

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

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИТТСУ



П.Ф. Бестемьянов

21 мая 2019 г.



Кафедра «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта»

Автор Чернышов Виктор Николаевич, к.т.н., доцент

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Тепломассообменное оборудование предприятий промышленности и ж.д.  
транспорта**

Направление подготовки:	13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника
Профиль:	Промышленная теплоэнергетика
Квалификация выпускника:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Год начала подготовки	2017

<p style="text-align: center;">Одобрено на заседании Учебно-методической комиссии института Протокол № 9 20 мая 2019 г. Председатель учебно-методической комиссии</p>  <p style="text-align: right;">С.В. Володин</p>	<p style="text-align: center;">Одобрено на заседании кафедры</p> <p>Протокол № 10 15 мая 2019 г. И.о. заведующего кафедрой</p>  <p style="text-align: right;">Ф.А. Поливода</p>
--	---

Москва 2019 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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 ж.д. 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.

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. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО**

Учебная дисциплина "Тепломассообменное оборудование предприятий промышленности и ж.д. транспорта" относится к блоку 1 "Дисциплины (модули)" и входит в его вариативную часть.

### **2.1. Наименования предшествующих дисциплин**

Для изучения данной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

#### **2.1.1. Информационные технологии:**

Знания: содержание и способы использования компьютерных и информационных технологий принципы применения современных информационных технологий в науке и прикладной энергетике, технические и программные средства защиты информации

Умения: применять компьютерную технику и информационные технологии в своей профессиональной деятельности

Навыки: средствами компьютерной техники и информационных технологий, методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий

#### **2.1.2. Математика:**

Знания: современные тенденции развития научных и прикладных достижений в профессиональной области.

Умения: самостоятельно выявить и идентифицировать проблемы своей профессиональной деятельности, сформулировать цели их исследования и решения, выбрать и обосновать группу критериев для оценки полезности разрабатываемых решений.

Навыки: навыками работы с компьютером как средством управления информацией

#### **2.1.3. Тепломассообмен:**

Знания: физические основы закономерностей тепло-и массопереноса для выявления сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности

Умения: сформировать законченное представление о принятых решениях

Навыки: стандартными средствами автоматизации при проектировании технологического оборудования

#### **2.1.4. Техническая термодинамика:**

Знания: основные закономерности классической термодинамики и ее технических приложений

Умения: самостоятельно разработать методику проведения эксперимента

Навыки: стандартными средствами автоматизации при проектировании технологического оборудования

#### **2.1.5. Физика:**

Знания: как выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и как составлять план исследований, необходимых для решения этих проблем

Умения: проводить измерения, обрабатывать, анализировать и представлять результаты исследований

Навыки: современными аналитическими методиками обработки и представления экспериментальных результатов; навыками компьютерной обработки данных с помощью современных программных продуктов

## **2.2. Наименование последующих дисциплин**

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:

№ п/п	Код и название компетенции	Ожидаемые результаты
1	ОПК-2 способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>Знать и понимать: методы математического анализа, моделирования и экспериментального исследования (дифференциальное и интегральное исчисления, дифференциальные уравнения и методы их решения, включая численные методы; возможности применения диаграмм водяного пара и влажного воздуха для исследования теплофизических процессов в реальных задачах)</p> <p>Уметь: демонстрировать базовые знания, обладать готовностью применять базовые знания в профессиональной деятельности</p> <p>Владеть: знаниями и умениями на уровне необходимом для получения результатов решения задач по расчёту теплообменников в различного рода аппаратах</p>
2	ПК-4 способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	<p>Знать и понимать: методы и требования, соответствующие задачам проведения эксперимента по заданной тематике</p> <p>Уметь: самостоятельно провести испытания теплообменника по разработанной самостоятельно методике</p> <p>Владеть: знаниями и умениями, необходимыми для анализа полученных результатов, в том числе с привлечением математического аппарата</p>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ И АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСАХ

##### 4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

5 зачетных единиц (180 ак. ч.).

##### 4.2. Распределение объема учебной дисциплины на контактную работу с преподавателем и самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Количество часов	
	Всего по учебному плану	Семестр 7
Контактная работа	62	62,15
Аудиторные занятия (всего):	62	62
В том числе:		
лекции (Л)	36	36
практические (ПЗ) и семинарские (С)	18	18
лабораторные работы (ЛР)(лабораторный практикум) (ЛП)	8	8
Самостоятельная работа (всего)	73	73
Экзамен (при наличии)	45	45
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, часы:	180	180
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, зач.ед.:	5.0	5.0
Текущий контроль успеваемости (количество и вид текущего контроля)	ПК1, ПК2	ПК1, ПК2
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	ЭК	ЭК

### 4.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	Раздел 1 Рекуперативные теплообменники	6	6	6/6		12	30/6	
2	7	Тема 1.1 Конструкция и тепловой расчет аппаратов. Типы аппаратов, расчётные уравнения.	2					2	
3	7	Тема 1.1 Гидравлический расчет теплообменников. Виды соотношений, режимы течения теплоносителей.	2					2	
4	7	Тема 1.1 Теплогидравлическое совершенство теплообменников. Расчёт к.п.д. теплообменников. Сравнительные оценки их совершенства по ряду показателей.	2					2	
5	7	Раздел 2 Регенеративные теплообменники	2		2/2		12	16/2	
6	7	Тема 2.2 Конструкции и сравнительные характеристики, тепловой расчет. Принципиальное отличие. Расчётные соотношения для регенераторов периодического и непрерывного действий.	2					2	
7	7	Раздел 3 Аппараты с кипящим слоем	2				12	14	
8	7	Тема 3.3 Гидродинамика и теплообмен. Расчётные соотношения для режима с кипящим слоем теплоносителя	2					2	

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		в виде песка.							
9	7	Раздел 4 Тепловые трубы	2				12	14	
10	7	Тема 4.4 Тепловая труба, виды конструкций. Теория, формулы коэффициента теплопередачи, теплового сопротивления для трёх типов труб.	2					2	
11	7	Раздел 5 Смесительные теплообменники	4	2	2/2			8/2	
12	7	Тема 5.5 Конструкции. Оросительные, градирни, насадочные.	2					2	ПК1, Устный опрос
13	7	Тема 5.5 Расчеты. Конструктивный расчёт градирни.	2					2	
14	7	Раздел 6 Выпарные аппараты	4		2/2			6/2	
15	7	Тема 6.6 Свойства выпариваемых растворов. Физико-химические свойства и типы выпариваемых веществ, влияние вязкости растворов на процесс.	2					2	
16	7	Тема 6.6 Многократное выпаривание. Тепловой расчёт многоступенчатого выпаривания растворов, расчетные зависимости, различные схемы движения греющей среды и раствора.	2					2	
17	7	Раздел 7 Ректификационные установки	6		2/2		10	18/2	
18	7	Тема 7.7 Основные понятия процессов. Схема процесса	2					2	



№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		ректификации. Физика процесса разделения многокомпонентной смеси. Закон Рауля, область его действия.							
19	7	Тема 7.7 Построение диаграммы растворимости разделяемых веществ. Типы и устройства ректификационных колонн.	2					2	
20	7	Тема 7.7 Расход греющего пара. Составление материального и теплового баланса ректификационной колонны для определения расхода греющего пара	2					2	ПК2, Устный опрос
21	7	Раздел 8 Сушильные установки	4		4/4		15	23/4	
22	7	Тема 8.8 Свойства влажных материалов. Кинетика сушки, виды связи влаги с материалом и способы удаления влаги. Виды теплоносителей в сушильных установках.	2					2	
23	7	Тема 8.8 Сорбция. Определение процессов сорбции и десорбции, процессы абсорбции и адсорбции.	2					2	
24	7	Раздел 9 Холодильные установки. Трансформаторы теплоты	6					51	
25	7	Тема 9.9 Область применения. Классификация, принцип действия,	2					2	

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежу- точной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		типы холодильных агентов.							
26	7	Тема 9.9 Физика процессов. Физические основы процессов, особенности расчётных соотношений	2					2	
27	7	Тема 9.9 Вспомогательная установка. Типы, расчёт, выбор, назначение.	2					47	ЭК
28		Всего:	36	8	18/18		73	180/18	

#### 4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Лабораторные работы предусмотрены в объеме 8 ак. ч.

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
1	7	РАЗДЕЛ 1 Рекуперативные теплообменники	Определение коэффициента теплопередачи отопительного прибора для двух режимов: при естественной конвекции и при наличии побудителя движения воздуха	2
2	7	РАЗДЕЛ 1 Рекуперативные теплообменники	Определение коэффициента теплопередачи гладкой и оребренной трубы	2
3	7	РАЗДЕЛ 1 Рекуперативные теплообменники	Определение коэффициента теплопередачи пластинчатого теплообменника	2
4	7	РАЗДЕЛ 5 Смесительные теплообменники	Испытание калорифера. Составление режимной карты работы в зимний период подогрева воздуха	2
ВСЕГО:				8/0

Практические занятия предусмотрены в объеме 18 ак. ч.

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
1	7	РАЗДЕЛ 1 Рекуперативные теплообменники	Расчёт теплообменника с теплоносителями изменяющими фазовое состояние, неизменяющими фазовое состояние. Определение среднего температурного напора. Влияние загрязнений на теплоотдачу поверхностей аппарата.	2 / 2
2	7	РАЗДЕЛ 1 Рекуперативные теплообменники	Способы определения коэффициентов теплопередачи в теплообменниках. Экспериментальные способы с использованием критериальных уравнений. Режимы течения теплоносителя в каналах.	2 / 2
3	7	РАЗДЕЛ 1 Рекуперативные теплообменники	Схема расчётная кожухотрубного теплообменника, силы действующие на разрыв кожуха. Уравнение равновесия сил. Коэффициенты, учитывающие ослабление прочности цилиндра $t\backslash o$ . Расчётная и действующая толщина кожуха.	2 / 2
4	7	РАЗДЕЛ 2 Регенеративные теплообменники	Расчётные уравнения нестационарного теплообмена в регенераторе. Выбор насадки регенератора. Оптимальное соотношение массы и объёма регенератора.	2 / 2

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
5	7	РАЗДЕЛ 5 Смесительные теплообменники	Диаграмма состояния влажного воздуха. Примеры расчёта процессов очистки запылённого воздуха по диаграмме.	2 / 2
6	7	РАЗДЕЛ 6 Выпарные аппараты	Виды депрессий при выпаривании растворов различных веществ. Расчётные соотношения. Методика выполнения курсового задания. Многоступенчатое выпаривание. Использование экстрапара.	2 / 2
7	7	РАЗДЕЛ 7 Ректификационные установки	Конструкции ректификационных колонн. Фазовая диаграмма процессов в колоннах. Определение расходов охлаждающей воды в дефлегматоре и конденсаторе.	2 / 2
8	7	РАЗДЕЛ 8 Сушильные установки	Виды связи влаги с материалами. Физика процессов сушки. Расчёт сушки песка в барабанной сушилке, принятые допущения. Способы увлажнения воздуха.	4 / 4
ВСЕГО:				18/18

#### 4.5. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподавание дисциплины "Тепломассообменное оборудование предприятий промышленности и ж.д. транспорта» осуществляется в форме лекций, практических занятий и лабораторных работ.

Лекции проводятся в форме тематических, обзорных, проблемных лекций.

Практические занятия организованы с использованием технологий развивающего обучения. Часть практического курса выполняется в виде традиционных практических занятий (объяснительно-иллюстративное решение задач). Остальная часть практического курса проводится с использованием интерактивных технологий, в том числе разбор и анализ конкретных ситуаций, электронный практикум (решение проблемных поставленных задач с помощью современной вычислительной техники и исследование моделей), а так же использованием компьютерной тестирующей системы.

Самостоятельная работа студента организована с использованием традиционных видов работы, к которым относятся отработка лекционного материала, отработка отдельных тем по учебным пособиям и выполнение реферата. Лабораторные работы проводятся на стендах, установленных в аудиториях кафедры.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Вид самостоятельной работы студента. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы	Всего часов
1	2	3	4	5
1	7	РАЗДЕЛ 1 Рекуперативные теплообменники	Методика расчета рекуперативных теплообменника	12
2	7	РАЗДЕЛ 2 Регенеративные теплообменники	Конструкции, принципы работы регенеративных теплообменников	12
3	7	РАЗДЕЛ 3 Аппараты с кипящим слоем	Усвоить физику процесса, описание конструкции реального аппарата	12
4	7	РАЗДЕЛ 4 Тепловые трубы	Коэффициент теплообмена тепловой трубы. Типы тепловых труб. Принципы действия.	12
5	7	РАЗДЕЛ 7 Ректификационные установки	Физико-химические свойства бинарных смесей. Закон Рауля.	10
6	7	РАЗДЕЛ 8 Сушильные установки	Конструкции сушильных агрегатов. Физика процесса сушки, H-d диаграмма.	9
7	7	РАЗДЕЛ 8 Сушильные установки	Абсорбция и адсорбция, физические основы и закономерности. Конструкции установок их назначение.	6
ВСЕГО:				73

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 7.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
1	Промышленные теплообменные процессы и установки	Бакластов А.М., Горбенко В.А., Данилов О.В. и др. Под ред. Бакластова А.М.	М.: Энергоатомиздат, 1986	Все разделы
2	Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок	Бакластов А.М.	М.: Энергия, 1970	Все разделы
3	Проектирование, монтаж и эксплуатация теплообменных установок	Бакластов А.М., Горбенко В.А., Удыма П.Г.	М.: Энергоиздат, 1981	Все разделы
4	Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий	Голубков Б.Н., Данилов О.Л., Зосимовский Л.В. и др. Под ред. Голубкова Б.Н.	М.: Энергия, 1979	Все разделы

### 7.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
5	Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии	Плановский А.Н., Николаев П.И.	М.: Химия, 1987	Все разделы
6	Общая энергетика	Быстрицкий Г.Ф.	М.: Академия, 2005	Все разделы

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. <http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ.
2. <http://elibrary.ru/> - научно-электронная библиотека.
3. Поисковые системы: Yandex, Google, Mail.
4. <http://www.twirpx.com/> - электронная библиотека.

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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

Для проведения практических занятий необходимы компьютеры с минимальными требованиями – Pentium 4, ОЗУ 4 ГБ, HDD 100 ГБ, USB 2.0 с рабочими местами в компьютерном классе. Компьютеры должны быть обеспечены стандартными лицензионными

программными продуктами и обязательно программным продуктом Microsoft Office не ниже Microsoft Office 2007.

## **10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Основная лекционная аудитория оборудована мультимедийным комплексом. В составе учебных лабораторий кафедры «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта» имеются стенды для проведения лабораторных работ по отдельным разделам дисциплины «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий и ж. д. транспорта»: «Теплонасосная установка», «Холодильное оборудование», «Стенд моделирующий ДТП», «Отопительный прибор».

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рекомендуется иметь конспект лекций. С помощью основной и дополнительной литературы получить достаточный объем знаний, необходимый для расчета тепломассообменных процессов в теплоэнергетических установках и системах. Для подготовки к практическим занятиям следует воспользоваться конспектом лекций, а также информацией из рекомендованных литературных источников, уделив особое внимание физическим основам рассматриваемой дисциплины. Дополнительные сведения можно получить с использованием интернет-ресурсов.