

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.07**

Проектирование и эксплуатация высокотемпературных установок

Учебный план: ФГОС3++m130401-2\_21-12.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	34	21	36	3	Экзамен
	РПД	17	34	21	36	3	
4	УП	24	12		36	2	Экзамен
	РПД	24	12		36	2	
Итого	УП	41	46	21	72	5	
	РПД	41	46	21	72	5	

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

### 1.2 Задачи дисциплины:

научить выполнять конструктивные и поверочные расчеты высокотемпературных теплотехнологических установок с определением расходов топлива, потерь теплоты в окружающую среду, а также разрабатывать способы экономии топливно-энергетических ресурсов в высокотемпературных технологических процессах и определять возможные пути модернизации высокотемпературных установок

### 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

Теплотехнологическое оборудование промышленных предприятий

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ПК-4.1: Готов к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации тепломассообменных установок</b>
<b>Знать:</b> конструктивные и тепловые схемы и элементы высокотемпературных теплотехнологических установок; типовые методики расчета высокотемпературных установок промышленных предприятий; 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.
<b>Уметь:</b> составлять материальные, тепловые балансы технологических процессов; выполнять конструктивные и поверочные расчеты высокотемпературных установок; осуществлять сбор, обработку и систематизацию технологической информации по высокотемпературным теплотехнологическим установкам; анализировать параметры работы высокотемпературных установок; осуществлять контроль и анализ режимов работы высокотемпературных установок
<b>Владеть:</b> навыками разработки мероприятий по повышению энергетической эффективности работы высокотемпературных установок различного назначения; методологией типовых расчетов высокотемпературных установок промышленных предприятий

### 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. Промышленные печи	3					О
Тема 1. Назначение и конструкции промышленных печей. Классификация печей по теплотехнологическим признакам и конструктивному исполнению. Теплообменные процессы в печах. Особенности организации топочных процессов в промышленных печах. Аэродинамика и теплообмен в печных установках. Нагревательные печи камерного типа. Тепловой баланс камерной печной установки		2	2		ИЛ	
Тема 2. Металлургическое производство. Доменные печи. Тепловой баланс доменной печи. Методические печи. Расчет длительности нагрева материала в методических печах за счет конвективного теплообмена. Тепловой баланс методических печей. Коксохимическое производство. Мартеновские печи. Установка сухого тушения кокса		2	4	2	ИЛ	
Тема 3. Туннельные печи. Тепловой баланс туннельных печей. Технологическая схема производства цемента. Вращающиеся печи. Печи с кипящим слоем. Индукционные нагревательные и плавильные печи. Дуговые электропечи.		2	4		ИЛ	
Тема 4. Футеровка печей. Выбор материалов для футеровки печей. Определение геометрические размеры печей. Определение размеров рабочего пространства камерной печи. Расчет горения различных видов топлива в топливных печных установках. Конструкции газовых горелок для топливных печей. Мазутные форсунки для топливных печей		3	8	3	АС	
Раздел 2. Термическая переработка твердого топлива					РГР, О, Д	

Тема 5. Высокотемпературный и низкотемпературный пиролиз. Принципиальная схема процесса пиролиза. Основные типы пиролизных котлов. Расчёт топки пиролизного котла. Трудности в эксплуатации пиролизных котлов. Установки для получения биогаза. Расчет метатенков. Конструкции газогенераторов. Материальный и тепловой балансы газогенераторов		3	6	8	ИЛ	
Тема 6. Энерготехнологическое использование твердого топлива. Коксовый процесс. Термические процессы коксования. Коксогазовые печи. Полукоксование. Гидрогенезация. Сухая перегонка		2	2		ИЛ	
Тема 7. Переработка и утилизация твердых бытовых отходов. Теоретические основы процесса переработки ТБО. Анализ эффективности переработки отходов. Мусоросжигательные заводы. Сверхкритическое водное окисление. Методика расчета реактора СКВО		3	8	8	ГД	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	34	21		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		33,5		
Раздел 3. Высокотемпературные установки целлюлозно-бумажной промышленности	4				РГР,О	
Тема 8. Сульфатная варка целлюлозы в котлах периодического действия и непрерывно действующих варочных установках. Тепловой баланс варочного котла. Основы теплового расчета выпарных аппаратов. Содорегенерационные котельные агрегаты. Известеобжигательные печи. Тепловой расчет известерегенерационных печей.		8	6			ИЛ
Тема 9. 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. Газификация черного щелока. Утилизация сульфитных щелоков на магниевом основании		8	6			ИЛ

Раздел 4. Эксплуатация высокотемпературных установок и способы экономии энергоресурсов					
Тема 10. Организация эксплуатации и оценка эффективности и надёжности высокотемпературных установок. Обеспечение экологических характеристик оборудования в процессе эксплуатации. Организация, планирование, основные задачи ремонта и составление программ наладки и ремонта высокотемпературных установок. Техника безопасности при эксплуатации теплоэнергетических установок и систем. Общие положения «Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок». Сфера действия правил. Высокотемпературные установки, подлежащие регистрации в органах Ростехнадзора. Порядок регистрации	4			ИЛ	О,Р
Тема 11. Энергоемкость высокотемпературных установок. Способы снижения затрат теплоты и энергии теплотехнических процессов. Регенерация теплоты отработавших продуктов сгорания. Способы повышения эффективности использования теплоты в печных установках.	4			ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	24	12			
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)	2,5		33,5		
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	92		88		

#### 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-4.1	ориентируется в конструктивных и тепловых схемах высокотемпературных теплотехнологических установок; способен выполнять расчеты высокотемпературных установок промышленных предприятий согласно типовым методикам; способен осуществлять обработку и систематизацию технологической информации по высокотемпературным теплотехнологическим установкам, анализировать параметры работы высокотемпературных установок, осуществлять контроль и анализ режимов работы высокотемпературных установок; демонстрирует владение практическими навыками разработки мероприятий по повышению энергетической эффективности работы высокотемпературных установок различного назначения	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания

### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, демонстрирующий глубокое понимание предмета. Умение применять теоретические знания для решения практических задач.	Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо, может представить его графически. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
4 (хорошо)	Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки.	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией.
3 (удовлетворительно)	Ответ неполный. При понимании сущности предмета в целом присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов	Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение. Знает размерности физических величин, может сделать рисунок или схему, поясняющую решение задачи.
2 (неудовлетворительно)	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки).	Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать формулы и плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания

### 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	Назначение высокотемпературной технологической обработки материалов. Области применения высокотемпературных процессов и установок.
2	Классификация печей по теплотехнологическим признакам и конструктивному исполнению. Особенности организации топочных процессов в промышленных печах.
3	Тепломассообменные процессы в печах.
4	Нагревательные печи камерного типа. Тепловой баланс камерной печной установки
5	Технологическая схема металлургического производства
6	Доменные печи. Тепловой баланс доменной печи
7	Методические печи. Тепловой баланс методических печей
8	Расчет длительности нагрева материала в методических печах за счет конвективного теплообмена.
9	Коксохимическое производство. Установка сухого тушения кокса
10	Туннельные печи. Тепловой баланс туннельных печей
11	Технологическая схема производства цемента. Вращающиеся печи
12	Печи с кипящим слоем
13	Индукционные нагревательные и плавильные печи. Дуговые электропечи

14	Футеровка печей. Выбор материалов для футеровки печей
15	Определение геометрические размеры печей. Определение размеров рабочего пространства камерной печи
16	Расчет горения различных видов топлива в топливных печных установках
17	Конструкции газовых горелок для топливных печей. Мазутные форсунки для топливных печей
18	Высокотемпературный и низкотемпературный пиролиз. Принципиальная схема процесса пиролиза
19	Основные типы пиролизных котлов. Расчёт топки пиролизного котла
20	Установки для получения биогаза. Расчет метатенков
21	Конструкции газогенераторов. Материальный и тепловой балансы газогенераторов
22	Энерготехнологическое использование твердого топлива
23	Переработка и утилизация твердых бытовых отходов. Теоретические основы процесса переработки ТБО
24	Анализ эффективности переработки отходов
25	Сверхкритическое водное окисление. Методика расчета реактора СКВО
Семестр 4	
26	Сульфатная варка целлюлозы в котлах периодического действия и непрерывно действующих варочных установках
27	Тепловой баланс варочного котла
28	Основы теплового расчета выпарных аппаратов
29	Содорегенерационные котельные агрегаты. Тепловой баланс СРК
30	Известеобжигательные печи. Тепловой расчет известерегенерационных печей
31	Подготовка и сжигание коро-древесных отходов
32	Гидролизное производство. Подготовка и сжигание лигнина
33	Сжигание биологического ила
34	Газификация черного щелока
35	Утилизация сульфитных щелоков на магниевом основании
36	Организация эксплуатации и оценка эффективности и надёжности высокотемпературных установок
37	Обеспечение экологических характеристик оборудования в процессе эксплуатации
38	Организация, планирование, основные задачи ремонта и составление программ наладки и ремонта высокотемпературных установок
39	Техника безопасности при эксплуатации теплоэнергетических установок и систем
40	Высокотемпературные установки, подлежащие регистрации в органах Ростехнадзора. Порядок регистрации
41	Способы снижения затрат теплоты и энергии теплотехнических процессов
42	Регенерация теплоты отработавших продуктов сгорания

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

не предусмотрено

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

Необходимо определить длину, ширину и высоту рабочего пространства нагревательной печи.

Исходные данные:

- производительность печи  $G=650$  кг/ч;
- габариты нагреваемой заготовки:  $a=0,18$  м,  $b=0,18$  м,  $l=0,34$  м;
- материал нагреваемой заготовки – ст.20, плотность –  $\rho=7800$  кг/м<sup>3</sup>.

Составить и рассчитать материальный баланс известерегенерационной печной установки, при следующих исходных данных:

- Производительность печи по извести  $G_{и}$ , т/ч=14
- Температура извести после печи  $t_{ои}$ , °C=750
- Температура мазута  $t_{м}$ , °C=100
- Влажность шлама  $W_{ш}$ , %=58
- Температура шлама  $t_{ш}$ , °C=85
- Недожог мазута  $a_{м}$ =0,04
- Потери извести при прокаливании апп, %=4
- Потери извести в результате уноса  $y$ , %=5
- Температура уходящих газов  $t_{ух.г}$ , °C=200



### 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.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>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
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>
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>
О.Б. Григорай [и др.]	Газификация черного щелока сульфатного производства [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2011	<a href="http://nizrp.narod.ru/gazifikacijach.htm">http://nizrp.narod.ru/gazifikacijach.htm</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 энергетик. – Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – 88 с. – Текст электронный. Режим доступа: <http://www.nizrp.narod.ru/gazifikacijach.htm>

### 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

Microsoft Windows 8  
PTC Mathcad 15  
Microsoft: WIN HOME 10 Russian OLPNL AcademicEdition Legalization GetGenuine

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

Аудитория	Оснащение
A-206a	Лабораторные установки для исследования гидродинамики и тепломассообмена в газодисперсных потоках и при сушке волокнистых материалов

Лекционная  
аудитория

Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска