

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕПЛООБМЕННИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

<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.05</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>6 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>6 семестр - 28 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>6 семестр - 14 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6 семестр - 65,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>6 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

**Преподаватель**

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Тищенко В.А.
	Идентификатор	R4ea77783-TishchenkoVA-c16aae6

(подпись)

**В.А. Тищенко**

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель образовательной программы**

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Митрохова О.М.
	Идентификатор	R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867

(подпись)

**О.М.**

**Митрохова**

(расшифровка подписи)

**Заведующий выпускающей кафедры**

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Грибин В.Г.
	Идентификатор	R44612ca0-GribinVG-8231e2ff

(подпись)

**В.Г. Грибин**

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение назначения и основных принципов работы теплообменных аппаратов в тепловых схемах паросиловых и газотурбинных энергетических установок

### Задачи дисциплины

- изучение различных типов теплообменных аппаратов, применяемых в энергетике;
- приобретение навыков проведения конструкторского расчета однофазных теплообменных аппаратов;
- изучение основных параметров процессов теплообмена, протекающих в теплообменном оборудовании энергетических установок.

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-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности	знать: - особенности процессов теплообмена, протекающих в теплообменных аппаратах.  уметь: - анализировать влияние параметров аппарата на процессы теплообмена в нем.
ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание конструкции и принципа работы объектов профессиональной деятельности	знать: - классификацию теплообменных аппаратов по различным признакам; - назначение и место в тепловой схеме основных теплообменных аппаратов ПСУ и ГТУ.  уметь: - проводить конструкторский расчет однофазного теплообменного аппарата.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, 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 3 зачетных единицы, 108 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	Теплообменники ЭУ. Основные понятия и классификация	29.7	6	8	-	6	-	-	-	-	-	15.7	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 306-327</p>	
1.1	Теплообменники ЭУ. Основные понятия и классификация	29.7		8	-	6	-	-	-	-	-	15.7	-		
2	Конструкция кожухотрубных теплообменных аппаратов	17		2	-	-	-	-	-	-	-	15	-		<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 227-242 [3], стр. 45-87</p>
2.1	Конструкция кожухотрубных теплообменных аппаратов	17		2	-	-	-	-	-	-	-	15	-		
3	Особенности расчета однофазных теплообменных аппаратов. Конструкторский и поверочный расчет	24		2	-	2	-	-	-	-	-	20	-		<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Выполнение расчетного задания <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 341-374 [3], стр. 25-32</p>
3.1	Особенности расчета однофазных теплообменных аппаратов. Конструкторский и поверочный расчет	24	2	-	2	-	-	-	-	-	20	-			
4	Теплообменники	27		12	-	4	-	-	-	-	-	11	-	<b><u>Самостоятельное изучение</u></b>	

	ПСУ. Конденсатор, регенеративные подогреватели, деаэрактор, сетевые подогреватели												<i><u>теоретического материала:</u></i> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [2], стр. 106-172
4.1	Теплообменники ПСУ. Конденсатор, регенеративные подогреватели, деаэрактор, сетевые подогреватели	27	12	-	4	-	-	-	-	-	11	-	
5	Теплообменники ГТУ. Воздухоохладитель, регенератор	10	4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<i><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></i> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [4], стр. 200-247
5.1	Теплообменники ГТУ. Воздухоохладитель, регенератор	10	4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>65.7</b>	<b>-</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>65.7</b>	<b>-</b>	

**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. Теплообменники ЭУ. Основные понятия и классификация

#### 1.1. Теплообменники ЭУ. Основные понятия и классификация

Виды теплообмена, влияние характеристик теплоносителей и поверхностей на интенсивность теплообмена. Основные уравнения теплообмена. Классификация теплообменных аппаратов. Прямоточная, противоточная и перекрестная схемы движения теплоносителей. Их сравнение. Уравнение полного напора. Общие требования к теплообменным аппаратам энергетических установок. Особенности теплообмена при фазовых переходах теплоносителей.

### 2. Конструкция кожухотрубных теплообменных аппаратов

#### 2.1. Конструкция кожухотрубных теплообменных аппаратов

Основные элементы конструкции кожухотрубных теплообменных аппаратов. Корпуса, входная и поворотная водяные камеры, промежуточные перегородки, трубные доски, трубки, патрубки, межтрубное пространство и трубные пучки. Виды компенсации тепловых расширений. Особенности конструкции двухфазных теплообменных аппаратов.

### 3. Особенности расчета однофазных теплообменных аппаратов. Конструкторский и поверочный расчет

#### 3.1. Особенности расчета однофазных теплообменных аппаратов. Конструкторский и поверочный расчет

Применение основных уравнений теплообмена в интегральном виде для расчета теплообменных аппаратов. Конструкторский расчет, общий порядок его проведения. Поверочный расчет. Влияние параметров теплообменного аппарата на интенсивность теплообмена.

### 4. Теплообменники ПСУ. Конденсатор, регенеративные подогреватели, деаэрактор, сетевые подогреватели

#### 4.1. Теплообменники ПСУ. Конденсатор, регенеративные подогреватели, деаэрактор, сетевые подогреватели

Конденсатор – назначение и принцип работы, основные характеристики, конденсационная установка, принципиальная схема. Система регенеративного подогрева в тепловой схеме ПСУ - назначение, особенности работы. Подогреватели низкого давления – условия работы, виды исполнения, особенности включения в тепловую схему. Подогреватели низкого давления смешивающего типа. Подогреватели высокого давления – условия работы, основные элементы конструкции и принцип работы. Деаэраторы – назначение, конструкция и принцип действия. Удаление растворимых газов – особенности процесса и условия протекания, выпар. Сетевые подогреватели – схема обеспечения потребителя теплом, прямая и обратная сетевая вода, суточные и сезонные графики потребления, особенности включения сетевых подогревателей в тепловую схему ТЭЦ, конструктивные особенности.

### 5. Теплообменники ГТУ. Воздухоохладитель, регенератор

#### 5.1. Теплообменники ГТУ. Воздухоохладитель, регенератор

Особенности применения теплообменных аппаратов в ГТУ, методы интенсификации теплообмена для газо-газовых теплообменников. Влияние воздухоохладителя и регенератора

на термодинамический процесс ГТУ. Конструкция теплообменников ГТУ и особенности их эксплуатации. Основные характеристики воздухоохладителей и регенераторов ГТУ.

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

1. Характеристики материалов, тепловой поток, теплообмен через стенку, уравнение теплового баланса (2 часа);
2. Уравнение теплопередачи и полного напора (2 часа);
3. Прямоточная и противоточная схемы движения теплоносителей (2 часа);
4. Конструкторский расчет кожухотрубного теплообменного аппарата (2 часа);
5. Основные уравнения теплообмена при изменении агрегатного состояния теплоносителей (4 часа);
6. Влияние параметров теплообменных аппаратов на термодинамические циклы ГТУ (2 часа).

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

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

Запланированные результаты обучения по дисциплине (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	5	
<b>Знать:</b>							
особенности процессов теплообмена, протекающих в теплообменных аппаратах	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+					Контрольная работа/Контрольная работа «Основные уравнения теплообмена»
назначение и место в тепловой схеме основных теплообменных аппаратов ПСУ и ГТУ	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>				+	+	Тестирование/Тест «Теплообменные аппараты ПСУ и ГТУ»
классификацию теплообменных аппаратов по различным признакам	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>	+	+				Тестирование/Тест «Теплообменные аппараты ЭУ. Основные понятия»
<b>Уметь:</b>							
анализировать влияние параметров аппарата на процессы теплообмена в нем	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+			+		Контрольная работа/Контрольная работа «Теплообменники ЭУ»
проводить конструкторский расчет однофазного теплообменного аппарата	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>			+			Расчетно-графическая работа/Типовой расчет «Конструкторский расчет однофазного теплообменного аппарата»



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

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

**6 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Типовой расчет «Конструкторский расчет однофазного теплообменного аппарата» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Основные уравнения теплообмена» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Теплообменники ЭУ» (Контрольная работа)
3. Тест «Теплообменные аппараты ПСУ и ГТУ» (Тестирование)
4. Тест «Теплообменные аппараты ЭУ. Основные понятия» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №6)*

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

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

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

1. Исаченко, В. П. Теплопередача : Учебник для энергетических вузов и факультетов / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел . – 4-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергоиздат, 1981 . – 416 с.;
2. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок / Ю. М. Бродов, и др. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008 . – 480 с. - ISBN 978-5-383-00079-3 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4180](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4180);
3. Вертелин, С. Н. Теплообменники энергетических установок : учебное пособие по курсу "Теплообменники энергетических установок" по направлению "Энергетическое машиностроение" / С. Н. Вертелин, Т. В. Богомолова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 164 с. - ISBN 978-5-7046-1794-5 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8724](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8724);
4. Трухний А.Д.- "Паровые и газовые турбины для электростанций", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011577.html>.

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. SmathStudio.

## 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. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
12. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>
13. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
14. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
15. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
16. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
17. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-25, Учебная аудитория	
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-25, Учебная аудитория	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-25, Учебная аудитория	
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
	П-28, Комната для	

	самостоятельных занятий студентов	
Помещения для консультирования	П-03/1, Кабинет сотрудников	
	П-27, Переговорная	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	П-05/1, Помещение для учебного инвентаря	
	П-03/3, Подсобное помещение	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Теплообменники энергетических установок

(название дисциплины)

#### 6 семестр

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

- КМ-1 Тест «Теплообменные аппараты ЭУ. Основные понятия» (Тестирование)
- КМ-2 Контрольная работа «Основные уравнения теплообмена» (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольная работа «Теплообменники ЭУ» (Контрольная работа)
- КМ-4 Типовой расчет «Конструкторский расчет однофазного теплообменного аппарата» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-5 Тест «Теплообменные аппараты ПСУ и ГТУ» (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	3	5	9	10	14
1	Теплообменники ЭУ. Основные понятия и классификация						
1.1	Теплообменники ЭУ. Основные понятия и классификация		+	+	+		
2	Конструкция кожухотрубных теплообменных аппаратов						
2.1	Конструкция кожухотрубных теплообменных аппаратов		+				
3	Особенности расчета однофазных теплообменных аппаратов. Конструкторский и поверочный расчет						
3.1	Особенности расчета однофазных теплообменных аппаратов. Конструкторский и поверочный расчет					+	
4	Теплообменники ПСУ. Конденсатор, регенеративные подогреватели, деаэратор, сетевые подогреватели						
4.1	Теплообменники ПСУ. Конденсатор, регенеративные подогреватели, деаэратор, сетевые подогреватели				+		+
5	Теплообменники ГТУ. Воздухоохладитель, регенератор						
5.1	Теплообменники ГТУ. Воздухоохладитель, регенератор						+
Вес КМ, %:			15	20	20	20	25