

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.10**

Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки

Учебный план: ФГОС3++b130301ЭТ-1\_21-14.plx

Кафедра: **24** Промышленной теплоэнергетики

Направление подготовки:  
(специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Энергетика теплотехнологий  
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практ. занятия				
6	УП	34	17	56,75	0,25	Зачет
	РПД	34	17	56,75	0,25	
Итого	УП	34	17	56,75	0,25	
	РПД	34	17	56,75	0,25	

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

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:** подготовить выпускников, способных участвовать в проектировании и эксплуатации печных установок, сорегенерационных котельных агрегатов, другого высокотемпературного теплотехнологического оборудования

### 1.2 Задачи дисциплины:

научить методикам расчетов высокотемпературных теплотехнологических установок с определением расходов топлива, потерь теплоты в окружающую среду, а также способам экономии топливно-энергетических ресурсов

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Котельные установки и парогенераторы

Тепломассообменное оборудование теплоэнергетических предприятий

Теплотехнологические процессы в целлюлозно-бумажном производстве

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### ПК-5.2: Способен выполнять специальные расчеты теплотехнологических процессов по типовым методикам

**Знать:** классификацию высокотемпературных теплотехнологических процессов, реакторов и источников энергии; конструктивные и тепловые схемы и элементы высокотемпературных теплотехнологических установок; особенности и показатели работы высокотемпературных установок, применяемых в промышленности; материальные, тепловые и энергетические балансы высокотемпературных теплотехнологических установок; закономерности тепло-массообмена; типовые методики расчета высокотемпературных установок промышленных предприятий

**Уметь:** составлять материальные, тепловые балансы технологических процессов; выполнять расчеты процессов горения топлива, конструктивные и поверочные расчеты высокотемпературных установок; рассчитывать энергетический КПД высокотемпературных установок; выполнять гидравлические и аэродинамические расчеты высокотемпературных установок.

**Владеть:** методологией типового расчета высокотемпературных установок промышленных предприятий

### ПК-6.2: Готовность к выполнению работ по организационному и техническому обеспечению полного цикла или отдельных стадий эксплуатации теплотехнологического оборудования различных производств

**Знать:** классификацию высокотемпературных теплотехнологических процессов, реакторов и источников энергии; конструктивные и тепловые схемы и элементы высокотемпературных теплотехнологических установок; особенности эксплуатации и показатели работы высокотемпературных установок, применяемых в промышленности; пути повышения эффективности использования топлива, регенерации тепловых отходов и использования вторичных энергоресурсов в высокотемпературных теплотехнологических установках.

**Уметь:** осуществлять сбор, обработку и систематизацию технологической информации по высокотемпературным теплотехнологическим установкам; анализировать параметры работы высокотемпературных установок; осуществлять контроль и анализ режимов работы высокотемпературных установок

**Владеть:** навыками разработки мероприятий по повышению энергетической эффективности работы высокотемпературных установок

### 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. Генерация теплоты высокотемпературных установок	6					ДЗ,О
Тема 1. Назначение высокотемпературной технологической обработки материалов. Области применения высокотемпературных процессов и установок. Физико-химические и тепломассообменные процессы в высокотемпературных установках. Общие диалектические закономерности при анализе сложных взаимосвязанных процессов. Интенсификация теплообменных процессов и полнота завершения физико-химических превращений в нагреваемых материалах. Их противоречивость. Роль отечественных ученых в развитии теории высокотемпературных процессов.		2		6,75	ИЛ	
Тема 2. Классификация высокотемпературных установок по различным признакам. Виды энергоносителей для достижения высокой температуры. Энергоемкость высокотемпературных установок. Способы снижения теплоты и энергии теплотехнических процессов. Регенерация теплоты отработавших продуктов сгорания. Способы повышения эффективности использования теплоты в печных установках.		2		6	ИЛ	
Раздел 2. Процессы горения. Топочные устройства						
Тема 3. Характеристики природных топлив и промышленных горючих продуктов. Основные виды и состав топлива. Определение теплоты сгорания топлива и горючих веществ. Влияние балласта на способы и эффективность использования топлива для получения тепловой энергии. Кинетические характеристики природного топлива.		2	2	6	ИЛ	ДЗ,3,О

Тема 4. Оптимизация топочных процессов. Тепловой баланс топки. Устойчивость топочного процесса. Контроль топочного процесса. Способы удаления золы и шлака. Предотвращение топочных взрывов.	2	2	6		
Тема 5. Основные виды топочных устройств. Аэродинамические схемы топок. Слоевые топки. Прямоточные камерные топки. Вихревые и циклонные топки. Топки с кипящим слоем. Способы золо- и шлакоудаления. Сжигание вторичных горючих продуктов целлюлозно-бумажного и деревообрабатывающего производства. Подготовка и сжигание древесной коры и отходов. Подготовка и сжигание лигнина - побочного продукта гидролизного производства. Сжигание биологического ила.	4	2	6		
Раздел 3. Термическая переработка твердого топлива					
Тема 6. Газогенераторные процессы. Кинетика процессов газификации твердого топлива. Получение генераторного газа. Слоевые генераторы. Интенсификация процессов газификации методом повышения давления и обогащения дутьевого воздуха кислородом. Методика расчета процессов газификации твердого топлива. Конструкции газогенераторов. Очистка генераторного газа. Схемы газогенераторных станций.	6	2	10	ИЛ	ДЗ,О
Тема 7. Коксовый процесс. Термические процессы коксования. Коксогазовые печи. Полукоксование. Энерготехнологическое использование твердого топлива. Гидрогенезация. Сухая перегонка. Низкотемпературный и высокотемпературный пиролиз	6	2	6		
Раздел 4. Промышленные печи					ДЗ,З

Тема 8. Назначение и конструкции промышленных печей. Классификация печей по теплотехнологическим признакам и конструктивному исполнению. Нагревательные печи камерного типа. Туннельные печи. Вращающиеся печи. Печные установки целлюлозно-бумажного производства. Вращающиеся печи для обжига известняка и регенерации извести. Печи для сжигания серы. Печи с кипящим слоем.		6	3	8	ИЛ
Тема 9. Тепломассообменные процессы в печах. Особенности организации топочных процессов в промышленных печах. Аэродинамика и теплообмен в печных установках. Нагрев и обжиг материала. Электрические нагревательные печи. Методика расчета промышленных печей.		4	4	2	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	17	56,75	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25			
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		51,25		56,75	

#### 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
ПК-5.2	Ориентируется в тепловых схемах топливных печей; различает особенности сжигания топлива в промышленных печах; применяемое энергосберегающее оборудование. Способен составлять материальные и тепловые балансы высокотемпературных теплотехнологических процессов; выполнять инженерные расчеты топочных и тепломассообменных процессов; оценивать энергетическую эффективность оборудования. Демонстрирует владение навыками составления и анализа энергетических балансов высокотемпературных теплотехнологических установок, а так же навыками проектирования и эксплуатации печных установок, содорегенерационных котельных агрегатов, другого	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания
ПК-6.2	Ориентируется в принципиальных технологических схемах высокотемпературных процессов и установок, обеспечивающих энергосбережение и экологическую безопасность производства. Способен анализировать технические данные, показатели и результаты работы высокотемпературных теплотехнологических установок, обобщать и систематизировать их, используя современные технические средства и информационные технологии. Демонстрирует практические навыки в использовании информации о работе печных установок, содорегенерационных котельных агрегатов, другого высокотемпературного оборудования и	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания

**5.1.2 Система и критерии оценивания**

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический подход к материалу.	Выполненное задание полностью соответствует всем предъявляемым требованиям. Оригинальный подход к решению поставленной задачи.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины, плохо ориентируется в основных понятиях и определениях, плохо знаком с основной литературой, допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления

**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 6	
1	Слоевые генераторы. Интенсификация процессов газификации методом повышения давления и обогащения дутьевого воздуха кислородом.
2	Полукоксование. Гидрогенезация. Сухая перегонка
3	Нагревательные печи камерного типа. Туннельные печи. Вращающиеся печи.
4	Аэродинамика и теплообмен в печных установках. Нагрев и обжиг материала.
5	Энергоемкость высокотемпературных установок. Способы снижения теплоты и энергии теплотехнических процессов.
6	Регенерация теплоты отработавших продуктов сгорания. Способы повышения эффективности использования теплоты в печных установках.
7	Влияние избытка воздуха на экономичность процесса горения. Определение оптимальных удельных расходов воздуха.
8	Методика расчета процессов газификации твердого топлива. Конструкции газогенераторов. Очистка генераторного газа. Схемы газогенераторных станций.
9	Слоевые топки. Прямоточные камерные топки. Вихревые и циклонные топки. Топки с кипящим слоем.
10	Печные установки целлюлозно-бумажного производства. Вращающиеся печи для обжига известняка и регенерации извести.
11	Конструкции промышленных печей. Печи для сжигания серы. Печи с кипящим слоем.
12	Интенсификация теплообменных процессов и полнота завершения физико-химических превращений в нагреваемых материалах.
13	Энерготехнологическое использование твердого топлива. Гидрогенезация и пиролиз.
14	Электрические нагревательные печи. Методика расчета промышленных печей.
15	Назначение высокотемпературной технологической обработки материалов. Области применения высокотемпературных процессов и установок.
16	Физико-химические и тепломассообменные процессы в высокотемпературных установках.
17	Основные виды и состав топлива. Определение теплоты сгорания топлива и горючих веществ.
18	Вторичные горючие продукты целлюлозно-бумажного производства. Сульфатный и сульфитные щелока, биологический ил, лигнин и древесная кора.
19	Химическое взаимодействие горючих элементов с кислородом воздуха
20	Тепловой баланс топки. Устойчивость топочного процесса. Контроль топочного процесса.
21	Кинетика процессов газификации твердого топлива. Получение генераторного газа.
22	Термические процессы коксования. Коксогазовые печи.
23	Классификация печей по теплотехнологическим признакам и конструктивному исполнению.
24	Особенности организации топочных процессов в промышленных печах.
25	Котлы-утилизаторы. Утилизация теплоты уходящих газов промышленных печей.
26	Классификация высокотемпературных установок по различным признакам. Виды энергоносителей для достижения высокой температуры.

27	Влияние балласта на способы и эффективность использования топлива для получения тепловой энергии.
28	Способы подготовки и сжигания вторичных топливных ресурсов.
29	Способы удаления золы и шлака. Предотвращение топочных взрывов.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

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

1. Определить количество образующихся водяных паров вскипания в сепараторе. давление конденсата, поступающего в сепаратор.  $P_1 = 0,6$  МПа (6 ата) при  $t_{нп1} = 158,1$  °С; давление в сепараторе  $P_2 = 0,2$  МПа (2 ата) при  $t_{нп2} = 120$  °С; энтальпия пара  $i'' = 2706,9$  кДж/кг; расход конденсата  $G_k = 10000$  кг/ч (2,8 кг/с).

2. Определить экономическую эффективность применения водо-водяного охладителя конденсата для нагревания воды.

расход воды  $G_v = 30$  т/ч (8,33 кг/с);  
 начальная температура воды  $t_{в2} = 105$  °С;  
 температура нагретой воды  $t_{в1} = 140$  °С;  
 пар сухой насыщенный:  
 давление  $P = 0,6$  МПа;  
 энтальпия  $i'' = 2756,4$  кДж/кг;  
 температура насыщения  $t_{н.п} = 158,1$  °С;  
 температура конденсата после охладителя  $t_k = 110$  °С;  
 энтальпия конденсата  $i' = 670,4$  кДж/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 решение задачи отводится 25 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>				
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>
Кауфман, А. А., Филоненко, Ю. Я.	Отечественные и зарубежные коксовые печи. Конструкции и оборудование	Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ	2013	<a href="http://www.iprbookshop.ru/68454.html">http://www.iprbookshop.ru/68454.html</a>
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>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
А.П. Бельский, В.Ю. Лакомкин, С.Н. Смородин	Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2012	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/energobereg13.htm">http://www.nizrp.narod.ru/energobereg13.htm</a>



С.Н. Смородин, В.Н. Белоусов, В.Ю. Лакомкин	Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2014	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/10.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/10.pdf</a>
---	---	---	------	---

Громова, Е.Н. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки Ч. 1.: учебное пособие / Е.Н. Громова; М-во науки и высшего образования РФ, С.- Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологий и энергетики. – Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – 88 с. – Текст: электронный.

### 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

MicrosoftOfficeProfessional 2013  
 MicrosoftWindows 8

### 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 тепломассообмена в газодисперсных потоках и при сушке волокнистых материалов