

Направление подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»
Профиль «Атомные электростанции и установки»
РПД Б1.В.08 «Тепломассообменное оборудование АЭС»



Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора филиала
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Смоленске
канд. техн. наук, доцент
И.В. Рожков

«27» 10 2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Тепломассообменное оборудование АЭС

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»

Профиль: «Атомные электростанции и установки»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

Год набора: 2026

Смоленск

Программа составлена с учетом образовательного стандарта высшего образования (ОС ВО) по направлению подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», утвержденного ректором ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Н.Д. Рогалевым 27.10.2023.

Программу составил:


_____ подпись _____ ст. преподаватель _____ Фокин А.М.
_____ ФИО

« 10 » октября 2025 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика»:
« 15 » октября 2025 г., протокол № 2

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»:


_____ подпись _____ В.А. Галковский
_____ Ф.И.О.

« 20 » октября 2025 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе
с ЛОВЗ и инвалидами**


_____ подпись _____ зам. начальника УУ _____ Е.В. Зуева
_____ ФИО

« 20 » октября 2025 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование знаний в области современных конструкций тепломассообменного оборудования, методов их расчета и оптимизации посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС и установленных программой бакалавриата на основе профессиональных стандартов.

Задачи дисциплины:

- ознакомить обучающихся с применяемыми промышленными теплотехнологическими установками различного назначения и основными направлениями описания рабочих процессов в промышленных агрегатах;
- добиться прочного усвоения знаний по вопросу проведения теплового, гидравлического, компоновочного расчетов;
- сформировать понимание зависимостей, на которых базируются расчеты;
- сформировать навыки математического моделирования при решении задач проектирования тепломассообменных установок и выбора оптимального режима работы;
- обратить внимание на современный уровень развития данной отрасли.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Тепломассообменное оборудование АЭС» относится к части программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые следующими базовыми дисциплинами:

Тепломассообмен;

Атомные и тепловые электростанции. Часть 1: Тепловые схемы и режимы работы станций;

Атомные и тепловые электростанции. Часть 2: Тепломеханическое оборудование электростанций;

Парогенераторы атомных и тепловых электростанций и их эксплуатация;

Турбомашины АЭС.

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения данной дисциплины, являются базовыми для изучения следующих дисциплин:

Измерительные системы на АЭС;

Ядерные энергетические реакторы;

Использование системы автоматизированного проектирования в атомной энергетике;

Электрооборудование АЭС.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК-1. Способен определять энергоэффективность теплотехнического оборудования в сфере профессиональной деятельности	ПК-1.1 Планирует и подготавливает типовые решения по определению мероприятий, повышающих энергоэффективность теплотехнического оборудования объектов атомной энергетики	Знает: методы сбора и анализа исходных данных для разработки мероприятий по совершенствованию и модернизации технологического оборудования, технологических процессов, техническую и нормативную документацию предприятий. Умеет: анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт, анализировать информацию о новых типах и конструкциях тепломассообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования. Владеет: основными законами тепломассообмена в тепловых и ядерных установках.
	ПК-1.2 Выполняет типовые экспериментальные исследования теплоэнергетических систем и их элементов по повышению энергоэффективности теплотехнического оборудования	Знает: типовые методики расчета тепломассообменных процессов и установок. Умеет: составлять структурные схемы элементов тепломассообменного оборудования. Владеет: методами проведения тепловых и гидравлических расчетов тепломассообменного оборудования с использованием нормативной документации.
ПК-2. Демонстрирует понимание основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ПК-2.1 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей	Знает: основные законы термодинамики и их применение в тепломассообменных установках Умеет: пользоваться знаниями, полученными в процессе изучения дисциплины для решения технических проблем, возникающих в процессе нахождения решений поставленных технических задач. Владеет: методами применения современных информационных технологий при решении профессиональных задач
	ПК-2.2 Демонстрирует понимание основных законов тепломассообмена и применяет их для расчетов элементов теплоэнергетических установок и систем	Знает: способы и подходы к самостоятельной работе по решению задач в области теплоэнергетики и теплотехники. Умеет: пользоваться средствами автоматизации для проектирования

		<p>технологического оборудования в соответствии с техническим заданием</p> <p>Владеет: методами, способами и средствами обработки и хранения информации с использованием современных систем автоматизации для индивидуального принятия решений в области теплоэнергетики и тепло-техники</p>
<p>ПК-4. Способен к участию в эксплуатации и проектировании основного оборудования атомных электростанций и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы</p>	<p>ПК-4.1 Знает принципы работы, компоновку и физические особенности реакторных установок различных типов</p>	<p>Знает: физическую сущность тепловых и массообменных процессов в теплотехническом оборудовании</p> <p>Умеет: анализировать и обрабатывать технические данные на проект.</p> <p>Владеет: методологией подбора и анализа исходных данных для проекта.</p>
	<p>ПК-4.3 Демонстрирует знание основ исследования и проектирования технологической схемы АЭС применительно к ее основному технологическому процессу</p>	<p>Знает: правила оформления проектной документации.</p> <p>Умеет: использовать современные источники для сбора информации для выполнения технического проекта и пользоваться нормативной документацией</p> <p>Владеет: современными методами пользования нормативной документацией и прочими ресурсами.</p>

Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	<p>Лекционные занятия 17 шт. по 2 часа:</p> <p>1.1. Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий.</p> <p>1.2. Принципиальные схемы ТЭС и АЭС. Реакторы на естественном уране с графитовым замедлителем. Реакторы с водой под давлением. Кипящие реакторы. Реакторы на естественном уране с тяжеловодным замедлителем и теплоносителем.</p> <p>1.3. Оптимизация конструктивных и режимных параметров при расчете тепломассообменного оборудования.</p> <p>1.4. Рекуперативные теплообменные аппараты. Распределение температур в трубах и каналах теплообменников.</p> <p>1.5. Виды реакторов: на естественном уране с графитовым замедлителем; с водой под давлением; кипящие реакторы; на естественном уране с тяжеловодным замедлителем и теплоносителем; быстрые реакторы-размножители с жидкометаллическим теплоносителем</p> <p>1.6. Тепловые трубы. Теплообменные аппараты на тепловых трубах.</p> <p>1.7. Регенеративные теплообменные аппараты. Схемы включения поверхностных подогревателей в систему регенеративного подогрева.</p> <p>1.8. Смесительные теплообменные аппараты. Скрубберы Вентури.</p> <p>1.9. Основные процессы обработки воздуха в H-d диаграмме.</p> <p>1.10. Выпарные, опреснительные, кристаллизационные и испарительные установки, их назначение, виды и принцип действия.</p> <p>1.11. Материальный и тепловой балансы выпарных установок.</p> <p>1.12. Сушильные установки. Основы кинетики и динамики сушки. Тепловой и материальный баланс конвективной сушильной установки.</p> <p>1.13. Перегонные и ректификационные установки. Флегмовое число.</p> <p>1.14. Схемы подключения и конструкции испарителей: поверхностные и адиабатные. Сепараторы и паровые промежуточные перегреватели АЭС для работы с турбинами насыщенного пара.</p> <p>1.15. Принципиальные схемы абсорбционных установок.</p> <p>1.16. Основные виды и назначение вспомогательного оборудования.</p> <p>1.17. Поверочный расчет тепломассообменного оборудования.</p>
2	<p>Лабораторные работы 4 шт. по 4 часа:</p> <p>2.1. Изучение работы секционного теплообменника.</p> <p>2.2. Анализ эффективности работы пластинчатых теплообменных аппаратов на основе показателей теплоэнергетической эффективности.</p> <p>2.3. Исследование процессов во влажном воздухе.</p> <p>2.4. Экспериментальное определение КПД пылеочистного устройства.</p>
3	<p>Практические занятия 8 шт. по 2 часа:</p> <p>3.1. Основные расчетные соотношения для расчета процессов теплообмена и гидродинамики в теплообменных аппаратах. Уравнения теплового баланса и теплопередачи.</p> <p>3.2. Тепловой конструктивный расчет рекуперативных теплообменников.</p> <p>3.3. Компонентный расчет трубчатых теплообменников.</p>

	<p>3.4. Тепловой расчет смесительных теплообменников. Диаграмма «энтальпия-влажносодержание» для влажных газов.</p> <p>3.5. Расчет однокорпусной выпарной установки.</p> <p>3.6. Тепловой и материальный баланс конвективной сушильной установки.</p> <p>3.7. Построение фазовых диаграмм и диаграмм равновесия для жидких смесей. Определение числа теоретических тарелок в ректификационной колонне.</p> <p>3.8. Подбор теплообменного оборудования.</p>
4	Расчетно-графическая работа (реферат) на тему «Конструктивный и гидравлический расчет рекуперативного теплообменного аппарата»
5	<p>Самостоятельная работа студентов:</p> <p>Коэффициент аккумуляции насадки;</p> <p>Контактные аппараты с активной насадкой (КТАН);</p> <p>Деаэраторы, их назначение, виды, конструкции, принципы действия, основы расчета;</p> <p>Свойства растворов;</p> <p>Аппараты погружного горения;</p> <p>Способы интенсификации процесса сушки.</p>

Текущий контроль:

Индикаторы достижения компетенции	Вид текущего контроля	Тема
ПК-2.1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет альтернативные варианты технических решений систем теплоэнергетики и теплотехники	<p>Защита лабораторной (лабораторных) работ.</p> <p>Проверка конспектов лекции.</p> <p>Контрольная работа</p>	Виды и методы расчета теплообменного оборудования.
ПК-2.2 Обосновывает выбор наиболее целесообразного решения при проектировании систем теплоэнергетики и теплотехники в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией с соблюдением различных технических, энергоэффективных и экологических требований	Устный опрос	Оптимизация конструктивных и режимных параметров при расчете тепломассообменного оборудования.
ПК-5.1 Рассматривает задачу составления и оформления типовой технической документации при разработке проекта системы теплоэнергетики и теплотехники с соблюдением существующих нормативов, стандартов (технических условий)	<p>Защита лабораторной (лабораторных) работ.</p> <p>Проверка конспектов лекции.</p> <p>Контрольная работа</p>	Основные процессы обработки воздуха в H-d диаграмме.
ПК-5.2 Применяет навыки составления и оформления типовой технической документации при разработке проекта системы теплоэнергетики и теплотехники	<p>Защита лабораторной (лабораторных) работ.</p> <p>Проверка конспектов лекции.</p>	<p>Коэффициент аккумуляции насадки;</p> <p>Контактные аппараты с активной насадкой (КТАН).</p> <p>Основные виды и</p>

		назначение вспомогательного оборудования.
--	--	---

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной занятости по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	Лекции	Классическая (традиционная, информационная) лекция
2	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений
3	Лабораторная работа	Допуск к лабораторной работе Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде)
4	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине)
5	Контроль (промежуточная аттестация: экзамен)	Технология устного опроса

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

*Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной
 (примеры вопросы по лекционному материалу дисциплины)*

- 1 Причины работы турбин мощных АЭС с водным теплоносителем на насыщенном паре.
- 2 Виды конструктивных схем водных парогенераторов.
- 3 Назначение трубок Фильда.
- 4 Варианты компоновки водных парогенераторов.
- 5 Компоновки ПГ на АЭС.
- 6 Схема прямоточного ПГ с промежуточным пароперегревателем обогреваемых жидкометаллическими теплоносителями
- 7 Схема парогенераторов на газовых теплоносителях со змеевиковыми поверхностями теплообмена.

8 Виды циркуляции у парогенераторов на газовых теплоносителях со змеевиковыми поверхностями теплообмена.

9 Виды циркуляции теплоносителя в парогенераторах.

10 Схемы включения поверхностных подогревателей в систему регенеративного подогрева.

11 Типы поверхностных регенеративных подогревателей

12 Схема подогрева питательной воды в подогревателях с охладителями пара и дренажа. 13

Типы поверхностных регенеративных подогревателей

14 Конструкции регенеративных подогревателей смешивающего типа.

15 Типы сетевых подогревателей.

16 Назначение испарителей и их типы.

17 Схемы подключения и конструкции испарителей.

Схемы включения испарителя в систему регенерации турбины.

19 Установками мгновенного вскипания.

20 Основные элементы конструкции испарителей.

21 Конструкции и назначение паропреобразователей.

22 Назначение и типы сепараторов.

23 Основные конструктивные элементы сепараторов.

24 Виды одноконтурных и многоконтурных схем АЭС.

25 Назначение парогенератора в схеме АЭС.

26 Теплоноситель в реакторах на естественном уране с графитовым замедлителем.

27 Замедлитель в реакторах с водой под давлением.

28 Количество контуров в реакторах с водой под давлением.

29 Основное отличие кипящих реакторов от реакторов с водой под давлением.

30 Преимущества применения в качестве замедлителя тяжелой воды.

31 Количество контуров в кипящих реакторах с графитовым замедлителем.

32 Количество контуров в быстрых реакторах-размножителях с жидкометаллическим теплоносителем.

33 Основные характеристики парогенератора АЭС.

*Вопросы по приобретению и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной
(примеры вопросов к практическим занятиям и защите лабораторных работ)*

1. Что такое теплообменный аппарат, тепломассообменный аппарат?
2. Чем отличаются процессы теплопроводности, конвекции, лучеиспускания?
3. Что такое регенеративные теплообменные аппараты?
4. Что такое рекуперативные теплообменные аппараты?
5. Что относится к высокотемпературным теплоносителям?
6. Что относится к среднетемпературным теплоносителям?
7. Какие теплоносители применяют в криогенных аппаратах?
8. Какие требования предъявляют к теплоносителям.
9. В каких пределах находятся температура, давление и скорость движения теплоносителей в теплообменных аппаратах?
10. В каких пределах находится коэффициент теплоотдачи различных теплоносителей?
11. От чего зависят затраты на транспортировку различных теплоносителей?
12. Чем ограничивается скорость движения запыленных газов по трубопроводам?
13. Чем ограничивается температура движения дымовых газов в тепловых аппаратах?
14. Как изменяется температура теплоносителя в процессах кипения или конденсации?
15. Как изменяется температура фазовых превращений смеси по отношению к ее составляющим?

16. Чем определяются диаметр труб в кожухотрубных теплообменниках?
17. Где используют кожухотрубные теплообменники?
18. Что такое линзовые компенсаторы и где их применяют?
19. Что такое пластинчатые теплообменники и где их применяют?
20. Что такое теплообменники с пленочным движением жидкости, их область применения, достоинства?
21. Что такое калорифер, или воздухоподогреватель?
22. Что такое экономайзер, его конструкция и область использования?
23. Что такое радиационные рекуператоры их особенности и область использования?
24. Что включает конструктивный расчет теплообменника?
25. Что включает поверочный расчет теплообменника?
26. Какие виды расчетов приняты при проектировании теплообменников?
27. Что называется регенеративным теплообменником?
28. Назначение и краткая характеристика насадки регенеративного теплообменника.
29. Основная область применения регенеративных теплообменников.
30. Какие подогреватели используют в качестве воздухоподогревателей для использования теплоты дымовых газов?
31. Что является достоинством регенеративной насадки?
32. Что является недостатком регенеративной насадки?
33. Что такое смесительные теплообменники?
34. Достоинства смесительных теплообменников.
35. Недостатки смесительных теплообменников.
36. Что такое влагосодержание воздуха?
37. Что такое абсолютная влажность воздуха?
38. Как изменяется температура теплоносителя в процессах кипения или конденсации?
39. Какой параметр влажного воздуха изменяется в рекуперативном теплообменнике при повышении температуры?
40. Что такое коэффициент рециркуляции воздуха?
41. Что такое скруббер?

Примеры практических заданий для проверки умений и навыков студентов по дисциплине

1. Произвести тепловой расчет воздушно-воздушного пластинчатого теплообменника.
Исходные данные:
горячий теплоноситель: расход $G_r=0.2778$ кг/с, давление на входе $P_r=8 \cdot 10^5$ Па, температура на входе $T_r^I=606$ К, температура на выходе $T_r^{II}=386$ К;
холодный теплоноситель: расход $G_x=0.7222$ кг/с, давление на входе $P_x=0.3 \cdot 10^5$ Па, температура на входе $T_x^I=245$ К.
Тип поверхности жалюзийный, по горячему воздуху $N=2$, по холодному $N=3$; материал поверхностей теплообмена – нержавеющая сталь ($\lambda=16$ Вт/(м·К)), толщина разграничивающих пластин $\delta=0.2$ мм.
2. Найти точку росы для воздуха, имеющего следующие параметры: $t = 40^\circ\text{C}$ и $\phi = 0.8$.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – экзамен в 7-м семестре.

*Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков,
предусмотренных компетенциями (вопросы к экзамену)*

1. Применение и классификация теплообменных аппаратов
2. Основные конструкции теплообменных аппаратов.
3. Кожухотрубные и секционные теплообменные аппараты. Конструкция и применение.
4. Пластинчатые теплообменники для жидких и газообразных теплоносителей. Конструкции и применение
5. Змеевиковые, спиральные теплообменники. Их конструкции.
6. Характерные параметры теплоносителей в теплообменных аппаратах - скорости температуры, коэффициенты теплоотдачи.
7. Виды расчета теплообменных аппаратов - тепловой конструктивный, поверочный гидравлический и др.
8. Классификация и краткая характеристика основных методов расчета теплообменных аппаратов.
9. Определение тепловой нагрузки аппарата по градиенту температур теплоносителя на поверхности теплообмена.
10. Последовательность теплового, конструктивного и компоновочного расчета кожухотрубного теплообменника.
11. Эффективность теплообменника. Ее физический смысл. Число единиц переноса.
12. Последовательность расчета теплообменника методом E - N.
13. Расчет коэффициентов теплоотдачи в теплообменных аппаратах в случае их зависимости от температуры поверхности теплообмена.
14. Оребренные трубчатые теплообменники. Конструкции и применение Характеристики оребрения. Технология оребрения.
15. Эффективность оребрения. Эффективность оребренной поверхности. Расчет коэффициента теплопередачи для оребренных поверхностей.
16. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов. Основные виды гидравлических потерь в теплообменниках. Определение требуемой мощности на прокачку теплоносителя.
17. Способы увеличения тепловой нагрузки в теплообменных аппаратах (оребрение, интенсификация теплообмена)
18. Рекуперативные теплообменники периодического действия с водяным и паровым подогревом. Определение времени нагрева теплоносителя.
19. Принцип работы тепловых труб. Типы фитилей. Определения количества переданного тепла. Ограничения на работу тепловых труб. Теплообменные аппараты на тепловых трубах.
20. Регенеративные теплообменные аппараты Их основные конструкции. Преимущества и недостатки по сравнению с рекуперативными.
21. Изменение температур насадки регенератора. Коэффициент аккумуляции насадки. Температурный гистерезис.
22. Коэффициент теплопередачи регенеративного теплообменника. Сравнение тепловой эффективности регенератора и рекуператора.
23. H-d диаграмма влажного воздуха. Вид основных процессов обработки воздуха в H-d диаграмме.

24. Вид основных процессов обработки воздуха в смесительных теплообменниках в Н-d диаграмме.
25. Аппараты влажного воздуха. Их расчет при помощи коэффициента влаговываждения.
26. Соотношение Льюиса и уравнение Меркеля Их применение для расчета теплообменных аппаратов влажного воздуха.
27. Конструкции смесительных теплообменников. Тепловой и материальный баланс смесительных теплообменников.
28. Последовательность построения процесса обработки воздуха в смесительных теплообменниках Средняя разность температур в смесительных теплообменниках.
29. Последовательность расчета полых и насадочных скрубберов.
30. Системы оборотного водоснабжения. Их назначение и классификация.
31. Сравнительная характеристика основных типов градирен.
32. Конструкция вентиляторной градирни и аппарата воздушного охлаждения Выбор расчетной температуры и влажности атмосферного воздуха.
33. Применение выпарных установок. Схемы и конструкции выпарных установок.
34. Принцип действия выпарных аппаратов. Материальный и тепловой баланс выпарной установки Определение количества пара на выпарку.
35. Располагаемая и полезная разность температур в выпарных установках. Типы депрессий в выпарных установках, их вычисление.
36. Последовательность расчета однокорпусной выпарной установки.
37. Особенности расчета средней разности температур и коэффициента теплоотдачи в греющей камере выпарного аппарата.
38. Области применения сушильных установок Периоды сушки материалов Равновесное и критическое влагосодержание.
39. Классификация влажных материалов и принципиальные схемы установок для их сушки Сушильные агенты.
40. Кинетика сушки. Методы расчета времени сушки в ее первом и втором периодах.
41. Материальный конвективной сушильной установки Составляющие теплового баланса сушильной установки. Теоретическая сушилка.
42. Принцип работы тепловых труб. Типы фитилей Определения количества переданного тепла Ограничения на работу тепловых труб.
43. Процессы перегонки и ректификации. Их применение. Отличие процессов выпарки и перегонки
44. Типы смесей жидких компонентов. Закон Рауля.
45. Диаграммы растворов жидких смесей.(P-x, t-x,y, x-y- диаграммы). Их построение и назначение
46. Простая, непрерывная и многократная перегонка Схемы установок и изображение процессов в t-x,y диаграмме.
47. Схема и принцип работы ректификационной установки. Материальный баланс ректификационной установки.
48. Флегмовое число. Минимальное флегмовое число. Определение числа тарелок в ректификационных колоннах.

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным

письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом непринципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».
«неудовлетворительно»/ не зачтено	Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оснащенная следующим основным оборудованием:

- доска маркерная – 1 шт.;
- доска меловая – 1 шт.;
- парты 25 шт. на 50 посадочных мест.

Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, оснащенная следующим оборудованием:

- лаборатория «Теоретических основ теплотехники»;
- стендовое лабораторное оборудование – 10 шт.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации <https://eleden.sbmpei.ru/>:

- персональный компьютер – 18 шт.;
- принтер – 1 шт.;
- мультимедийный проектор – 1 шт.;
- компьютерная сеть с выходом в Интернет – 1 шт.

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;

- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;

- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Суслов В.А. Тепломассообменное оборудование ТЭС и АЭС: учебное пособие/ В.А. Суслов, В.Н. Белоусов, С.В. Антуфьев, Е.Н. Громова, А.Н. Кузнецов, В.А. Кучмин, С.Н. Смородин. – СПб.: СПбГТУРП, 2015. – 83 с.
2. Губарева, В. В. Тепломассообменное оборудование предприятий : учебное пособие / В. В. Губарева, А. В. Губарев — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. — 327 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/288380> (дата обращения: 10.10.2025).
3. Карапузова Н.Ю. Тепломассообменное оборудование предприятий [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Ю. Карапузова, В.М. Фокин. – Электрон. дан.– Волгоград : ВолгГАСУ, 2012. – 72 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=142299> – Загл. с экрана.
4. [Цветков Ф.Ф.](#) Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Ф.Ф.Цветков, Григорьев Б.А. – Электрон. дан. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 562 с. – Режим доступа: <http://nelbook.ru/?book=155> – Загл. с экрана.

Дополнительная литература.

1. Кирсанов Ю.А., Ковальногов Н.Н., Назмеев Ю.Г., Мингалеева Г.Р., Михеев Н.И., Шамсутдинов Э.В. Теплообменные аппараты ТЭС. В 2 книгах. Книга 2 [Электронный ресурс]: справочник. - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010. - 435 с. - Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/?book=43> - Загл. с экрана.
2. Акулич П.В. Расчеты сушильных и теплообменных установок [Электронный ресурс] / П.В. Акулич. - Электрон. дан. - Минск: Белорусская наука, 2010. - 444 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89349> - Загл. с экрана.
3. Логинов В.С. Примеры и задачи по тепломассообмену [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.С. Логинов, Крайнов А. В., В.Е. Юхнов и др. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2011. - 256 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1553 - Загл. с экрана.
4. Круглов Г.А. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2012. - 208 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3900 - Загл. с экрана.



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер из- ме- не- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	из- ме- нен- ных	за- ме- нен- ных	но- вых	ан- ну- ли- ро- ванн ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10