

**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  
Индустрия 4.0 в тепловой энергетике**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Люлин Ю.В.
	Идентификатор	Re4bbb65c-LiulinYV-8577cddd

(подпись)

Ю.В. Люлин

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Орлов К.А.
	Идентификатор	R24178de8-OrlovKA-0ab64072

(подпись)

К.А. Орлов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Орлов К.А.
	Идентификатор	R24178de8-OrlovKA-0ab64072

(подпись)

К.А. Орлов

(расшифровка  
подписи)

## 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-4 Использует в профессиональной деятельности методы моделирования состояния и работы объектов тепловой и возобновляемой энергетике

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Выполнение задания

1. КМ-1. "Основные понятия Индустрии 4.0" (Тестирование)
2. КМ-3. "Основы аддитивных технологий" (Тестирование)
3. КМ-4. "Результаты испытаний" (Отчет)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-2. "Создание 3Д модели прототипа теплообменного устройства" (Графическая работа (чертеж))

## БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	10	11	13
Введение в курс Индустрия 4.0 в тепловой энергетике					
Основные понятия Индустрия 4.0.	+				
3Д моделирование прототипа теплообменного устройства					
Основы работы систем охлаждения электронной аппаратуры в объектах тепловой энергетике.			+		
Проектирование и 3Д моделирование прототипа			+		
Аддитивные технологии в тепловой энергетике					
Принципы работы 3Д печати.				+	
Оптимизация и печать цифровой 3Д модели прототипа				+	

Тестирование прототипа теплообменного устройства				
Проведение испытаний прототипа				+
Обработка и анализ экспериментальных данных.				+
Вес КМ:	10	30	20	40

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

### БРС курсовой работы/проекта

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	14
Описание основных видов ключевых технологий Индустрии 4.0		+		
Решение задачи по оптимизации поверхности оребрения			+	
Оформление расчетно-пояснительной записки и графической части КР				+
Вес КМ:	20	30	50	

## 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-4ПК-4 Использует в профессиональной деятельности методы моделирования состояния и работы объектов тепловой и возобновляемой энергетики	Знать: Основные ключевые технологии Индустрии 4.0 Технологии аддитивного производства и его особенностей Уметь: Создавать трехмерные модели теплообменных устройств в системах автоматизированного проектирования (САПР) Проводить испытания теплообменных устройств для охлаждения электронной аппаратуры	КМ-1. "Основные понятия Индустрии 4.0" (Тестирование) КМ-2. "Создание 3Д модели прототипа теплообменного устройства" (Графическая работа (чертеж)) КМ-3. "Основы аддитивных технологий" (Тестирование) КМ-4. "Результаты испытаний" (Отчет)

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

### КМ-1. КМ-1. "Основные понятия Индустрии 4.0"

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В рамках КМ-1 в начале учебного занятия студенты рассаживаются в аудитории за парты, проводится раздача заданий в виде списка вопросов для выполнения контрольного мероприятия. Студенты отвечают на вопросы в письменной форме. Письменная работа пишется в 45 мин, затем подготовленные работы сдаются преподавателю, проводящему контрольное мероприятие, и производится проверка.

#### Краткое содержание задания:

Ответьте письменно на следующие вопросы в развернутом виде

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: Основные ключевые технологии Индустрии 4.0	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Какие ключевые технологии входят в Индустрию 4.0?</li><li>2.Какие ключевые технологии Индустрии 4.0 рассматриваются в курсе?</li><li>3.Что такое цифровой двойник?</li><li>4.Что означает технология интернет вещей?</li><li>5.В чем принципиальное отличие аддитивных технологий от традиционных?</li></ol>
---	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнены все задания вариант КМ. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнены до 75% заданий вариант КМ. В решённых допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнены до 50% заданий вариант КМ. В решённых допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки.

### КМ-2. КМ-2. "Создание 3Д модели прототипа теплообменного устройства"

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Графическая работа (чертеж)

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В рамках КМ необходимо спроектировать и создать 3Д модель прототипа радиатора охлаждения согласно выданным вариантам спецификации устройства. Студент создает 3Д модель в программе используя специальное программное обеспечение систем автоматизированного проектирования (САПР

- AutoCad, NanoCAD или аналоги). Результатом КМ является файл с цифровой моделью устройства.

**Краткое содержание задания:**

Создать 3Д модель прототипа ребристого радиатора охлаждения

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: Создавать трехмерные модели теплообменных устройств в системах автоматизированного проектирования (САПР)	1.Создать 3Д модель прототипа ребристого радиатора охлаждения используя специальное программное обеспечение 2.Рассчитать и построить зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости потока воздуха
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнены все задания вариант КМ. Допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибок

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнены до 75% заданий вариант КМ. В решённых допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнены до 50% заданий вариант КМ. В решённых допускаются лёгкие, не влияющие на ход решения неточности и ошибки.

**КМ-3. КМ-3. "Основы аддитивных технологий"**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Ответьте письменно на следующие вопросы, ответы поясните

**Краткое содержание задания:**

Ознакомление с с аддитивными технологиями

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Технологии аддитивного производства и его особенностей	1.Какие существуют технологии аддитивного производства?
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство заданий выполнено.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

#### **КМ-4. КМ-4. "Результаты испытаний"**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Отчет

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** По результатам проведения испытаний прототипа студент готовить отчет. Отчет должен включать: титульный лист, актуальность проблемы, цели и задачи, описание эксперимента, результаты обработки данных и выводы.

**Краткое содержание задания:**

Подготовить отчет в форме презентации.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: Проводить испытания теплообменных устройств для охлаждения электронной аппаратуры	1.Как проводились испытания прототипа теплообменного устройства?
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство заданий выполнено.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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



# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 8 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Какие основные ключевые технологии Индустрии 4.0?
2. FDM метод послойного наплавления в 3Д печати.
3. Задача. Медное ребро постоянного сечения на плоской стенке имеет толщину 3 мм, высоту 10 мм и длину 40 мм. Температура у основания  $t_0 = 70$  °С, а на конце ребра  $t_k = 69$  °С. Температура окружающего воздуха  $T_{ос} = 25$  °С. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности ребра.

### Процедура проведения

Экзамен проводится согласно Положению о промежуточной аттестации обучающихся в ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ПК-4</sub> Использует в профессиональной деятельности методы моделирования состояния и работы объектов тепловой и возобновляемой энергетики

### Вопросы, задания

1. Какие основные ключевые технологии Индустрии 4.0?
2. Что такое цифровой двойник?
3. Зачем необходимо охлаждать электронное оборудование?
4. Что такое прямое охлаждение? Привести примеры.
5. Что такое косвенное охлаждение? Привести примеры.
6. Какие существуют виды ребристых радиаторов охлаждения для электронного оборудования?
7. В чем отличие между естественным и принудительным охлаждением?
8. Какие существуют типы двухфазных пассивных теплопередающих устройств работающих по испарительно - конденсационному циклу?
9. Определить оптимальный коэффициент ребрения теплообменной поверхности
10. Рассчитать параметры ребра при принудительном охлаждении потоком воздуха
11. Рассчитать и построить зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости потока воздуха
12. Какие существуют методы аддитивного производства?
13. Принцип действия 3Д печати методом SLM?
14. Принцип действия 3Д печати методом FDM?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как расшифровывается аббревиатура SLS?

Ответы:

- a. Выборочное/селективное лазерное плавление
- b. Выборочное/селективное лазерное спекание
- c. Выборочное тепловое спекание
- d. Такого метода не существует

Верный ответ: Выборочное/селективное лазерное спекание

2. Чем технология FDM отличается от FFF?

Ответы:

- a. FDM – это аббревиатура для персональных принтеров, а FFF – промышленных машин
- b. FFF – это печать фотополимером, а FDM – пластиком в нитях
- c. Ничем, это одно и то же, дело в патентах
- d. В зависимости от диаметра нити (1,75 – FDM, 2,85 мм - FFF)

Верный ответ: Ничем, это одно и то же, дело в патентах

3. Какая из технологий 3D печати позволяет печатать фотополимерами?

Ответы:

- a. SLA
- b. DLP
- c. MJM
- d. Все перечисленные

Верный ответ: Все перечисленные

4. С помощью чего (какого ПО) можно подготовить модель для FDM печати?

Ответы:

- a. С помощью любого 3D редактора, работающего с полигональными моделями, сохранить в .stl формате и все, сразу на принтер и в печать
- b. Можно только скачивать с интернета специальные, уже подготовленные 3D модели для печати
- c. Заказывать разработку специального G-code у программистов
- d. С помощью специальных программ для «слайсинга» модели, к примеру, Cura или Simplify 3D

Верный ответ: С помощью специальных программ для «слайсинга» модели, к примеру, Cura или Simplify 3D

5. Какие ключевые технологии Индустрии 4.0 рассматриваются в курсе?

Ответы:

- a. Аддитивное производство.
- b. Цифровые двойники.
- c. Облачные вычисления
- d. Машинное обучение.
- e. Интернет вещей (IoT).

Верный ответ: a. Аддитивное производство. b. Цифровые двойники.

6. Какие устройства относятся к двухфазным теплопередающим устройствам?

Ответы:

- a. Тепловая труба.
- b. Паровая камера.
- c. Контурная тепловая труба.
- d. Термосифон.
- e. Все из перечисленных.

Верный ответ: e. Все из перечисленных.

7. Каким образом жидкость конденсата возвращается в зону испарения тепловой трубы?

Ответы:

- a. За счет действия гравитационных сил.
- b. За счет действия капиллярных сил в пористой структуре.
- c. С использованием насоса.
- d. Все из перечисленных.

Верный ответ: b. За счет действия капиллярных сил в пористой структуре.

8. Каким образом жидкость конденсата возвращается в зону испарения термосифона?

Ответы:

- a. За счет действия гравитационных сил.

- b. За счет действия капиллярных сил в пористой структуре.
- c. С использованием насоса.
- d. Все из перечисленных.

Верный ответ: а. За счет действия гравитационных сил.

9. Как происходит естественное охлаждение оборудования?

Ответы:

- a. Естественное охлаждение достигается благодаря конвекции и излучению при свободном движении воздушного потока вдоль поверхностей радиатора охлаждения.
- b. Естественное охлаждение достигается благодаря вынужденной конвекции с использованием вентилятора для движения воздушного потока вдоль поверхностей радиатора охлаждения.
- c. Все из перечисленных.

Верный ответ: а. Естественное охлаждение достигается благодаря конвекции и излучению при свободном движении воздушного потока вдоль поверхностей радиатора охлаждения.

10. Как происходит принудительное охлаждение оборудования?

Ответы:

- a. Естественное охлаждение достигается благодаря конвекции и излучению при свободном движении воздушного потока вдоль поверхностей радиатора охлаждения.
- b. Естественное охлаждение достигается благодаря вынужденной конвекции с использованием вентилятора для движения воздушного потока вдоль поверхностей радиатора охлаждения.
- c. Все из перечисленных.

Верный ответ: b. Естественное охлаждение достигается благодаря вынужденной конвекции с использованием вентилятора для движения воздушного потока вдоль поверхностей радиатора охлаждения.

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему выданное задание, который показал, что владеет материалом изученного раздела дисциплины, свободно применяет свои знания при решении задачи

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему выданное задание в основном правильно, но допустившему при этом не принципиальные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который при выполнении выданного задания допустил существенные и даже грубые ошибки, но наметил правильный путь его выполнения

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

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

**Для курсового проекта/работы:**

**8 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Курсовая работа предоставляется научному руководителю для ее рецензирования и допуска к защите. Курсовая работа допускается к защите при наличии положительной рецензии научного руководителя. Защита курсовой работы принимается двумя преподавателями, включая научного руководителя. Защита состоит из доклада обучающегося по теме курсовой работы в течение 5-7 минут и ответов на вопросы комиссии по защите. Обучающийся должен: логично построить сообщение о выполненной работе, обосновать выводы и предложения; показать понимание теоретических положений, на основе которых выполнена работа; показать самостоятельность выполнения работы; дать правильные ответы на вопросы. Решение об оценке курсовой работы принимается по результатам анализа предъявленной курсовой работы, доклада обучающегося на защите и его ответов на вопросы.

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

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

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

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.