

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.36**

Тепломассообменное оборудование теплоэнергетических предприятий

Учебный план: ФГОС3++z130301-1\_21-15.plx

Кафедра: **24** Промышленной теплоэнергетики

Направление подготовки:  
 (специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Промышленная теплоэнергетика  
 (специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации	
	Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия					
4	УП	8	6	4	117	9	4	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	8	6	4	117	9	4	
Итого	УП	8	6	4	117	9	4	
	РПД	8	6	4	117	9	4	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 143

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Иванов А.Н.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой промышленной  
теплоэнергетики

Сморозин С.Н.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Сморозин С.Н.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области расчета и проектирования теплообменного оборудования

**1.2 Задачи дисциплины:**

- Рассмотреть различные типы теплообменного оборудования
- Раскрыть принципы конструктивного и поверочного расчетов теплообменного оборудования
- Научиться выполнять расчеты различных типов теплообменного оборудования

**1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Теплообмен

Топливо и процессы горения в теплоэнергетических установках

Гидрогазодинамика (Газодинамика)

Математика

Химия

Физика

Экология

Техническая термодинамика

Введение в специальность

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ОПК-3: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</b>
--

<b>Знать:</b> основные способы получения, преобразования и использования теплоты и электрической энергии характеристики и назначение теплообменного оборудования теплоэнергетических предприятий; схемы размещения этого оборудования в составе ТЭЦ и котельных; особенности конструкций и эксплуатации теплообменного оборудования.
--

<b>Уметь:</b> осуществлять выбор теплообменного оборудования для решения профессиональных задач.
--

<b>Владеть:</b> конструктивными и тепловыми расчетами теплообменных аппаратов по заданным методикам.
--

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)	Инновац. формы занятий	
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Процессы теплообмена в теплообменном оборудовании	4						
Тема 1. Классификации теплообменных аппаратов. Теплоносители и их свойства. Расчётные уравнения теплообмена. Критерии подобия.		2			8	ИЛ	
Тема 2. Законы теплообмена (теплопроводность, конвекция, излучение). Сложный вид теплообмена – теплопередача. Лабораторная работа №1. Исследование теплоаэродинамических характеристик рекуперативных пластинчатых теплообменных аппаратов. Противоточный теплообменник					1	8	
Тема 3. Способы повышения энергетической эффективности теплообменного оборудования и интенсификации теплообмена.						8	
Тема 4. Этапы конструктивного расчёта теплообменного оборудования.		4	4	1		8	
Раздел 2. Паро – и газожидкостные теплообменные аппараты.							
Тема 5. Классификация. Конструкции. Конструкционные материалы.			1			8	
Тема 6. Трубчатые теплообменники. Спиральные теплообменники. Пластинчатые теплообменники. Лабораторная работа №2. Исследование теплоаэродинамических характеристик рекуперативных пластинчатых теплообменных аппаратов. Перекрёстноточный теплообменник						1	8
Тема 7. Тепловой, конструктивный и гидравлический (аэродинамический) расчёты теплообменника.				1			8

Тема 8. Расчёт на прочность. Поверочный расчёт.		1		10	
Раздел 3. Жидкостно-жидкостные теплообменные аппараты.					
Тема 9. Классификация. Конструкции. Конструкционные материалы. Особенности сборки. Сферы применения.	1			11	
Тема 10. Трубчатые, спиральные, пластинчатые поверхности нагрева. Наиболее распространённые теплоносители. Тепловой, конструктивный и гидравлический расчёты. Лабораторная работа №3. Исследование тепловой эффективности газожидкостного теплообменного аппарата из оребренных труб			1	8	
Тема 11. Расчёты на прочность. Проблемы эксплуатации.		1		8	
Раздел 4. Газо-газовые и смесительные теплообменные аппараты.					
Тема 12. Классификация. Конструкции. Конструкционные материалы. Трубчатые и пластинчатые поверхности нагрева Сферы применения. Способы изготовления. Свойства теплоносителей. Тепловой, конструктивный и гидравлический расчёты. Расчёты на прочность. Особенности расчёта. Способы повышения тепловой эффективности. Лабораторная работа №4. Исследование тепловых характеристик жидкостно-жидкостного аппарата типа «труба в трубе»			1	8	
Тема 13. Регенеративные и рекуперативные конструкции (преимущества и недостатки). Проблемы эксплуатации.		1		8	
Тема 14. Теплообмен при фазовом переходе. Смесительные теплообменные аппараты. Особенности теплообмена, расчётов, эксплуатации. Сферы применения.		1		8	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	8	6	4	117	

Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)		2,5	6,5	
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		20,5	123,5	

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта):** Выполнение конструктивного расчета теплообменного оборудования.

- тепловой расчет.
- конструктивный расчет.
- гидравлический расчет.
- аэродинамический расчет
- расчет на прочность.

**4.2 Тематика курсовой работы (проекта):** Конструктивный расчет теплообменного аппарата. Выполнить тепловой, конструктивный, гидравлический расчеты и расчет на прочность парожидкостного аппарата с прямыми трубками.

- Исходные данные для расчета:
- Давление греющего пара  $P_n$ , бар. 16
  - Расход воды  $G_w$ , кг/час. 130000
  - Температура воды на входе  $t_{ввх}$ , °С . 70
  - Температура воды на выходе  $t_{ввых}$ , °С . 130
  - Материал трубок латунь
  - Диаметры трубок  $d_n/d_{вн}$  19/17

#### 4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):

Работа выполняется обучающимися индивидуально, с использованием методик конструктивного расчёта теплообменного оборудования, справочной литературы и материалов лекций.

Результаты представляются в виде отчёта, объемом 10-15 листов печатного текста, содержащего следующие обязательные элементы:

- эскиз расчётной схемы,
- расчёты,
- график определения температуры в камере сгорания.

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-3	Имеет представление о способах преобразования тепловой энергии; имеет представление о назначении теплообменного оборудования. Правильно осуществляет расчеты теплообменных аппаратов. Правильно выбирает методику расчетов теплообменных аппаратов различных конструкций. Демонстрирует навыки знания схемы с размещением теплообменного оборудования на ТЭЦ.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовая работа

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание основных физических законов, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях при ответе; усвоил основную и знаком с дополнительной литературой; может объяснить взаимосвязь основных физических законов и их значение для последующей профессиональной деятельности.	Критическое и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов курсовой работы полностью соответствует всем требованиям.

4 (хорошо)	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний основных физических законов, ориентируется в основных понятиях и определениях; усвоил основную литературу; допускает незначительные погрешности при ответах на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы преподавателя.	Курсовая работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные оформления работы несущественные ошибки или отступления от правил.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме; может сформулировать физические законы, понятия и определения, но при этом, допуская большое количество не принципиальных ошибок; знаком с основной литературой; допускает существенные ошибки в ответе на экзамене, но может устранить их под руководством преподавателя.	Курсовая работа выполнена полностью, но с многочисленными существенными ошибками. При этом нарушены правила оформления или сроки представления работы.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные физические законы; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на экзамене существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов курсовой работы. либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 4	
1	Назначение, конструкция и тепловой расчет водоводяного секционного подогревателя.
2	Назначение, конструкция и гидравлический расчет маслоохладителя.
3	Назначение, конструкция и конструктивный расчет маслоохладителя.
4	Назначение, конструкция и тепловой расчет маслоохладителя.
5	Поверочный расчет парожидкостного теплообменного аппарата.
6	Назначение, конструкция и гидравлический расчет парожидкостного подогревателя высокого давления со спиральными трубками.
7	Назначение, конструкция и конструктивный расчет парожидкостного подогревателя высокого давления со спиральными трубками.
8	Назначение, конструкция и тепловой расчет парожидкостного подогревателя высокого давления со спиральными трубками.
9	Назначение, конструкция и гидравлический расчет парожидкостного подогревателя с 'U' - образными трубками.
10	Назначение, конструкция и конструктивный расчет парожидкостного подогревателя с 'U' - образными трубками.
11	Назначение, конструкция и тепловой расчет парожидкостного подогревателя с 'U' - образными трубками.
12	Назначение, конструкция и гидравлический расчет парожидкостного подогревателя сетевой воды.
13	Назначение, конструкция и конструктивный расчет парожидкостного подогревателя сетевой воды.
14	Назначение, конструкция и тепловой расчет парожидкостного подогревателя сетевой воды.
15	Назначение, конструкция и гидравлический расчет парожидкостного аппарата жёсткой конструкции.
16	Назначение, конструкция и конструктивный расчет парожидкостного аппарата жёсткой конструкции.
17	Назначение, конструкция и тепловой расчет парожидкостного аппарата жёсткой конструкции.
18	Способы повышения тепловой эффективности теплообменных аппаратов.
19	Методы оценки эффективности поверхностей нагрева.
20	Основы гидравлического расчета.

21	Основы конструктивного расчета
22	Основы теплового расчета.
23	Выбор скоростей теплоносителей.
24	Теплоносители и их физические свойства.
25	Классификация теплообменных аппаратов.
26	Расчёт на прочность.
27	Проблемы эксплуатации теплообменных аппаратов.
28	Назначение и основные конструкции смесительных теплообменных аппаратов.
29	Назначение и основные конструкции регенеративных теплообменных аппаратов.
30	Назначение, конструкция и тепловой расчет теплоуловителя из профильных листов.
31	Назначение, конструкция и тепловой расчет котельного воздухоподогревателя из профильных листов.
32	Назначение, конструкция и тепловой расчет трубчатого котельного воздухоподогревателя.
33	Назначение, конструкция и тепловой расчет калориферов воздухоохладителя.
34	Назначение, конструкция, гидравлический и аэродинамический расчеты водяного экономайзера из гладких труб.
35	Назначение, конструкция и конструктивный расчет водяного экономайзера из ребристых и гладких труб.
36	Назначение, конструкция и тепловой расчет водяного экономайзера из ребристых и гладких труб.
37	Поверочный расчет жидкостно-жидкостного теплообменного аппарата.
38	Назначение, конструкция и тепловой расчет жидкостно-жидкостного пластинчатого теплообменника (основные формулы).
39	Назначение, конструкция и тепловой расчет жидкостно-жидкостного спирального теплообменника (основные формулы)
40	Назначение, конструкция и тепловой расчет водоводяного подогревателя типа «труба в трубе».
41	Назначение, конструкция и гидравлический расчет водоводяного секционного подогревателя.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1) Рассчитать средний температурный напор  $\Delta t_{cp}$

Исходные данные для расчета:

Давление греющего пара  $P_p$ , бар. 11

Расход воды  $G_w$ , кг/час. 130000

Температура воды на входе  $t_{вх}$ , °С . 76

Температура воды на выходе  $t_{вых}$ , °С . 150

Материал трубок латунь

Диаметры трубок  $d_n/d_{вн}$  16/14

2) Рассчитать расход греющего пара  $D_p$

Исходные данные для расчета:

Давление греющего пара  $P_p$ , бар. 9

Расход воды  $G_w$ , кг/час. 110000

Температура воды на входе  $t_{вх}$ , °С . 72

Температура воды на выходе  $t_{вых}$ , °С . 142

Материал трубок медь

Диаметры трубок  $d_n/d_{вн}$  16/14



### 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

#### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

#### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

#### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Время на подготовку к экзамену 45 мин, в это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы и решение практической задачи. Для расчетов студенту необходимо иметь калькулятор, также ему предоставляется справочная информация.

Защита курсовой работы является условием допуска к экзамену. Время, отводимое на защиту курсовой работы не должно превышать 15 мин включая краткий доклад по результатам курсовой работы и ответы на вопросы.

В течение семестра выполняются контрольная работа.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
А.Н. Иванов, В.Н. Белоусов, С.Н. Смородин	Теплообменное оборудование предприятий [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2016	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/18.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/18.pdf</a>
Губарева, В. В., Губарев, А. В.	Тепломассообменное оборудование предприятий	Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ	2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/80447.html">http://www.iprbookshop.ru/80447.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
В.А. Суслов [и др.]	Исследование теплоаэродинамических характеристик рекуперативных пластинчатых теплообменных аппаратов [Текст]: учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2017	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2017_12_27_2.PDF">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2017_12_27_2.PDF</a>
В.А. Суслов [и др.]	Исследование тепловой эффективности газожидкостного теплообменного аппарата из оребренных труб [Текст]: учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2017	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2017_12_27_1.PDF">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2017_12_27_1.PDF</a>
В.А. Суслов [и др.]	Исследование тепловых характеристик жидкостно-жидкостного аппарата типа «труба в трубе» [Текст]: учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2017	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2017_12_27_3.PDF">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2017_12_27_3.PDF</a>

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>  
Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8  
MicrosoftOfficeProfessional 2013  
AutoCADDesign  
PTC Mathcad 15

## 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска
А-207	Лабораторные установки для испытания различных конструкций теплообменных аппаратов, лабораторная установка Теплоснабжение с МПСО, лабораторный стенд по исследованию термодинамических процессов