

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Физико-технические проблемы атомной энергетики**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Исследования тепловых схем АЭС**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Казаров Г.И.
Идентификатор	Rae44725d-KazarovGI-b3814b8d	

Г.И. Казаров

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мелихов О.И.
Идентификатор	Re9797a97-MelikhovOI-83f385d8	

О.И.  
Мелихов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хвостова М.С.
Идентификатор	R5ead212f-KhvostovaMS-a4cf11ca	

М.С.  
Хвостова

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические и технологические процессы, используемые в атомной энергетике

ИД-1 Владеет навыками исследования и проектирования технологической схемы АЭС применительно как к основному технологическому процессу, так и к вспомогательным технологическим системам

2. ПК-2 Владеет расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в энергетическом оборудовании

ИД-1 Владеет навыками постановки и решения задач исследования и проектирования технологических (тепловых) схем

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Математическое моделирование тепловых схем на основе элементов оборудования. (Контрольная работа)

2. Расчет тепловых схем по программе СХЕМА с измененным набором управляемых параметров (Домашнее задание)

3. Расчет тепловых схем с использованием программы СХЕМА. (Домашнее задание)

Форма реализации: Устная форма

1. Тепловые схемы (ТС), виды и цели расчета, задачи оптимизации ТС.

Математические модели ТС. (Перекрестный опрос)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Тепловые схемы и системный подход к их исследованию					
Тепловые схемы и системный подход к их исследованию	+				
Математическое моделирование тепловых схем на основе элементов оборудования					
Математическое моделирование тепловых схем на основе элементов оборудования		+			

Математическое моделирование тепловых схем на основе групп элементов оборудования				
Математическое моделирование тепловых схем на основе групп элементов оборудования		+		
Задача оптимизации АЭС				
Задача оптимизации АЭС			+	+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Владеет навыками исследования и проектирования технологической схемы АЭС применительно как к основному технологическому процессу, так и к вспомогательным технологическим системам	Знать: основные подходы к разработке математических моделей тепловых схем ПТУ Уметь: готовить исходные данные для расчета вариантов исследуемой тепловой схемы	Расчет тепловых схем по программе СХЕМА с измененным набором управляемых параметро (Домашнее задание) Математическое моделирование тепловых схем на основе элементов оборудования. (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Владеет навыками постановки и решения задач исследования и проектирования технологических (тепловых) схем	Знать: особенности задачи оптимизации АЭС Уметь: сопоставлять результаты расчета вариантов и принимать решение (делать выводы) о предпочтительности одного или нескольких из рассчитанных	Расчет тепловых схем с использованием программы СХЕМА. (Домашнее задание) Тепловые схемы (ТС), виды и цели расчета, задачи оптимизации ТС. Математические модели ТС. (Перекрестный опрос)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Расчет тепловых схем по программе СХЕМА с измененным набором управляемых параметров

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Домашнее задание

#### Краткое содержание задания:

Выполнить домашнее задание в соответствии с заданным вариантом.

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: готовить исходные данные для расчета вариантов исследуемой тепловой схемы	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Что такое указатели связей и какова их роль в математической модели тепловой схемы?</li><li>2.Какая информация необходима для описания информационно-насыщенного графа тепловой схемы?</li><li>3.С помощью каких двух матриц может быть описана структура системы регенеративного подогрева питательной воды (СРППВ) тепловой схемы ПТУ? Сформулируйте правила составления этих матриц.</li><li>4.Что такое обобщенное уравнение теплового и материального баланса подогревателей СРППВ?</li><li>5.Назовите существенные для разработки математической модели особенности подогревателей теплофикационной установки.</li><li>6.Почему уравнения математической модели турбины (или ее отсеков) целесообразно решать в два этапа – в начале и в конце расчета тепловой схемы ПТУ?</li></ol>
--	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### **КМ-2. Математическое моделирование тепловых схем на основе элементов оборудования.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная работа

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные подходы к разработке математических моделей тепловых схем ПТУ	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Дайте определения видам связей между элементами оборудования АЭС.</li><li>2. Что такое расчетный узел тепловой схемы?</li><li>3. Назовите основные группы уравнений, которые войдут в математическую модель элемента оборудования, предназначенную для расчета тепловой схемы.</li><li>4. В чем заключается основная трудность при разработке математической модели тепловой схемы на основе элементов оборудования и почему?</li></ol>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### **КМ-3. Расчет тепловых схем с использованием программы СХЕМА.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Краткое содержание задания:**

Выполнить домашнее задание в соответствии с заданным вариантом.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: сопоставлять результаты расчета вариантов и принимать решение (делать выводы) о предпочтительности одного или нескольких из рассчитанных	1.Какие вершины графа системы уравнений для расчета тепловой схемы следует отнести к входным и какие – к выходным? 2.Приведите примеры различных направлений расчета тепловой схемы ПТУ. 3.Каким образом принципы системного подхода – иерархичности и необходимого разнообразия – должны отразиться в математической модели тепловой схемы?
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-4. Тепловые схемы (ТС), виды и цели расчета, задачи оптимизации ТС.**

**Математические модели ТС.**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Перекрестный опрос

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный опрос

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: особенности задачи оптимизации АЭС	1.Дайте определения функциональным свойствам АЭС. 2.Почему функциональные свойства электростанции являются комплексными свойствами? 3.Что такое тепловая схема АЭС? 4.Каково назначение принципиальной и развернутой тепловых схем? 5.Что общего и в чем различие конструкторского и поверочного расчетов тепловых схем?
---	--

	<p>6. К какому виду – конструкторский или поверочный – относятся оптимизационные расчеты и почему?</p> <p>7. Дайте определение математической модели.</p> <p>8. Что такое универсальная математическая модель тепловой схемы?</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Состав уравнений математической модели элементов оборудования, предназначенных для расчета тепловой схемы ПТУ.
2. Формулировка задачи оптимизации АЭС.

### Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 60 минут.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Владеет навыками исследования и проектирования технологической схемы АЭС применительно как к основному технологическому процессу, так и к вспомогательным технологическим системам

### Вопросы, задания

1. Раскрыть понятие «тепловая схема АЭС».
2. Основная цель исследования АЭС.
3. Функциональные свойства АЭС.
4. Содержание расчета тепловой схемы энергетической установки.
5. Особенности линейной математической модели тепловой схемы ПТУ. Ее возможности для расчетов реальных тепловых схем.
6. Иерархия математических моделей для исследования АЭС.
7. Задачи, решаемые на разных иерархических уровнях исследования АЭС.
8. Иерархические уровни исследования АЭС на основе системного подхода.
9. Состав уравнений математической модели элементов оборудования, предназначенных для расчета тепловой схемы ПТУ.
10. Основные особенности различных способов моделирования структуры тепловой схемы ПТУ.
11. Что должно быть компонентами системы, если в качестве таковой выбрана паротурбинная установка?
12. Моделирование структуры системы регенеративного подогрева питательной воды как части тепловой схемы ПТУ.
13. Обобщенное уравнение теплового (энергетического) баланса для элементов системы регенеративного подогрева питательной воды.
14. Обобщенное уравнение теплового баланса для элементов системы регенеративного подогрева питательной воды в матричной форме.
15. Формулировка задачи оптимизации АЭС.
16. Что входит в понятие «внешние связи АЭС»? Примеры внешних связей и их характеристики.
17. Приведенные (дисконтированные) затраты как критерий оптимальности задачи оптимизации АЭС.
18. Основные подходы к решению многокритериальной задачи оптимизации АЭС.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Каковы функциональные свойства АЭС?

Ответы:

1. Выработка электроэнергии
2. Выработка тепловой энергии
3. Участие в регулировании сетевого оператора
4. Выработка электроэнергии и участие в регулировании сетевого оператора
5. Все вышеперечисленное

Верный ответ: 5. Все вышеперечисленное

2. Что входит в состав тепловой схемы?

Ответы:

1. Первый контур
2. Второй контур
3. Контур охлаждения
4. Первый и второй контуры
5. Все вышеперечисленное

Верный ответ: 5. Все вышеперечисленное

3. Как был вынужденно оптимизирован машинный зал АЭС Бушер-1?

Ответы:

1. Была повышена мощность с 1000 МВт до 1200 МВт с заменой реактора
2. Была заменена тихоходная турбина 1200 МВт на быстроходную в 1000 МВт
3. Вместо одной турбины было установлено две турбины
4. Количество парогенераторов было изменено

Верный ответ: 2. Была заменена тихоходная турбина 1200 МВт на быстроходную в 1000 МВт

4. Маневрирование АЭС как составная часть оптимизации энергосистемы – какое из нижеследующих утверждений верно?

Ответы:

1. Все АЭС РФ участвуют в маневрировании и поддержании частоты в сети
2. АЭС РФ всегда участвовали в маневрировании и поддержании частоты в сети
3. В маневрировании и поддержании частоты сети участвуют только блоки АЭС ВВЭР
4. В маневрировании и поддержании частоты сети участвуют все блоки от 1000 МВт и более
5. В маневрировании участвуют блоки от 1200 МВт

Верный ответ: 3. В маневрировании и поддержании частоты сети участвуют только блоки АЭС ВВЭР

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-2</sub> Владеет навыками постановки и решения задач исследования и проектирования технологических (тепловых) схем

## Вопросы, задания

1. Виды расчетов тепловой схемы и их назначение.
2. Какие уравнения должны войти в математическую модель тепловой схемы?  
Характеристика параметров математической модели.
3. Определение графа системы уравнений математической модели тепловой схемы. Что такое управляющие параметры?
4. Классификация математических моделей тепловой схемы.
5. Состав уравнений математической модели тепловой схемы.
6. Основные положения системного подхода к исследованию сложных технических объектов.

7. Важные следствия основных определений системного подхода к исследованию сложных технических объектов.
8. Основные принципы системного подхода для разработки математической модели тепловой схемы.
9. Что такое логические и физические параметры математической модели тепловой схемы?
10. Моделирование структуры тепловой схемы на основе описания ее графа.
11. Основные подходы к решению оптимизационной задачи в условиях неопределенности исходной информации.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. На какие виды подразделяются расчеты тепловых схем?

Ответы:

1. конструкторские (проектные)
2. поверочные
3. оптимизационные
4. конструкторские (проектные) и поверочные
5. конструкторские (проектные), поверочные и оптимизационные

Верный ответ: 5. конструкторские (проектные), поверочные и оптимизационные

2. Что такое «математическая модель тепловой схемы»?

Ответы:

1. Математическая модель тепловой схемы - это математическое описание тепловой схемы
2. Математическая модель - есть совокупность параметров и связывающих их математических отношений, описывающая с требуемой точностью исследуемое техническое устройство или физический процесс и отвечающая поставленным задачам исследования
3. Все параметры тепловой схемы и есть ее математическая модель
4. Математическая модель тепловой схемы - это количество элементов тепловой схемы и количество ее параметров

Верный ответ: 2. Математическая модель - есть совокупность параметров и связывающих их математических отношений, описывающая с требуемой точностью исследуемое техническое устройство или физический процесс и отвечающая поставленным задачам исследования

3. Какие бывают модели тепловых схем по линейности?

Ответы:

1. линейные
2. нелинейные
3. линейные и нелинейные
4. линейные, гиперболические, параболические
5. гиперболические и параболические

Верный ответ: 3. линейные и нелинейные

4. Из чего состоит расчетная математическая модель тепловой схемы?

Ответы:

1. Из расчетных узлов
2. Из сложных пересечений
3. Из связей между расчетными узлами
4. Из расчетных узлов и сложных пересечений
5. Из расчетных узлов и связей между ними

Верный ответ: 5. Из расчетных узлов и связей между ними

5. Что такое теория графов?

Ответы:

1. раздел теории титулов средневековой европы
2. раздел дискретной математики, изучающий свойства графов, где граф представляется как множество вершин (узлов), соединённых рёбрами
3. раздел анатомии, изучающий взаимосвязь между отдельными частями скелетов (графами и ребрами)
4. раздел дискретной математики, изучающий свойства графов, где графы являются линиями, соединяющих точки-рёбра

Верный ответ: 2. раздел дискретной математики, изучающий свойства графов, где граф представляется как множество вершин (узлов), соединённых рёбрами

6. Какие существуют типы связей в математической модели тепловой схемы?

Ответы:

1. однопараметрические
2. двухпараметрические
3. трехпараметрические
4. однопараметрические и двухпараметрические
5. однопараметрические, двухпараметрические и трехпараметрические
6. однопараметрические и трехпараметрические

Верный ответ: 6. однопараметрические и трехпараметрические

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно*

## ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»