

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

| | |
|---|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.05 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 6 семестр - 3; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 108 часов |
| Лекции | 6 семестр - 28 часа; |
| Практические занятия | 6 семестр - 14 часов; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 6 семестр - 65,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Тестирование Контрольная работа Расчетно-графическая работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 6 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

В.А. Тищенко

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

О.М.

Митрохова

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|--|---|-----------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | 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 _{ПК-1} 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 _{ПК-1} 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 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 306-327 |
| 1.1 | Теплообменники ЭУ. Основные понятия и классификация | 29.7 | | 8 | - | 6 | - | - | - | - | - | 15.7 | - | |
| 2 | Конструкция кожухотрубных теплообменных аппаратов | 17 | | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 15 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 227-242 [3], стр. 45-87 |
| 2.1 | Конструкция кожухотрубных теплообменных аппаратов | 17 | | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 15 | - | |
| 3 | Особенности расчета однофазных теплообменных аппаратов. Конструкторский и поверочный расчет | 24 | | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 20 | - | <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение расчетного задания <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 341-374 [3], стр. 25-32 |
| 3.1 | Особенности расчета однофазных теплообменных аппаратов. Конструкторский и поверочный расчет | 24 | | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 20 | - | |
| 4 | Теплообменники | 27 | | 12 | - | 4 | - | - | - | - | - | 11 | - | <u>Самостоятельное изучение</u> |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|--------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|-------------|----------|--|
| | 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 | - | - | |
| | Всего за семестр | 108.0 | 28 | - | 14 | - | - | - | - | 0.3 | 65.7 | - | |
| | Итого за семестр | 108.0 | 28 | - | 14 | - | - | - | - | 0.3 | 65.7 | - | |

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 | |
| Знать: | | | | | | | |
| особенности процессов теплообмена, протекающих в теплообменных аппаратах | ИД-1 _{ПК-1} | + | | | | | Контрольная работа/Контрольная работа «Основные уравнения теплообмена» |
| назначение и место в тепловой схеме основных теплообменных аппаратов ПСУ и ГТУ | ИД-2 _{ПК-1} | | | | + | + | Тестирование/Тест «Теплообменные аппараты ПСУ и ГТУ» |
| классификацию теплообменных аппаратов по различным признакам | ИД-2 _{ПК-1} | + | + | | | | Тестирование/Тест «Теплообменные аппараты ЭУ. Основные понятия» |
| Уметь: | | | | | | | |
| анализировать влияние параметров аппарата на процессы теплообмена в нем | ИД-1 _{ПК-1} | + | | | + | | Контрольная работа/Контрольная работа «Теплообменники ЭУ» |
| проводить конструкторский расчет однофазного теплообменного аппарата | ИД-2 _{ПК-1} | | | + | | | 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;
3. Вертелин, С. Н. Теплообменники энергетических установок : учебное пособие по курсу "Теплообменники энергетических установок" по направлению "Энергетическое машиностроение" / С. Н. Вертелин, Т. В. Богомоллова, 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;
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
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 |