

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

**Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Моделирование объектов тепловой и возобновляемой энергетике**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Очков В.Ф.
	Идентификатор	Rd91184b2-OchkovVF-1531e2ff

В.Ф. Очков

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Очков В.Ф.
	Идентификатор	Rd91184b2-OchkovVF-1531e2ff

В.Ф. Очков

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В.  
Шацких

## 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-4 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в тепловой и возобновляемой энергетике

ИД-1 Владеет навыками работы с компьютерными моделями системам тепловой и возобновляемой энергетике, и организации процесса обработки и анализа информации

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Обмен электронными документами

1. Предварительный анализ моделируемого объекта (Домашнее задание)
2. Разработка алгоритма реализации математической модели и параметрической оптимизации системы (Домашнее задание)
3. Разработка математической модели теплотехнической системы макроуровня (Домашнее задание)
4. Разработка расчетно-технологической схемы теплоэнергетической системы (Домашнее задание)
5. Численное исследование моделируемого объекта (Домашнее задание)

## БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	6	10	12	15
Основы моделирования объектов и систем тепловой и возобновляемой энергетике						
Моделируемые объекты и системы тепловой и возобновляемой энергетике.	+					
Принципы моделирования объектов и систем тепловой и возобновляемой энергетике.	+					
Основы моделирования объектов и систем тепловой и возобновляемой энергетике.			+			
Теплогидравлический код и программное обеспечение для моделирования.			+			
Моделирование оборудования паротурбинной установки						
Постановка задачи и исходные данные				+	+	
Моделирование проточной части паровой турбины				+	+	

Моделирование конденсатора			+	+	
Моделирование подогревателей низкого давления			+	+	
Моделирование подогревателей высокого давления			+	+	
Моделирование деаэрата			+	+	
Моделирование питательного электронасоса			+	+	
Моделирование регуляторов					+
Моделирование преобразователей автономных источников энергии					
Структура автономного источника электроэнергии			+	+	
Модель преобразователя аккумулятора			+	+	
Модель преобразователя ветрогенератора			+	+	
Моделирование системы управления преобразователя			+	+	
Вес КМ:	10	20	30	30	10

\$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-4	ИД-1ПК-4 Владеет навыками работы с компьютерными моделями системам тепловой и возобновляемой энергетики, и организации процесса обработки и анализа информации	<p>Знать:</p> <p>Принципы создания и работы с компьютерными моделями объектов и процессов тепловой и возобновляемой энергетики</p> <p>Знать основы организации процесса обработки информации, получаемой с функционирующих моделей</p> <p>Уметь:</p> <p>Разрабатывать регуляторы в комплексных моделях тепловой и возобновляемой энергетики</p> <p>Разрабатывать компьютерные модели объектов и процессов тепловой и возобновляемой энергетики</p>	<p>Предварительный анализ моделируемого объекта (Домашнее задание)</p> <p>Разработка расчетно-технологической схемы теплоэнергетической системы (Домашнее задание)</p> <p>Разработка математической модели теплотехнической системы макроуровня (Домашнее задание)</p> <p>Разработка алгоритма реализации математической модели и параметрической оптимизации системы (Домашнее задание)</p> <p>Численное исследование моделируемого объекта (Домашнее задание)</p>

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

### КМ-1. Предварительный анализ моделируемого объекта

**Формы реализации:** Обмен электронными документами

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается индивидуальное домашнее задание. Выполненное задание студент сдает в виде электронного документа.

#### Краткое содержание задания:

В рамках домашнего задания студенту необходимо представить краткий аналитический материал о назначении моделируемого объекта, его роли и взаимодействии с другими объектами теплоэнергетической системы; определить уровень объекта в иерархии теплотехнических систем; дать краткое описание технологий, которые могут быть положены в основу построения структурной и функциональной схем данного класса технических объектов.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: Знать основы организации процесса обработки информации, получаемой с функционирующих моделей	1. Каково назначение объекта моделирования? 2. Как моделируемый объект взаимодействует с другими объектами теплоэнергетической системы? 3. Каково место моделируемого объекта в структуре теплоэнергетической системы?
---	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Домашнее задание выполнено в полном объеме. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Домашнее задание выполнено на 80%. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Домашнее задание выполнено на 60%. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Домашнее задание выполнено менее, чем на 60%

### КМ-2. Разработка расчетно-технологической схемы теплоэнергетической системы

**Формы реализации:** Обмен электронными документами

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается индивидуальное домашнее задание. Выполненное задание студент сдает в виде электронного документа.

**Краткое содержание задания:**

Необходимо разработать технологическую схему теплоэнергетической системы: определить состав системы (совокупности элементов), структуру системы (установить связи между элементами), сформировать перечень конструктивных и режимных параметров системы при заданных характеристиках энергетических и ресурсных потоков, входящих и выходящих из системы.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Принципы создания и работы с компьютерными моделями объектов и процессов тепловой и возобновляемой энергетики	1.Сформулируйте требования к топливу, воде и другим ресурсам, входящим в теплоэнергетическую систему, а также требования к готовой продукции и энергетическим потокам, выходящим из системы. 2.Какие материальные потоки (теплоносители и рабочие тела), которые используются в технологических процессах, реализуемых в элементах теплоэнергетической системы 3.Какие виды энергии (электрическая, механическая, тепловая), которые используются в технологических процессах, реализуемых в элементах теплоэнергетической системы
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Домашнее задание выполнено в полном объеме. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Домашнее задание выполнено на 80%. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Домашнее задание выполнено на 60%. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнены менее 60% домашнего задания

**КМ-3. Разработка математической модели теплотехнической системы макроуровня**

**Формы реализации:** Обмен электронными документами

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается индивидуальное домашнее задание. Выполненное задание студент сдает в виде электронного документа.

**Краткое содержание задания:**

Студент составляет математическую модель объекта на макроуровне как совокупность формализованного описания структуры системы, системы балансовых уравнений (СБУ), системы ограничений на параметры и функции цели.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: Разрабатывать компьютерные модели объектов и процессов тепловой и возобновляемой энергетики</p>	<p>1. Представьте в виде графа структуру и связи элементов в модели. 2. Составьте структурную матрицу системы. 3. Составьте систему балансовых уравнений математической модели теплоэнергетической системы</p>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Домашнее задание выполнено в полном объеме. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Домашнее задание выполнено на 80%. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Домашнее задание выполнено на 60%. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Выполнены менее 60% домашнего задания*

**КМ-4. Разработка алгоритма реализации математической модели и параметрической оптимизации системы**

**Формы реализации:** Обмен электронными документами

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается индивидуальное домашнее задание. Выполненное задание студент сдает в виде электронного документа.

**Краткое содержание задания:**

Выполнить анализ и оптимизацию теплотехнической системы. Выбрать метод расчета теплоэнергетической системы.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: Разрабатывать компьютерные модели объектов и процессов тепловой и возобновляемой энергетики</p>	<p>1. Представьте алгоритм расчета и оптимизации теплоэнергетической схемы в виде укрупненной блок-схемы. 2. Представьте алгоритм расчета и оптимизации теплоэнергетической схемы в виде листинга программы для ПЭВМ.</p>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Домашнее задание выполнено в полном объеме. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Домашнее задание выполнено на 80%. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Домашнее задание выполнено на 60%. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Выполнены менее 60% домашнего задания

### КМ-5. Численное исследование моделируемого объекта

**Формы реализации:** Обмен электронными документами

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается индивидуальное домашнее задание. Выполненное задание студент сдает в виде электронного документа.

#### Краткое содержание задания:

Определить состав оптимизируемых параметров и задать диапазоны их изменения.

Выполнить многовариантный расчет, принимая шаг изменения каждого варьируемого параметра из расчета за 4–5 интервалов в заданном диапазоне их изменения.

Необходимо рассмотреть также поиск экстремальных значений целевой(ых) функции(ий)

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Разрабатывать регуляторы в комплексных моделях тепловой и возобновляемой энергетики	1. Проанализируйте полученные результаты с точки зрения влияния варьируемых параметров на критерии эффективности. 2. Дайте рекомендации по повышению эффективности функционирования исследованной теплоэнергетической системы
--	--

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Домашнее задание выполнено в полном объеме. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Домашнее задание выполнено на 80%. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Домашнее задание выполнено на 60%.  
Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнены менее 60% домашнего задания

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 8 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Моделируемые объекты и системы тепловой и возобновляемой энергетики.
2. Моделирование подогревателей низкого давления
3. Задание: составьте структурную схему деаэрата

### Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме согласно правилам проведения промежуточной аттестации в НИУ "МЭИ"

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-4</sub> Владеет навыками работы с компьютерными моделями системам тепловой и возобновляемой энергетики, и организации процесса обработки и анализа информации

### Вопросы, задания

1. Моделируемые объекты и системы тепловой и возобновляемой энергетики
2. Принципы моделирования объектов и систем тепловой и возобновляемой энергетики.
3. Основы моделирования объектов и систем тепловой и возобновляемой энергетики.
4. Теплогидравлический код и программное обеспечение для моделирования.
5. Постановка задачи моделирования и исходные данные
6. Моделирование проточной части паровой турбины
7. Моделирование конденсатора
8. Моделирование подогревателей низкого давления
9. Моделирование подогревателей высокого давления
10. Моделирование деаэрата
11. Моделирование питательного электронасоса
12. Моделирование регуляторов
13. Структура автономного источника электроэнергии
14. Модель преобразователя аккумулятора
15. Модель преобразователя ветрогенератора
16. Моделирование системы управления преобразователя

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какой из этапов математического моделирования должен проводиться перед остальными?

Ответы:

1. Численное решение
2. Постановка экономической проблемы и её качественный анализ
3. Математический анализ модели
4. Подготовка исходной информации
5. Построение математической модели

Верный ответ: 4. Подготовка исходной информации

2. Объектом моделирования может быть

Ответы:

- а) материальный объект
- б) природное явление
- в) процесс

Верный ответ: а) материальный объект

3.1. Моделирование – это:

Ответы:

- 1) метод теоретического исследования;
- 2) метод экспериментального исследования;
- 3) метод исследования, связанный с построением и исследованием моделей, основанный на возможности переноса знаний с модели на изучаемый объект;
- 4) метод исследования, связанный с построением и исследованием моделей изучаемых объектов.

Верный ответ: 3) метод исследования, связанный с построением и исследованием моделей, основанный на возможности переноса знаний с модели на изучаемый объект;

4.2. Этапы моделирования:

- а) предварительное изучение объекта;
- б) построение модели изучаемого объекта;
- в) изучение модели;
- г) перенос знаний, полученных при исследовании модели на изучаемый объект.

Какой этап исключается при моделировании несуществующих объектов?

Ответы:

- 1) а);
- 2) г);
- 3) а) и г);
- 4) никакой.

Верный ответ: 3) а) и г)

5. Моделирование может быть использовано:

Ответы:

- 1) когда доступ к объекту затруднен или невозможен;
- 2) когда эксперименты на модели связаны с риском его повреждения;
- 3) когда изучаемый объект слишком мал или чрезмерно велик;
- 4) в любых случаях.

Верный ответ: 4) в любых случаях.

6. Каким должно быть отношение между объектами, когда один из них может использоваться как модель другого:

Ответы:

- 1) сходство;
- 2) аналогия;
- 3) идентичность;
- 4) подобие;
- 5) копия;
- 6) любое из перечисленных.

Верный ответ: 4) подобие

7. Могут ли быть изучаемый объект и его модель объектами различной физической природы:

Ответы:

- 1) нет;

- 2) да, если между ними несомненное физическое сходство;
- 3) да, если при переходе от модели к объекту не изменяются или изменяются в допустимых пределах критерии подобия.

Верный ответ: 3) да, если при переходе от модели к объекту не изменяются или изменяются в допустимых пределах критерии подобия

#### 8. Функции модели:

Ответы:

- 1) замена изучаемого объекта;
- 2) замена изучаемого объекта на период исследования;
- 3) получение знаний об объекте без непосредственного контакта с ним.

Верный ответ: 3) получение знаний об объекте без непосредственного контакта с ним.

#### 9. Корреляционные связи – это связи:

Ответы:

- 1) обусловленные пространственно-временным синхронизмом;
- 2) нечеткие причинно-следственные;
- 3) особый вид связей, не сводимых ни к первой, ни ко второй трактовке.

Верный ответ: 1) обусловленные пространственно-временным синхронизмом;

#### 10. В чем заключается построение математической модели?

Ответы:

1) в определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно и качественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими специалиста математическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат

2) в определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими специалиста физическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат

3) в определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими специалиста математическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат

4) в определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно и качественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими специалиста физическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат

Верный ответ: 4) в определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно и качественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими специалиста физическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат

#### 11. Как называются модели, в которых предполагается отсутствие всяких случайных воздействий и их элементы (элементы модели) достаточно точно установлены?

Ответы:

- 1) статические
- 2) дискретные
- 3) детерминированные
- 4) динамические

Верный ответ: 3) детерминированные

#### 12. В каком моделировании функционирование объектов, процессов или систем описывается набором алгоритмов?

Ответы:

- 1) аппроксимационном
- 2) имитационном
- 3) аналитическом

Верный ответ: 2) имитационном

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 5 («отлично»), если правильно выполнено практическое задание и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных процессов и явлений или решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 4 («хорошо»), если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 3 («удовлетворительно»), если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 2 («неудовлетворительно»), если практическое задание не выполнено или не даны ответы на вопросы экзаменационного билета и не выполнены критерии для оценки 3 («удовлетворительно»). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

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

Итоговая оценка по дисциплине выставляется с учетом семестровой и экзаменационной составляющих согласно Положению о балльно-рейтинговой системе для студентов ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ"