

**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

**Рабочая программа дисциплины**  
**ИНДУСТРИЯ 4.0 В ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

|   |   |
|---|---|
| <b>Блок:</b>  | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>                                 | <b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b> |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>                                  | <b>Б1.Ч.06.12</b>   |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                                | <b>8 семестр - 6;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                                 | <b>216 часов</b>  |
| <b>Лекции</b>   | <b>8 семестр - 28 часа;</b>                                     |
| <b>Практические занятия</b>   | <b>8 семестр - 28 часа;</b>                                     |
| <b>Лабораторные работы</b>  | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Консультации</b>   | <b>8 семестр - 16 часов;</b>                                    |
| <b>Самостоятельная работа</b>   | <b>8 семестр - 139,2 часа;</b>                                  |
| <b>в том числе на КП/КР</b>   | <b>8 семестр - 33,7 часа;</b>                                   |
| <b>Иная контактная работа</b>   | <b>8 семестр - 4 часа;</b>                                      |
| <b>включая:</b><br>Тестирование<br>Графическая работа (чертеж)<br>Отчет |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>  |   |
| <b>Защита курсового проекта</b>   | <b>8 семестр - 0,3 часа;</b>                                    |
| <b>Экзамен</b>  | <b>8 семестр - 0,5 часа;</b>                                    |
|   | <b>всего - 0,8 часа</b>   |

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

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

Ю.В. Люлин

**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

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Освоение основных принципов разработки моделей прототипов теплообменных устройств на примере систем охлаждения электронной аппаратуры в объектах тепловой и возобновляемой энергетики с применением трехмерного цифрового моделирования, аддитивных технологий и современного измерительного оборудования.

### Задачи дисциплины

- формирование понимания ключевых цифровых технологий Индустрии 4.0;
- приобретения навыков использования технологии компьютерного моделирования в системах автоматизированного проектирования (САПР) для создания трехмерных моделей теплообменных устройств;
- изучение основ аддитивного процесса производства с учетом всех его особенностей;
- освоение техники современного физического эксперимента, приобретение навыков работы с современными средствами измерений и научной аппаратурой;
- получение навыков использования средств компьютерной техники и программного обеспечения при расчетах и обработке экспериментальных данных.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения   |
|---|---|---|
| ПК-4 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в тепловой и возобновляемой энергетике | ИД-4ПК-4 Использует в профессиональной деятельности методы моделирования состояния и работы объектов тепловой и возобновляемой энергетики | знать:<br>- Основные ключевые технологии Индустрии 4.0;<br>- Технологии аддитивного производства и его особенностей.<br><br>уметь:<br>- Проводить испытания теплообменных устройств для охлаждения электронной аппаратуры;<br>- Создавать трехмерные модели теплообменных устройств в системах автоматизированного проектирования (САПР). |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации                                 | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания   |  |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|--|
|       |  |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |  |  |
|       |  |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |  |  |
| КПР   | ГК   | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |  |  |
| 1     | 2  | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15   |  |
| 1     | Введение в курс Индустрия 4.0 в тепловой энергетике                                    | 12                    | 8       | 4  | -   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 6                 | -                                 | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение в курс Индустрия 4.0 в тепловой энергетике"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], стр. 12-23<br/>[2], стр. 6-28</p> |  |
| 1.1   | Основные понятия Индустрия 4.0.  | 12                    |         | 4  | -   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 6                 | -                                 |  |  |
| 2     | 3Д моделирование прототипа теплообменного устройства                                   | 36                    |         | 8  | -   | -  | 8            | - | -   | -  | -  | -                 | 20                                | -  | <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется 3Д моделирование изделия. Для выполнения задания выполняются предварительные расчеты основных показателей. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "3Д моделирование прототипа теплообменного устройства"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[3], стр. 35-88<br/>[4], гл.6, стр.1-18<br/>[5], стр. 1-64</p> |
| 2.1   | Основы работы систем охлаждения электронной аппаратуры в объектах тепловой энергетике. | 14                    |         | 4  | -   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 |  |  |
| 2.2   | Проектирование и 3Д моделирование прототипа  | 22                    |         | 4  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 12                | -                                 |  |  |
| 3     | Аддитивные технологии в  | 34                    | 6       | -  | 8   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 20                | -                                 | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение</p>   |  |



**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Введение в курс Индустрия 4.0 в тепловой энергетике

##### 1.1. Основные понятия Индустрия 4.0.

Структура курса. Технологии «Индустрии 4.0». Цифровые двойники. Технологии аддитивных производств. Интернет вещей.

#### 2. 3Д моделирование прототипа теплообменного устройства

2.1. Основы работы систем охлаждения электронной аппаратуры в объектах тепловой энергетике.

Виды систем охлаждения. Естественное и принудительное охлаждение. Прямое и косвенное охлаждение. Однофазные и двухфазные системы охлаждения. Выбор системы охлаждения. Подготовка технического задания с основными характеристиками устройства..

##### 2.2. Проектирование и 3Д моделирование прототипа

Инженерный расчет теплообменного устройства. Создание цифровой 3Д модели прототипа. Применение системы автоматизированного проектирования.

#### 3. Аддитивные технологии в тепловой энергетике

##### 3.1. Принципы работы 3Д печати.

Классификация аддитивных технологий. Типы 3Д принтеров. Используемые материалы. Инженерные пластики для печати. Особенности печати и требования к 3Д моделям. Знакомство с 3Д принтерами и технологией печати.

##### 3.2. Оптимизация и печать цифровой 3Д модели прототипа

Оптимизация цифровой модели с учетом требований аддитивных технологий. 3Д печать разработанного прототипа.

#### 4. Тестирование прототипа теплообменного устройства

##### 4.1. Проведение испытаний прототипа

Знакомство и измерительным оборудованием. Проведение измерений необходимых режимных параметров. Сбор экспериментальных данных..

##### 4.2. Обработка и анализ экспериментальных данных.

Создание программы обработки данных с использованием современного программного обеспечения. Определение необходимых характеристик. Анализ экспериментальных данных..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Определить оптимальный коэффициент ребрения теплообменной поверхности;
2. Спроектировать 3Д модель прототипа ребристого радиатора охлаждения;
3. Создать 3Д модель прототипа ребристого радиатора охлаждения используя специальное программное обеспечение;
4. Оптимизация 3Д модели прототипа с учетом требований аддитивных технологий;
5. Создание программы обработки данных.;
6. Рассчитать и построить зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости потока

воздуха.

### 3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по разделу "Введение в курс Индустрия 4.0 в тепловой энергетике"
2. Консультации проводятся по разделу "3Д моделирование прототипа теплообменного устройства"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Аддитивные технологии в тепловой энергетике"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Тестирование прототипа теплообменного устройства"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 8 Семестр

Курсовой проект (КП)

#### **График выполнения курсового проекта**

| Неделя                                  | 1 - 4 | 5 - 8 | 9 - 14 | Зачетная                 |
|---|-------|-------|--------|--------------------------|
| Раздел курсового проекта                | 1     | 2     | 3      | Защита курсового проекта |
| Объем раздела, %                        | 20    | 30    | 50     | -                        |
| Выполненный объем нарастающим итогом, % | 20    | 50    | 100    | -                        |

| Номер раздела | Раздел курсового проекта   |
|---------------|--|
| 1             | Описание основных видов ключевых технологий Индустрии 4.0        |
| 2             | Решение задачи по оптимизации поверхности оребрения              |
| 3             | Оформление расчетно-пояснительной записки и графической части КР |

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)                       | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   | Оценочное средство (тип и наименование)  |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
|  |                  | 1   | 2 | 3 | 4 |  |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |  |
| Технологии аддитивного производства и его особенностей   | ИД-4ПК-4         |   |   | + |   | Тестирование/КМ-3. "Основы аддитивных технологий"  |
| Основные ключевые технологии Индустрии 4.0   | ИД-4ПК-4         | +   |   |   |   | Тестирование/КМ-1. "Основные понятия Индустрии 4.0"  |
| <b>Уметь:</b>  |                  |   |   |   |   |  |
| Создавать трехмерные модели теплообменных устройств в системах автоматизированного проектирования (САПР) | ИД-4ПК-4         |   | + |   |   | Графическая работа (чертеж)/КМ-2. "Создание 3Д модели прототипа теплообменного устройства" |
| Проводить испытания теплообменных устройств для охлаждения электронной аппаратуры                        | ИД-4ПК-4         |   |   |   | + | Отчет/КМ-4. "Результаты испытаний"   |

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**8 семестр**

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))

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №8)

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

Курсовой проект (КП) (Семестр №8)

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

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Толкачев, С. А. Две модели неоиндустриализации: Германия - "Индустрия 4.0", США - "промышленный интернет" = неоиндустриальная перспектива / С. А. Толкачев // Экономист . – 2015 . – №9 . – с.13-23 . - "Благодаря компьютеризации автоматизированной становится не только рабочая машина, но и управляющая, а производительные силы принимают форму технотронной триады: работник - ЭВМ - автоматизированные средства производства" ...;
2. Килина М. С., Грищенко В. И., Дымочкин Д. Д., Долгов Г. А., Приходько С. П., Коротыч Д. А. - "Введение в Индустрию 4.0", Издательство: "Донской ГТУ", Ростов-на-Дону, 2021 - (86 с.)

<https://e.lanbook.com/book/237878>;

3. Цветков, Ф. Ф. Теплообмен : учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 562 с. - ISBN 978-5-383-00563-7 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=4233>;

4. А. А. Максимова- "Инженерное проектирование в средах САД: геометрическое моделирование средствами системы «КОМПАС-3D»", Издательство: "Сибирский

- федеральный университет (СФУ)", Красноярск, 2016 - (238 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497289>;
5. Суворов А. П.- "Создание трехмерных моделей для аддитивного производства на основе полигонального моделирования. Лабораторный практикум", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (64 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/193332>;
6. Гибсон, Я. Технологии аддитивного производства : [трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство] : пер. с англ. / Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер . – Москва : Техносфера, 2020 . – 648 с. – (Мир станкостроения) . - ISBN 978-5-94836-447-6 .;
7. Горунов А. И., Гайсина А. Р., Гильмутдинов А. Х.- "Основы аддитивного производства", Издательство: "КНИТУ-КАИ", Казань, 2019 - (16 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/144009>;
8. Теплоэнергетика и теплотехника: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент : справочник / А. А. Александров, и др. ; Ред. А. В. Клименко, В. М. Зорин . – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МЭИ, 2001 . – 564 с. – (Теплоэнергетика и теплотехника ; Кн.2) . - ISBN 5-7046-0512-5 .;
9. Бухаров, А. В. Датчики для теплофизических изменений : учебное пособие по курсам "Оборудование криогенных систем", "Низкотемпературный эксперимент", "Установки и системы низкотемпературной техники" для студентов, обучающихся по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / А. В. Бухаров, Т. А. Алексеев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 136 с. - ISBN 978-5-7046-2399-1 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11501>;
10. Бутырин П. А., Васьяковская Т. А., Каратаев В. В., Материкин С. В.- "Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2009 - (265 с.)  
[https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=1089](https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1089).

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Компас 3D;
3. nanoCAD Plus;
4. Python.

## **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elibr.mpei.ru/login.php>
11. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
12. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>
13. АНО «Россия – страна возможностей» - <https://rsv.ru/education/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование  | Оснащение   |
|---|--|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс | рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный   |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс | рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный   |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс | рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный   |
| Помещения для самостоятельной работы                                    | НТБ-201, Компьютерный читальный зал  | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер              |
| Помещения для консультирования  | В-209/7, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"  | кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря                | В-404/1а, Кладовая   |   |

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Индустрия 4.0 в тепловой энергетике**

(название дисциплины)

**8 семестр****Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 КМ-1. "Основные понятия Индустрии 4.0" (Тестирование)

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

КМ-3 КМ-3. "Основы аддитивных технологий" (Тестирование)

КМ-4 КМ-4. "Результаты испытаний" (Отчет)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины  | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 4    | 10   | 11   | 13   |
| 1             | Введение в курс Индустрия 4.0 в тепловой энергетике                                    |            |      |      |      |      |
| 1.1           | Основные понятия Индустрия 4.0.  |            | +    |      |      |      |
| 2             | 3Д моделирование прототипа теплообменного устройства                                   |            |      |      |      |      |
| 2.1           | Основы работы систем охлаждения электронной аппаратуры в объектах тепловой энергетике. |            |      | +    |      |      |
| 2.2           | Проектирование и 3Д моделирование прототипа  |            |      | +    |      |      |
| 3             | Аддитивные технологии в тепловой энергетике  |            |      |      |      |      |
| 3.1           | Принципы работы 3Д печати.   |            |      |      | +    |      |
| 3.2           | Оптимизация и печать цифровой 3Д модели прототипа                                      |            |      |      | +    |      |
| 4             | Тестирование прототипа теплообменного устройства                                       |            |      |      |      |      |
| 4.1           | Проведение испытаний прототипа   |            |      |      |      | +    |
| 4.2           | Обработка и анализ экспериментальных данных.   |            |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |  |            | 10   | 30   | 20   | 40   |

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Индустрия 4.0 в тепловой энергетике

(название дисциплины)

**8 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

КМ-1 Соблюдение графиков выполнения задания

КМ-2 Соблюдение графиков выполнения задания

КМ-4 Защита курсового проекта

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

| Номер раздела | Раздел курсового проекта/курсовой работы                         | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-4 |
|---------------|--|------------|------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 4    | 8    | 14   |
| 1             | Описание основных видов ключевых технологий Индустрии 4.0        |            | +    |      |      |
| 2             | Решение задачи по оптимизации поверхности оребрения              |            |      | +    |      |
| 3             | Оформление расчетно-пояснительной записки и графической части КР |            |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |  |            | 20   | 30   | 50   |