

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Тепломассообменное оборудование предприятий промышленности и  
транспорта**

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль): Промышленная теплоэнергетика

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 377843  
Подписал: заведующий кафедрой Дмитренко Артур  
Владимирович  
Дата: 24.04.2024

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Современная подготовка бакалавров многих специальностей (механиков, строителей, технологов, электриков, экологов и др.) требует получения необходимых знаний в области ряда технологических процессов в промышленности.

Для студентов направления 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" профиля «Промышленная теплоэнергетика»

дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий промышленности и транспорта» является базовой в процессе инженерной подготовки.

Данная дисциплина состоит из трёх разделов: рекуперативные и регенеративные тепло- и массообменные аппараты, выпарные установки, аппараты предназначенные для дистилляции и ректификации.

Энергетическое и энерготехнологическое хозяйство современного промышленного предприятия представляет собой сложный комплекс. Он включает в себя установки для производства и преобразования различных видов энергии; коммуникации и трубопроводы для транспортировки топлива, энергии, сырья и продуктов. Это установки и системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Кроме того это и установки выработки технологической продукции; установки для обезвреживания и утилизации выбросов; использования вторичных и попутных энергоресурсов предприятия в виде физической и химической теплоты отходов. Рассматриваются вопросы использования теплоты конденсата, отработавшего пара, отходящих газов, механической энергии сжатого воздуха и других газов. Наиболее сложными и разнообразными по номенклатуре применяемого энерготехнологического оборудования являются предприятия химической, нефтехимической, металлургической, пищевой, целлюлозно-бумажной промышленности, промышленности строительных материалов. Разнообразное тепло- и массообменное оборудование используется при обеспечении технологических процессов на предприятиях железнодорожного транспорта.

Целью изучения данной дисциплины является усвоение основных взаимосвязанных положений для проектирования тепломассообменных установок как транспорта так и промышленности, а также умение оценить резервы мощности эксплуатируемого типа теплообменника.

Задачей, которая ставится в процессе преподавания курса является умение будущего специалиста практически использовать полученные теоретические знания на практике.

Рациональное использование топливно-энергетических и сырьевых

ресурсов на действующих и строящихся промышленных предприятиях может быть обеспечено на основе применения принципов энергосберегающей, малоотходной и безотходной технологий, а также энерготехнологического комбинирования.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ОПК-3** - Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;

**ПК-2** - Способность проводить расчеты по типовым методикам и проектировать отдельные детали и узлы с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Знать:**

основные способы преобразования энергии в ряде тепломассообменных устройств, основные расчётные соотношения применительно к конкретному узлу и детали теплотехнического устройства. Знать основные законы процессов выпаривания и ректификации (законы Ф.М.Рауля, правило Тищенко В.Е.)

### **Уметь:**

продемонстрировать на реальном объекте метод получения объективных данных о состоянии установки, анализировать расчетные нагрузки потребителей теплоты (холода) и оценивать отпуск (закупку) теплоты (холода) с учетом потерь. Провести технико-экономический расчёт для выбора оптимальной схемы установки из ряда предложенных вариантов.

### **Владеть:**

стандартными средствами автоматизации проектирования в соответствии с поставленными техническими заданиями заказчика, знаниями по работе с измерительной аппаратурой на исследуемом теплотехническом устройстве. Использовать стандартное программное обеспечение.

## 3. Объем дисциплины (модуля).

### 3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

| Тип учебных занятий                                       | Количество часов |           |
|---|------------------|-----------|
|   | Всего            | Семестр 1 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 64               | 64        |
| В том числе:  |                  |           |
| Занятия лекционного типа                                  | 32               | 32        |
| Занятия семинарского типа                                 | 32               | 32        |

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 80 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

## 4. Содержание дисциплины (модуля).

### 4.1. Занятия лекционного типа.

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание   |
|-------|--|
| 1     | Раздел 1. Рекуперативные теплообменники.<br>Тема 1.1<br>Конструкция и тепловой расчет аппаратов. Типы аппаратов, расчётные уравнения.<br>Тема 1.2<br>Гидравлический расчет теплообменников. Виды соотношений, режимы течения теплоносителей.<br>Тема 1.3<br>Теплогидравлическое совершенство теплообменников. Расчёт к.п.д. теплообменников. Сравнительные оценки их совершенства по ряду показателей. |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание   |
|----------|--|
| 2        | <p>Раздел 2. Регенеративные теплообменники</p> <p>Тема 2.1</p> <p>Конструкции и сравнительные характеристики регенераторов, тепловой расчет. Принципиальное отличие от рекуперативных теплообменников. Расчётные соотношения для регенераторов периодического и непрерывного действий.</p>   |
| 3        | <p>Раздел 3. Аппараты с кипящим слоем. Принцип действия.</p> <p>Тема 3.1</p> <p>Гидродинамика и теплообмен. Расчётные соотношения для режима с кипящим слоем теплоносителя в виде песка.</p>   |
| 4        | <p>Раздел 4. Тепловые трубы</p> <p>Тема 4.1</p> <p>Тепловая труба, виды конструкций. Теория, формулы для определения коэффициента теплопередачи, теплового сопротивления для трёх типов тепловых труб.</p>   |
| 5        | <p>Раздел 5. Смесительные теплообменники. Область их применения.</p> <p>Тема 5.1</p> <p>Конструкции. Оросительные, градирни, насадочные.</p> <p>Тема 5.2</p> <p>Расчеты. Конструктивный расчёт градирни.</p>   |
| 6        | <p>Раздел 6. Выпарные аппараты</p> <p>Тема 6.1</p> <p>Свойства выпариваемых растворов. Физико-химические свойства и типы выпариваемых веществ, влияние вязкости растворов на процесс.</p> <p>Тема 6.2</p> <p>Многokратное выпаривание. Тепловой расчёт многоступенчатого выпаривания растворов, расчетные зависимости, различные схемы движения греющей среды и раствора.</p>  |
| 7        | <p>Раздел 7. Ректификационные установки</p> <p>Тема 7.1</p> <p>Основные понятия процессов. Схема процесса ректификации. Физика процесса разделения многокомпонентной смеси. Закон Рауля, область его действия.</p> <p>Тема 7.2</p> <p>Построение диаграммы растворимости разделяемых веществ. Типы и устройства ректификационных колонн.</p> <p>Тема 7.3</p> <p>Расход греющего пара. Составление материального и теплового баланса ректификационной колонны для определения расхода греющего пара</p> |
| 8        | <p>Раздел 8. Сушильные установки</p> <p>Тема 8.1</p> <p>Свойства влажных материалов. Кинетика сушки, виды связи влаги с материалом и способы удаления влаги. Виды теплоносителей в сушильных установках.</p>   |
| 9        | <p>Раздел 9. Холодильные установки. Трансформаторы теплоты</p> <p>Тема 9.1</p> <p>Область применения. Классификация, принцип действия, типы холодильных агентов.</p> <p>Тема 9.2</p> <p>Физика процессов. Физические основы процессов, особенности расчётных соотношений</p> <p>Тема 9.3</p> <p>Вспомогательная установка. Типы, расчёт, выбор, назначение.</p>  |

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

#### Лабораторные работы

| № п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание   |
|-------|--|
| 1     | Определение коэффициента теплопередачи отопительного прибора для двух режимов: при естественной конвекции и при наличии побудителя движения воздуха. |
| 2     | Определение коэффициента теплопередачи гладкой и оребренной трубы  |
| 3     | Определение коэффициента теплопередачи пластинчатого теплообменника  |
| 4     | Испытание калорифера. Составление режимной карты работы в зимний период подогрева воздуха  |

### Практические занятия

| № п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание   |
|-------|--|
| 1     | Расчёт теплообменника с теплоносителями изменяющими фазовое состояние, неизменяющими фазовое состояние. Определение среднего температурного напора. Влияние загрязнений на теплоотдачу поверхностей аппарата.    |
| 2     | Способы определения коэффициентов теплопередачи в теплообменниках. Экспериментальные способы с использованием критериальных уравнений. Режимы течения теплоносителя в каналах.                                   |
| 3     | Схема расчётная кожухотрубного теплообменника, силы действующие на разрыв кожуха. Уравнение равновесия сил. Коэффициенты, учитывающие ослабление прочности цилиндра т/о. Расчётная и действующая толщина кожуха. |
| 4     | Расчётные уравнения нестационарного теплообмена в регенераторе. Выбор насадки регенератора. Оптимальное соотношение массы и объёма регенератора.   |
| 5     | Диаграмма состояния влажного воздуха. Примеры расчёта процессов очистки запылённого воздуха по диаграмме.  |
| 6     | Виды депрессий при выпаривании растворов различных веществ. Расчётные соотношения. Методика выполнения курсового задания. Многоступенчатое выпаривание. Использование экстрапара.                                |
| 7     | Конструкции ректификационных колонн. Фазовая диаграмма процессов в колоннах. Определение расходов охлаждающей воды в дефлегматоре и конденсаторе.  |
| 8     | Виды связи влаги с материалами. Физика процессов сушки. Расчёт сушки песка в барабанной сушилке, принятые допущения. Способы увлажнения воздуха.   |

### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| № п/п | Вид самостоятельной работы   |
|-------|--|
| 1     | Изучить методику расчета рекуперативных теплообменников  |
| 2     | Изучить конструкции, принципы работы регенеративных теплообменников  |
| 3     | Усвоить физику процесса, описание конструкции реального аппарата, применить полученные знания в расчёте теплообменника смешивающего типа.                          |
| 4     | Изучить типы тепловых труб, коэффициент теплообмена тепловой трубы, принципы действия; усвоить способы их применения в режиме дополнительного теплового источника. |
| 5     | Повторить физико-химические свойства бинарных смесей. Закон Рауля.   |

| № п/п | Вид самостоятельной работы   |
|-------|--|
| 6     | Изучить конструкции сушильных агрегатов. Физика процесса сушки, H-d диаграмма. Освоить практически расчёты систем увлажнения по H-d диаграмме. |
| 7     | Выполнение курсового проекта.  |
| 8     | Подготовка к промежуточной аттестации.   |
| 9     | Подготовка к текущему контролю.  |

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

1. Рассчитать трёхступенчатую выпарную установку для концентрирования водного раствора вещества.

2. Рассчитать двухступенчатую выпарную установку для концентрирования водного раствора вещества.

3. Определить основные размеры насадочного скруббера и количество переданного в нём тепла, а также расход охлаждающей воды, если в скруббер подаются продукты горения природного газа.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

| № п/п | Библиографическое описание   | Место доступа  |
|-------|--|--|
| 1     | Тепломассообменное оборудование предприятий А.Н. Иванов, В.Н. Белоусов, С.Н. Смородин. ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2016 - 184 с.  | НТБ (уч.6); НТБ (фб.)  |
| 2     | Тепломассообменные процессы в химической технологии. М.О. Долматова. Издательство Уральского университета, 2019. - 96 с. ISBN: 978-5-7996-2542-9   | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ( <a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> )   |
| 3     | Тепломассообменное оборудование предприятий : учебное пособие для вузов / Д. К. Ларкин. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 246 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12032-5. — Текст : электронный | Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/517756">https://urait.ru/bcode/517756</a> (дата обращения: 23.12.2023). |
| 4     | Тепломассообменное оборудование предприятий (Сушильные установки): учебное пособие / Лакомкин В.Ю., Смородин С.Н., Громова Е.Н. / ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2016. -142 с.: ил. 68.  | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ( <a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> )   |

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

<http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система Научно-

технической биб-лиотеки МИИТ. <http://elibrary.ru/> - научно-электронная библиотека. Поисковые системы: Yandex, Google, Mail. <http://www.twirpx.com/> - электронная библиотека

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Для проведения лекционных занятий необходима специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой.

Система автоматизированного проектирования Autocad

Специализированная программа Mathcad

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Основная лекционная аудитория оборудована мультимедийным комплексом. Стенды для проведения лабораторных работ по отдельным разделам дисциплины «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий и транспорта»: «Теплонасосная установка», «Холодильное оборудование», «Стенд моделирующий ДТП», «Отопительный прибор». Компьютерный класс, где компьютеры обеспечены стандартными лицензионными программными продуктами и обязательно программным продуктом Microsoft Office не ниже Microsoft Office 2007.

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовой проект в 5 семестре.

Экзамен в 5 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).



Авторы:

доцент, доцент, к.н. кафедры  
«Теплоэнергетика транспорта»  
Института транспортной техники и  
систем управления

В.Н. Чернышов

Согласовано:

Заведующий кафедрой ТТ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

А.В. Дмитренко

С.В. Володин