения операторов, но и для оптимизационных расчётов в режиме реального времени. Как эти требования будут влиять на сложность и вычислительную стоимость модели?

9. Какие разделы эксплуатационной документации (РЭ, ИО, ПМ) являются ключевыми для передачи результата проекта по разработке прогнозной модели в службу главного метролога или инженера по надёжности энергообъекта? Какова их основная содержательная часть?

10. Предложите методику стресс-тестирования алгоритма прогнозирования остаточного ресурса, основанного на анализе трендов, на предмет его адекватности в условиях имитации аварийных или нештатных ситуаций, не представленных в обучающей выборке.

11. Как следует оформлять ведомость метрик точности и погрешностей модели в составе проектной документации, чтобы она была полезна для последующего аудита и сертификации системы?

12. При интеграции новой прогнозной модели в существующую АСУ ТП часто возникает проблема «режима обкатки». Какие организационные и технические меры, включая специальные режимы тестирования, необходимо предусмотреть в проекте внедрения, чтобы минимизировать риски?

13. Обоснуйте необходимость создания отдельного «Паспорта модели» как документа, сопровождающего разработанный программный комплекс. Что, помимо общих сведений, должно быть в него включено с точки зрения верификации, ограничений применения и истории изменений?

14. Как методы кросс-валидации и тестирования на независимой выборке данных применяются для оценки общей способности (способности к обобщению) модели прогнозирования отказов в АСУ ТП и предотвращения её «переобучения»?

15. В рамках какого документа и в какой форме должны быть зафиксированы рекомендации по периодической проверке и рекалибровке внедрённой прогнозной модели с учётом изменения характеристик оборудования, ремонтов и модернизаций на энергообъекте?

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика и содержит 50 тестовых вопросов на каждую компетенцию, из них 20% - закрытого типа, 80% - открытого типа.

## Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Дайте определение понятию «модель». Чем модель отличается от оригинала?
2. Что такое моделирование как метод познания? Каковы его основные функции?
3. Сформулируйте и кратко поясните три основные цели, для достижения которых применяется моделирование.
4. Что понимается под адекватностью модели? Приведите пример нарушения этого принципа.
5. Дайте определения понятиям «автоматизированная система» (АС) и «автоматическая система». В чём их принципиальное различие?
6. Что является объектом управления? Приведите примеры объектов различного масштаба.
7. Какие функции управления реализуются в системах автоматизации независимо от объекта управления?
8. Дайте определение понятию «эффективность операции» в контексте моделирования систем.
9. Что такое «операция» и «решение» в теории исследования операций?
10. Что понимается под «оптимальным решением» и «показателем эффективности»?
11. Назовите основные этапы построения математических моделей.
12. В чём сущность имитационного метода моделирования?
13. Перечислите основные виды моделей по способу представления.
14. Что относится к натурным (материальным) моделям? Приведите примеры.
15. Что представляют собой информационные модели? Приведите примеры.
16. Какие модели относятся к знаковым (символическим)? В чём их особенность?
17. В чём различие между статическими и динамическими моделями? Приведите примеры.
18. Чем детерминированные модели отличаются от стохастических (вероятностных)?
19. Что такое непрерывные и дискретные модели? Области их применения.
20. Перечислите детерминированные модели и дайте их краткую характеристику.
21. Какие модели относятся к стохастическим?
22. Что представляют собой модели с элементами неопределённости?
23. Дайте определение модели «как есть» (as-is) и модели «как должно быть» (to-be).
24. Что отражает модель жизненного цикла автоматизированной системы?
25. Что такое референтная модель и для чего она используется?

26. Каковы основные этапы процесса моделирования? Охарактеризуйте каждый этап.
27. Что понимается под формализацией задачи? Почему этот этап является ключевым?
28. Какова цель этапа верификации модели? Какие методы верификации существуют?
29. Что подразумевается под валидацией модели и чем она отличается от верификации?
30. Какие методологии моделирования процессов могут использоваться при предварительном обследовании объекта автоматизации?
31. Что отражает модель системных прецедентов?
32. Дайте определение понятию «процессы обеспечения».
33. Что служит источником информации при моделировании системы управления объектом?
34. Какие показатели качества процесса управления определяются по переходной характеристике САУ?
35. Чему равна ошибка астатической системы регулирования в установившемся режиме?
36. Как формулируется определение «математическая модель»?
37. Что такое «модель операции»?
38. Перечислите основные методы математического моделирования. Приведите примеры систем, для моделирования которых используются эти методы.
39. Что понимается под компьютерным математическим моделированием?
40. В каких случаях при моделировании системы предпочтительнее использовать аналитические методы, а в каких – имитационные?
41. Назовите основные принципы построения математических моделей.
42. Что такое «прямые» и «обратные» задачи моделирования?
43. Как осуществляется решение прямой задачи?
44. Как осуществляется решение обратной задачи?
45. В каких задачах все условия операции полностью известны заранее?
46. В каких задачах условия операции содержат неизвестные факторы?
47. Какие задачи решаются методом «экспертных оценок»?
48. Какие задачи решаются «простым перебором»?
49. Дайте определение статистической динамики систем управления.
50. Изобразите базовую структуру модели системы при случайных воздействиях.
51. Перечислите и определите статистические характеристики случайных процессов.
52. Каково свойство эргодической гипотезы?
53. Поясните физический смысл корреляционной функции и спектральной плотности случайного процесса.
54. Как определяется спектральная плотность выходной величины и ошибки

системы?

55. Дайте определение средней квадратической ошибки системы и укажите способы её вычисления.

56. Какую информацию о процессе можно получить при анализе значимости коэффициентов регрессионной модели?

57. Объясните необходимость перехода к относительным факторам при регрессионном анализе.

58. Поясните смысл и необходимость проведения активного эксперимента при моделировании исследуемого процесса.

59. Назовите особенности систем управления как объектов проектирования.

60. Что собой представляет САПР? Каковы её основные функции?

61. Чем определяются цели создания САУ, и что собой представляет иерархия – «дерево» целей?

62. Назовите этапы проектирования систем управления и дайте краткое их содержание.

63. Что включает в себя математическое обеспечение САПР? Раскройте его содержание.

64. Перечислите методы построения математических моделей в САПР.

65. Какие методы используются при автоматизированном анализе систем управления?

66. Назовите методы синтеза систем управления и их применение в САПР.

67. Что понимается под аналоговым и цифровым моделированием?

68. Какие методы используются для оценки точности моделирования?

69. Поясните постановку задачи синтеза оптимальных систем.

70. Каким образом вычисляются значения оптимальных параметров систем из условия минимума средней квадратической ошибки?

71. Какие инструменты (подсистемы) САПР используются при проектировании систем управления?

72. Какие технические средства САПР применяются при проектировании?

73. Раскройте суть базового, общесистемного и прикладного программного обеспечения САПР.

74. Назначение информационного обеспечения в системах автоматизации.

75. Какие семь компонентов включает в себя подсистема САПР «Построение математических моделей»?

76. Какие методы используются при автоматизированном анализе систем управления?

77. Назовите методы конструкторского проектирования и дайте их краткую характеристику.

78. Что собой представляет управляющая программа для станков с ЧПУ?

79. Раскройте суть методов испытаний систем управления.

80. Назовите возможности автоматизации процесса проектирования.

81. Что такое process automation, и каково его значение в современной

промышленности?

82. Объясните разницу между ручным, автоматическим и компьютерным управлением.

83. Какова цель стандарта ANSI/ISA 95 в системах управления?

84. Как различаются уровни иерархии управления с точки зрения сложности данных и временных требований?

85. Какова архитектура ПЛК и его ключевые компоненты?

86. Каковы основные различия между ПЛК и промышленным ПК?

87. Назовите пять языков программирования, определённых в стандарте IEC 61131-3, и кратко опишите их применение.

88. Какова роль OPC UA в интеграции систем автоматизации? Опишите две модели связи в OPC UA.

89. Каково назначение MES-систем, и как они связывают ERP и SCADA/ПЛК?

90. Что определяет понятие «умный завод» (smart factory), и какова в нём роль цифровых двойников?