

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: Промышленная теплоэнергетика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ЭНЕРГОБАЛАНСЫ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

| | |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.09.03 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 6 семестр - 4; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 144 часа |
| Лекции | 6 семестр - 28 часа; |
| Практические занятия | 6 семестр - 28 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 6 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 6 семестр - 85,5 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Тестирование Проверочная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 6 семестр - 0,5 часа; |

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|--|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Хромченков В.Г. |
| | Идентификатор | Ra9b8b8c8-KhromchenkovVG-58c02f |

(подпись)

В.Г. Хромченков

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

| | | |
|--|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Шелгинский А.Я. |
| | Идентификатор | Rf4e216f4-ShelginskyAY-88390edf |

(подпись)

А.Я.
Шелгинский

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

| | | |
|--|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Яворовский Ю.В. |
| | Идентификатор | R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149 |

(подпись)

Ю.В.
Яворовский

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение структуры и принципов построения теплоэнергетической системы промышленного предприятия, закономерностей и характерных особенностей ее функционирования, а также составление и анализ энергетических и эксергетических балансов различного назначения и вида, с целью качественной и количественной оценки состояния энергетического хозяйства и энергоиспользования.

Задачи дисциплины

- познакомиться с принципами построения теплоэнергетической системы промышленного предприятия, ее особенностями, проблемами и способами их решения;
- дать информацию о способах и видах сбора необходимой информации для составления энергобалансов;;
- научить анализировать полученные результаты составления энергобалансов для оценки фактического состояния энергоиспользования на предприятии;
- рассмотреть классификацию энергетических балансов, принципы и особенности их составления.

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-3 Способен участвовать в эксплуатации промышленных и коммунальных теплоэнергетических систем и комплексов | ИД-1 _{ПК-3} обеспечивает контроль соблюдения норм расхода всех видов энергоресурсов | знать: - методики совершенствования технологии производства;; - типовые методики проведения расчетов и проектирования элементов оборудования и объектов деятельности (систем) в целом с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации;; - информационные технологии, в том числе современные средства компьютерной графики в своей предметной области.. уметь: - разрабатывать мероприятия по совершенствованию производства. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Промышленная теплоэнергетика (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 4 зачетных единицы, 144 часа.

| № 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 | Теплоэнергетическая система (ТЭС) промышленного предприятия (ПП) и ее характеристика | 14 | 6 | 4 | - | 4 | - | - | - | - | - | 6 | - | <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теплоэнергетическая система (ТЭС) промышленного предприятия (ПП) и ее характеристика"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п.1-2 [2], п.1-2 [3], п. 1-2</p> | |
| 1.1 | Общая характеристика теплоэнергетической и энерготехнологической систем (ТЭС и ЭТС) промышленных предприятий (ПП). | 14 | | 4 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 6 | | - |
| 2 | Внутренние энергоресурсы и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП | 20 | | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 8 | | - |
| 2.1 | Внутренние энергоресурсы и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП | 20 | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 8 | - | | |
| 3 | ТЭС ПП металлургического | 38 | | 10 | - | 8 | - | - | - | - | - | 20 | - | <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и</p> | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|---|----|---|---|---|---|-----|----|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | комбината с полным технологическим циклом. Энергобалансы | | | | | | | | | | | | подготовка к защите лаб. работы <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "ТЭС |
| 3.1 | ТЭС ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом. Энергобалансы | 38 | 10 | - | 8 | - | - | - | - | - | 20 | - | ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом. Энергобалансы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], п.3 |
| 4 | Горючие и тепловые ВЭР. Методы сведения балансов. | 36 | 8 | - | 10 | - | - | - | - | - | 18 | - | <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы |
| 4.1 | Горючие и тепловые ВЭР. Методы сведения балансов | 36 | 8 | - | 10 | - | - | - | - | - | 18 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Горючие и тепловые ВЭР. Методы сведения балансов." |
| | Экзамен | 36.0 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 144.0 | 28 | - | 28 | - | 2 | - | - | 0.5 | 52 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 144.0 | 28 | - | 28 | | 2 | | - | 0.5 | | 85.5 | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Теплоэнергетическая система (ТЭС) промышленного предприятия (ПП) и ее характеристика

1.1. Общая характеристика теплоэнергетической и энерготехнологической систем (ТЭС и ЭТС) промышленных предприятий (ПП).

Общая характеристика теплоэнергетической и энерготехнологической систем (ТЭС и ЭТС) промышленных предприятий (ПП). Значение ТЭС ПП для эффективного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), их классификация. Рациональное построение ТЭС ПП, как один из путей экономии энергоресурсов..

2. Внутренние энергоресурсы и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП

2.1. Внутренние энергоресурсы и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП

Понятие внутренних энергетических ресурсов (ВЭР) ПП. Особенности использования ВЭР, их энергетический потенциал. Горючие и тепловые внутренние энергоресурсы. Определение экономии топлива при использовании тепловых ВЭР. Экономическая эффективность использования ВЭР..

3. ТЭС ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом. Энергобалансы

3.1. ТЭС ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом. Энергобалансы

Структура теплоэнергетической и энерготехнологической систем комбината. Энергетические характеристики основных производств (коксохимическое, агломерационное, доменное, сталеплавильное, прокатное). Принципы составления теплового баланса. Структура теплового баланса предприятий, его виды. Тепловой баланс потребителей теплоты. Паровой и конденсатный балансы предприятия. Тепловой баланс предприятия с собственной котельной. Расходы теплоты на технологические нужды, отопление, вентиляцию и систему горячего водоснабжения. Удельные нормы теплоты на выработку отдельных видов продукции, влияние основных факторов. Топливо-энергетический и материальный балансы отдельных производств металлургического комбината с полным технологическим циклом и комбината в целом. Основные понятия эксергетического анализа..

4. Горючие и тепловые ВЭР. Методы сведения балансов.

4.1. Горючие и тепловые ВЭР. Методы сведения балансов

Особенности использования горючих ВЭР. Методы сведения балансов горючих ВЭР и снижения их потерь. Буферные потребители горючих ВЭР. Методы использования периодических выходов горючих газов. Конструкция и особенности работы аккумуляторов газа (газгольдеров). Схемы использования периодических выходов горючих газов с применением аккумуляторов теплоты. Причины возникновения дебалансов пара. Методы сведения балансов производственного пара. Использование заводской ТЭЦ в качестве звена, замыкающего баланс производственного пара по заводу. Аккумуляторы пара. Выравнивание паропроизводительности утилизационных установок за счет использования подтопки с рециркуляцией газов. Пиковые паровые котлы. Использование избытков пара утилизационных установок, в том числе для выработки электроэнергии. Низкопотенциальные ВЭР, определение и классификация. Повышение давления пара в

турбокомпрессорах. Сезонное использование физической теплоты газов с низкой температурой. Схемы использования теплоты охлаждения конструктивных элементов технологических агрегатов. Использование низкопотенциальных ВЭР в вентиляционных схемах промышленных предприятий. Утилизационные установки (УУ) в энергосистеме промышленного предприятия. Общая характеристика УУ. Оптимальное распределение горючих ВЭР. Использование избыточного давления газов и жидкостей. Утилизационные установки, использующие ВЭР в виде физической теплоты газов, горячей продукции, охлаждения элементов конструкций агрегатов и т.д. Выбор параметров пара утилизационных установок. Схемы установки котла-утилизатора в газовом тракте технологического агрегата. Комплексное использование горючих и тепловых ВЭР, а также избыточного давления газа на примере доменного производства. Схемы применения газовых утилизационных бескомпрессорных турбин и их особенности. Использование теплоты доменного газа, уходящих газов доменных воздухоподогревателей, пара системы испарительного охлаждения и тепла доменного шлака..

3.3. Темы практических занятий

1. ТЭС ПП на примере металлургического комбината с полным технологическим циклом (2 часа).;
2. Расчеты по определению выхода тепловых и горючих ВЭР и их энергетического потенциала (2 часа).;
3. Определение экономии топлива, при использовании горючих ВЭР. Расчет степени сухости и энтальпии влажного пара, получаемого на утилизационных установках с использованием балансовых уравнений (1 час).
4. Топливный баланс реального металлургического комбината. Пути экономии ТЭР (1 час).;
4. 5. Реальные графики выхода и потребления энергоресурсов и их учет (1 час).
6. Методы определения величины выхода горючих и тепловых ВЭР (1 час).;
5. 7. Энергетическая эффективность использования ВЭР. (1 час).
8. Особенности определения экономии топлива, при использовании горючих ВЭР (1 час).;
6. 9. Определение экономии топлива, при использовании тепловых ВЭР для случаев наличия на заводе котельных и ТЭЦ (2 часа).;
7. 10. Расчеты параметров пара утилизационных установок. Выбор оптимальных параметров пара при утилизации тепловых ВЭР (2 часа).;
8. 11. Расчет смешивающего подогревателя доменного газа перед газовой утилизационной бескомпрессорной турбиной (2 часа).;
9. 12. Расчет параметров доменного газа за газовой утилизационной бескомпрессорной турбиной и ее мощности при расширении насыщенного доменного газа (2 часа).;
10. 13. Расчет параметров доменного газа за газовой утилизационной бескомпрессорной турбиной и ее мощности при расширении влажного доменного газа при «сухой» его очистки (2 часа).;
11. 14. Тепловой расчет парового аккумулятора с определением аккумулирующей способности, его водяного и геометрического объема (2 часа).;
12. 15. Определение экономии топлива за счет повышения давления пара низких параметров в компрессорах (2 часа).;
13. 16. Расчет энергетической и эксергетической эффективности компримирования низкопотенциального пара (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 | |
| Знать: | | | | | | |
| информационные технологии, в том числе современные средства компьютерной графики в своей предметной области. | ИД-1 _{ПК-3} | | | + | | Проверочная работа/Контрольная работа №4. «Комплексное использование горючих и тепловых ВЭР» |
| типовые методики проведения расчетов и проектирования элементов оборудования и объектов деятельности (систем) в целом с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации; | ИД-1 _{ПК-3} | + | | + | | Тестирование/Тест №1 Тема: «Теплоэнергетическая система промышленного предприятия и ее характеристика» |
| методики совершенствования технологии производства; | ИД-1 _{ПК-3} | | | + | | Проверочная работа/Контрольная работа №3. «ТЭС ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом» Проверочная работа/Контрольная работа №4. «Комплексное использование горючих и тепловых ВЭР» /Самостоятельная работа №2. «Внутренние энергоресурсы (ВЭР) и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП» |
| Уметь: | | | | | | |
| разрабатывать мероприятия по совершенствованию производства | ИД-1 _{ПК-3} | | | + | | Проверочная работа/Контрольная работа №4. «Комплексное использование горючих и тепловых ВЭР» /Самостоятельная работа №2. «Внутренние энергоресурсы (ВЭР) и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП» |

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: Письменная работа

1. Контрольная работа №3. «ТЭС ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом» (Проверочная работа)
2. Контрольная работа №4. «Комплексное использование горючих и тепловых ВЭР» (Проверочная работа)
3. Самостоятельная работа №2. «Внутренние энергоресурсы (ВЭР) и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП» ()
4. Тест №1 Тема: «Теплоэнергетическая система промышленного предприятия и ее характеристика» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

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. Сазанов, Б. В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы : учебное пособие по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Б. В. Сазанов, В. И. Ситас . – М. : Издательский дом МЭИ, 2014 . – 275 с. - ISBN 978-5-383-00900-0 .;
2. Сазанов, Б. В. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий : учебное пособие для вузов по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / Б. В. Сазанов, В. И. Ситас . – М. : Энергоатомиздат, 1990 . – 304 с. - ISBN 5-283-00128-8 .;
3. Сазанов Б. В., Ситас В. И.- "Промышленные теплоэнергетические установки и системы", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2014 - (275 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72273.

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. Acrobat Reader.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|----------------------|------------------------------------------|------------------|
| | отсутствует | |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест №1 Тема: «Теплоэнергетическая система промышленного предприятия и ее характеристика» (Тестирование)
- КМ-2 Самостоятельная работа №2. «Внутренние энергоресурсы (ВЭР) и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП»
- КМ-3 Контрольная работа №3. «ТЭС ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом» (Проверочная работа)
- КМ-4 Контрольная работа №4. «Комплексное использование горючих и тепловых ВЭР» (Проверочная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 10 | 12 |
| 1 | Теплоэнергетическая система (ТЭС) промышленного предприятия (ПП) и ее характеристика | | | | | |
| 1.1 | Общая характеристика теплоэнергетической и энерготехнологической систем (ТЭС и ЭТС) промышленных предприятий (ПП). | | + | | | |
| 2 | Внутренние энергоресурсы и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП | | | | | |
| 2.1 | Внутренние энергоресурсы и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП | | | + | + | + |
| 3 | ТЭС ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом. Энергобалансы | | | | | |
| 3.1 | ТЭС ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом. Энергобалансы | | + | | | + |
| 4 | Горючие и тепловые ВЭР. Методы сведения балансов. | | | | | |
| 4.1 | Горючие и тепловые ВЭР. Методы сведения балансов | | | | | |
| Вес КМ, %: | | | 25 | 25 | 25 | 25 |