

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.ДВ.02.01** Теплотехнологическое оборудование промышленных предприятий

Учебный план: ФГОС3++m130401-2\_20-12.plx

Кафедра: **24** Промышленной теплоэнергетики

Направление подготовки:  
(специальность) 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Теплообменные процессы и установки  
(специализация)

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
3	УП	17	17	37,75	0,25	2	Зачет
	РПД	17	17	37,75	0,25	2	
Итого	УП	17	17	37,75	0,25	2	
	РПД	17	17	37,75	0,25	2	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 146

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Громова Е.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:** - ознакомление со схемами включения, конструкциями, методами расчёта и выбора различных типов теплообменных аппаратов, сушильных и холодильных установок, котельных агрегатов и других теплотехнических устройств;

- ознакомление с устройством промышленных теплофикационных систем, со схемами тепловых сетей, характером тепловых нагрузок, методами их расчёта, способами регулирования отпуска тепла.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- подготовить соискателей степени магистра техники и технологии к организации своей научно-исследовательской деятельности, к участию в научных разработках на промышленных предприятиях или в научно-исследовательских организациях.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Тепломассообменные процессы сушки и сушильные установки

Энергосберегающие технологии при производстве электрической и тепловой энергии

Проблемы энерго- и ресурсосбережения в теплоэнергетике и основные направления развития теплоэнергетики

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ПКп-4.1: Готов к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации тепломассообменных установок</b>
--

<b>Знать:</b> конструкции и схемы подключения теплообменного оборудования; природу тепломассообменных процессов, протекающих внутри соответствующих установок; методики конструктивного и поверочного расчетов; эксплуатационные и технико-экономические характеристики
---

<b>Уметь:</b> оценивать техническое состояние оборудования, прогнозировать надежность его работы; формулировать задания на разработку проектных решений, проводить варианты технико-экономические и технические расчеты; проводить анализ эффективных технико-экономических решений
---

<b>Владеть:</b> навыками проведения расчетов, методиками испытаний, правилами технической эксплуатации и экологической безопасности
---

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Основное и вспомогательное теплотехнологическое оборудование промышленных предприятий	3					О,ДЗ,С
Тема 1. Конструкции основного и вспомогательного теплотехнического оборудования. Паровые и водогрейные котлы, теплообменники, сушильные установки. Конструирование отдельных деталей, элементов и блоков теплообменного оборудования. Выбор запорно-предохранительной арматуры. Обязка контрольно-измерительными приборами.		2	2	4	ИЛ	
Тема 2. Основы расчёта теплообменного оборудования. Тепловой расчёт теплообменных аппаратов. Уравнение теплового баланса. Конструкционные материалы. Аэродинамический и гидравлический расчёты. Потери напора. Выбор нагнетателя.		2	4	6	АС	
Тема 3. Конвективные установки для сушки ленточных и листовых материалов. Тепловой баланс камерной сушильной установки. Методика расчёта установки для сушки ленточных материалов. Конструкция и расчёт конвективной установки с сопловым обдувом. Сушильная установка для сушки мелкокусковых материалов. Пневматические сушильные установки. Конструкция аэрофонтанной сушильной установки. Методика расчёта сушильных установок с кипящим слоем. Барабанные сушильные установки. Теплообмен во вращающемся барабане.		4	3	6	ИЛ	
Тема 4. Промышленные печи. Горение топлива. Конструкции, принцип действия, область применения высоко-, средне- и низкотемпературных промышленных печей, материальный и тепловой балансы. Процессы и установки конверсии природного газа, газификации твердого топлива.		2	2	4	ИЛ	

Раздел 2. Теплотехнологическое оборудование ЦБП					
Тема 5. Технологические процессы регенерации сульфатного щелока. Организация топочных процессов в содорегенерационных котлоагрегатах (СРК). Материальный баланс. Конструкции содо-регенерационных котлоагрегатов. Топочные процессы в содорегенерационных котлоагрегатах (СРК). Основные закономерности и повышение эффективности топочных процессов в СРК. Снижение химической и механической неполноты сгорания. Мероприятия по снижению уноса химикатов. Повышение устойчивости топочных процессов при сжигании влажного щелока. Предотвращение топочных взрывов. Методика расчета теплообмена в топке СРК. Утилизация теплоты уходящих газов. Тепловой баланс СРК.	3	2	6	ИЛ	О,С,ДЗ
Тема 6. Печные установки целлюлозно-бумажного производства. Вращающиеся печи для обжига известняка и регенерации извести. Расчет тепло- и массообмена в рабочих камерах печных установок.	2	2	6	ИЛ	
Тема 7. Многоцилиндровые контактно-конвективные сушильные установки (БДМ). Конструкции и режимы работы сушильной части БДМ. Схемы сушильной части БДМ. Теплообмен на сушильных цилиндрах при контактно-конвективной сушке материалов. Кинетика сушки бумаги на цилиндре и на участке свободного хода. Методика расчёта теплоты и пара, затрачиваемых на сушку бумаги.	2	2	5,75	ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	17	37,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)	0,25				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	34,25		37,75		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 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
ПКп-4.1	Демонстрирует знания основ расчёта промышленных печей,	Вопросы устного

теплообменников, сушильных установок и другого теплотехнического оборудования. Способен выполнить тепловой, гидравлический и аэродинамический расчёты основного теплотехнического оборудования, а также провести технико-экономические и технические расчеты; провести анализ эффективных технико-экономических решений. Демонстрирует владение навыками проектирования теплотехнического оборудования.	собеседования Практико-ориентированные задания
---	---

### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Ответ полный, студент демонстрирует понимание предмета и умение применять полученные знания. Критическое и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками	Задание выполнено полностью, без ошибок. Студент способен объяснить ход решения и сделать обоснованный вывод из полученного решения.
Не зачтено	Ответ неполный, недостаточная глубина и осознанность ответа. Студент не смог применить теоретические знания для установления причинно-следственных связей, сравнения и классификации явлений и процессов	Задание выполнено не полностью, с многочисленными существенными ошибками. Студент не может объяснить решение, не ориентируется в методике расчета и формулах.

### 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
Семестр 3	
1	Процессы и установки конверсии природного газа
2	Газификация твердого топлива
3	Технологические процессы регенерации сульфатного щелока. Организация топочных процессов в СРК.
4	Методика расчета теплообмена в топке СРК.
5	Тепловой и материальный балансы СРК.
6	Печные установки целлюлозно-бумажного производства. Вращающиеся печи для обжига известняка и регенерации извести.
7	Многоцилиндровые контактно-конвективные сушильные установки (БДМ). Конструкции и режимы работы сушильной части БДМ.
8	Тепломассообмен на сушильных цилиндрах при контактно-конвективной сушке материалов.
9	Методика расчёта теплоты и пара, затрачиваемых на сушку бумаги.
10	Конструкции основного и вспомогательного теплотехнического оборудования.
11	Основы расчёта котельных агрегатов
12	Основы расчёта теплообменного оборудования
13	Тепловой, конструктивный, гидравлический, аэродинамический расчёты теплообменников
14	Расчёт на прочность теплотехнического оборудования
15	Конвективные установки для сушки ленточных и листовых материалов. Методика расчета
16	Конструкция и расчёт конвективной установки с сопловым обдувом
17	Сушильная установка для сушки мелкокусковых материалов.
18	Пневматические сушильные установки. Конструкция аэрофонтанной сушильной установки.
19	Методика расчёта сушильных установок с кипящим слоем.
20	Барабанные сушильные установки. Тепломассообмен во вращающемся барабане.
21	Конструкции, принцип действия, область применения высоко-, средне- и низкотемпературных промышленных печей
22	Тепловой и материальный балансы промышленных печей

## 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

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

1. Составить уравнение теплового баланса нагревательной печной установки и рассчитать технологический и энергетический коэффициенты полезного действия. Определить относительные потери с уходящими газами, с материалом и в окружающую среду.

теплоступления с сушильным агентом  $Q1 = 80$  кВт;  
теплоступления с материалом  $Q2 = 20$  кВт;  
теплотери с материалом  $Q3 = 60$  кВт;  
теплотери с уходящими газами  $Q4 = 30$  кВт;  
теплотери в окружающую среду  $Q5 = 10$  кВт;

2. производительность бумагоделательной машины  $G_m = 10$  т/ч;  
начальная влажность бумаги  $W1 = 60$  % ;  
конечная влажность бумаги (на накате)  $W2 = 8$  % ;  
влажность воздуха, подаваемого в сушильную часть машины  $d1 = 10$  г/кг;  
влажность паровоздушной смеси, удаляемой в окружающую среду  $d2 = 100$  г/кг.

## 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

На подготовку устного ответа и выполнение практико-ориентированного задания отводится 30 минут

## 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>				
В.Ю. Лакомкин, С.Н. Смородин, Е.Н. Громова	Тепломассообменное оборудование предприятий (Сушильные установки) [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2016	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte//16.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte//16.pdf</a>
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>
С.Н. Смородин, А.Н. Иванов, В.Н. Белоусов	Содорегенерационные котлоагрегаты [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2010	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/sodoregeneraz.htm">http://www.nizrp.narod.ru/sodoregeneraz.htm</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Скаков С. В.	Тепловой баланс электрической нагревательной печи сопротивления	Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ	2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/55661.html">http://www.iprbookshop.ru/55661.html</a>
В.Ю. Лакомкин, С.Н. Смородин, Е.Н. Громова	Гидродинамика и теплообмен в газодисперсных потоках [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/21.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/21.pdf</a>

В.А. Суслов [и др.]	Тепломассообменное оборудование ТЭС и АЭС [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2015	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/12.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/12.pdf</a>
Теляков Э. Ш., Закиров М. А., Вилохин С. А.	Технологические печи химических, нефтехимических и нефтегазоперерабатывающих производств	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2008	<a href="http://www.iprbookshop.ru/63490.html">http://www.iprbookshop.ru/63490.html</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>  
 База ГОСТов [Электронный ресурс]. URL: <https://allgosts.ru/>

### 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8  
 MicrosoftOfficeProfessional 2013

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

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
А-206а	Лабораторные установки для исследования гидродинамики и теплообмена в газодисперсных потоках и при сушке волокнистых материалов