

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.04**

Энергосбережение на теплоэнергетических объектах

Учебный план: ФГОС3++b130301ПТ-1\_21-14.plx

Кафедра: **24** Промышленной теплоэнергетики

Направление подготовки:  
(специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Промышленная теплоэнергетика  
(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				
7	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:** ознакомление обучающихся с передовыми методами управления производством, передачи и потребления энергии и применяемым энергосберегающим оборудованием; основами проведения энергетических обследований потребителей энергетических ресурсов; типовыми энергосберегающими мероприятиями в энергетических и технологических установках, тепловых и электрических сетях, зданиях и сооружениях.

### 1.2 Задачи дисциплины:

научить обучающихся выполнять инженерные расчёты топочных и теплообменных процессов, составлять, решать и анализировать уравнения материального и теплового балансов, принимать экономически обоснованные решения в области энергосберегающих мероприятий.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Отопительные котельные

Анализ и диагностика производственно-хозяйственной деятельности предприятия

Источники тепловой и электрической энергии

Теплообменное оборудование теплоэнергетических предприятий

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ПК-4.1: Готовность к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению на теплоэнергетических объектах в соответствии с технологией производства тепловой и электрической энергии**

**Знать:** современные энергосберегающие технологии, мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на теплоэнергетических объектах

**Уметь:** составлять энергетические балансы теплотехнологических схем и их элементов, рассчитывать технико-экономические показатели систем теплоэнергоснабжения, определять затраты энергетических, материальных ресурсов в системах теплоэнергоснабжения, анализировать и применять отечественный и зарубежный опыт при планировании мероприятий ресурсосбережению на производстве.

**Владеть:** навыками повышения показателей эффективности систем теплоэнергоснабжения, методами оценки эффективности энергосберегающих мероприятий и технологий.

### 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. Высокотемпературные установки и энергосбережение	7					П
Тема 1. Промышленные печи. Классификация печей по технологическим признакам и конструктивному исполнению. Доменные печи. Мартеновские печи. Шахтные печи. Электрические печи. 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. Горелки для печных установок. Расчёт горелочных устройств и топок для печей. Уравнение теплового баланса печи. КПД печи Особенности организации топочных процессов в промышленных печах. Аэродинамика и теплообмен в печных установках. Нагрев тонких тел. Нагрев массивных тел. Термические напряжения. Электрические нагревательные печи. Методика расчёта промышленных печей.		6	2	6	НИ	
Тема 2. Регенерация теплоты высокотемпературных установок. Котлы-утилизаторы. Теплофикационные теплообменники. Мокрые скрубберы.		4	2	5	НИ	
Тема 3. Улавливание вредных газовых и пылевидных веществ с целью предотвращения загрязнения окружающей среды. Улавливание технологически ценных газообразных и пылевидных веществ. Утилизация теплоты паровых котлов.		2	2	6	НИ	
Раздел 2. Природные топлива и горючие отходы						П

<p>Тема 4. Основные виды и состав топлива. Определение теплоты сгорания топлива и горючих веществ. Тепловой баланс топки. Устойчивость топочного процесса. Развитие горящего факела при сжигании газа. Организация процесса сжигания жидкого топлива. Влияние распыла на интенсивность процесса горения. Подготовка и сжигание древесной коры и отходов. Подготовка и сжигание лигнина. Сжигание биологического ила.</p>		6	2	6	НИ	
<p>Тема 5. Газификация твёрдых топлив. Получение генераторного газа. Слойные генераторы. Интенсификация процессов газификации методом повышения давления и обогащения дутьевого воздуха кислородом. Газификация зернистого топлива в кипящем слое. Методика расчёта процессов газификации твёрдого топлива. Конструкции газогенераторов. Очистка генераторного газа. Схемы газогенераторных станций. Термические процессы коксования. Коксогазовые печи. Полукоксование. Энерготехнологическое использование твёрдого топлива.</p>		4	3	6	НИ	
<p>Тема 6. Регенерация щелоков. Организация топочных процессов в сордорегенерационных котлоагрегатах (СРК). Материальный баланс. Конструкции сордорегенерационных котлоагрегатов. Основные закономерности и повышение эффективности топочных процессов в СРК. Снижение химической и механической неполноты сгорания. Мероприятия по снижению уноса. Повышение устойчивости топочных процессов при сжигании влажного щёлока. Предотвращение топочных взрывов. Утилизация теплоты уходящих газов. Тепловой баланс СРК.</p>		4	2	8	НИ	
<p>Раздел 3. Энергосбережение и энергоаудит на объектах теплоэнергетики и в ЖКХ</p>						
<p>Тема 7. Теплоснабжение и типовые энергосберегающие мероприятия в ЖКХ. Требования к энергосберегающим мероприятиям. Энергосбережение в строительстве. Тепловые потери зданий и их минимизация. Классификация энергоэффективных домов. Стандартизация энергоэффективности домов. Энергосберегающие технологии</p>		2	2	8	НИ	П

Тема 8. Методика и организация проведения энергоаудита. Виды энергоаудита. Энергообследование первого и второго уровня. Цели и задачи энергоаудита. Инструментальное обследование. Система энергоснабжения предприятия. Энергетический паспорт промышленных предприятий и объектов ЖКХ. Цели подготовки энергетического паспорта. Данные, входящие в состав энергетического паспорта		4	2	6	НИ	
Тема 9. Организация учета топлива, тепловой и электрической энергии, воды и сжатого воздуха. Использование средств учета и регулирования расхода энергоресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве. Приборы учета холодной и горячей воды. Приборы учета тепловой энергии. Приборы для учета отпускаемой тепловой энергии. Приборы регулирования для систем отопления и горячего водоснабжения. Учет природного газа. Приборы учета электрической энергии. Системы учета энергоресурсов		2		5,75	НИ	
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-4.1	Имеет представление о передовых методах управления производством, передачи и потребления энергии и применяемом энергосберегающем оборудовании; методах проведения энергетических обследований потребителей энергетических ресурсов; типовых энергосберегающих мероприятиях в энергетических и технологических установках, тепловых и электрических сетях, зданиях и сооружениях. Способен оценивать энергетическую эффективность оборудования, технологических установок, производств; оценивать экономию энергетических ресурсов за счет проведения энергосберегающих мероприятий. Демонстрирует владение навыками составления и анализа энергетических балансов аппаратов, технологических установок, зданий и сооружений, промышленных предприятий и коммунальных потребителей.	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, демонстрирующий понимание предмета. Умение применять теоретические знания для решения практических задач. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра	Выполненное задание полностью соответствует всем предъявляемым требованиям. Оригинальный подход к решению поставленной задачи.
Не зачтено	Ответ неполный. При понимании сущности предмета в целом присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов. Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра	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 7	
1	Известеобжигательные печи: назначение, уравнение теплового баланса.
2	Энергосбережение при сжигании биологического ила. Уравнение теплового баланса.
3	Туннельные печи: схема, тепловой баланс.
4	Энергосбережение при сжигании серы. Расход полученного пара.
5	Энергосбережение при сжигании сульфитных щелоков на магниевом основании.
6	Электрические печи: печи сопротивления, дуговые печи, индукционные печи, тепловой расчет.
7	Состав и теплота сгорания коры и древесных отходов.
8	Термическая переработка твердого топлива: сухая перегонка, полукоксование, коксование.
9	Подготовка корьевых и древесных отходов к сжиганию.
10	Сжигание корьевых отходов в топке с наклонной колосниковой неподвижной решеткой. Тепловой баланс топки.
11	Газификация твердого топлива: материальный баланс, схема включения газогенератора.
12	Сжигание корьевых отходов в топке ЦКТИ им. Ползунова. Тепловой баланс топки.
13	Газификация твердого топлива: схема газогенератора, кинетика газификации.
14	Газификация твердого топлива: тепловой баланс.
15	Сжигание корьевых отходов в топке с кипящим слоем. Тепловой баланс топки.
16	Схема производства сульфатной целлюлозы, химизм регенерации химикатов.
17	Свойства черного сульфатного щелока.
18	Содорегенерационные котельные агрегаты; схема СРК, назначение технологическое и энергетическое.
19	Сжигание корьевых отходов в скоростной топке В.В.Померанцева. Тепловой баланс
20	Виды энергоаудита
21	Методика и организация энергоаудита
22	Организация учета топлива
23	Организация учета тепловой и электрической энергии
24	Организация учета воды и сжатого воздуха
25	Энергетический паспорт промышленных предприятий
26	Энергетический паспорт объектов ЖКХ
27	Способы экономии топливно-энергетических ресурсов в теплоэнергетике и теплотехнологиях.
28	Тепловой баланс содорегенерационного котельного агрегата.
29	Оценка энергосбережения в теплотехнологических процессах и установках: КПД и удельные расходы.
30	КПД СРК: технологический и энергетический.
31	Тепловой баланс теплообменной установки для нагревания изделий: энергетический и технологический КПД.
32	Котлы-утилизаторы: водотрубные, дымогарные, с принудительной циркуляцией. Уравнение теплового баланса.
33	Классификация печных установок. Схема энергосбережения за счет снижения температуры продуктов сгорания.

34	«Глубокое» охлаждение уходящих газов при естественной тяге.
35	Доменные печи: тепловой баланс, КПД
36	Утилизация теплоты уходящих газов в контактном теплообменнике с активированными насадками (КТАН). Уравнение теплового баланса.
37	Методические печи: схема, тепловой баланс.
38	Рекуперация теплоты в воздухоподогревателе с керамическими трубами. Уравнение теплового баланса.
39	Расчет длительности нагрева материала в методических печах за счет конвективного теплообмена.
40	Органические отходы ЦБП, элементный состав и теплота сгорания.
41	Энергосбережение при сжигании лигнина.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

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

1. Составить уравнение теплового баланса воздухоподогревателя, определить расход пара, диаметр паропровода, диаметр конденсатопровода, размеры воздухопроводов до и после калорифера, расход топлива и стоимость нагревания воздуха.

температура воздуха до калорифера  $t_{в1} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  
 температура воздуха после калорифера  $t_{в2} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  
 объемный расход воздуха после калорифера  $V_{в2} = 10000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  
 давление пара в калорифере  $P_p = 3 \text{ ата (} 3 \cdot 10^5 \text{ Па)}$ .

2. Определить количество пара, вырабатываемого котлом-утилизатором, установленным за мартеновской печью, а также рассчитать годовую экономию топлива (природного газа).

начальная температура газов  $t_{r1} = 700 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  
 конечная температура газов  $t_{r2} = 160 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  
 объемный расход газов  $V_r = 12000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  
 давление пара, вырабатываемого котлом-утилизатором  $P_p = 40 \cdot 10^5 \text{ Па (} 40 \text{ ата)}$ .

### 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 решение практико-ориентированного задания и подготовку устного ответа 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>
Стрельников, Н. А.	Энергосбережение	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2014	<a href="http://www.iprbookshop.ru/47729.html">http://www.iprbookshop.ru/47729.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				



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>
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, Е.Н. Громова, С.Н. Смородин	Задачи по энергосбережению [Текст]: сборник задач	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2018	<a href="https://nizrp.narod.ru/metod/kpte/2018_10_09_02.pdf">https://nizrp.narod.ru/metod/kpte/2018_10_09_02.pdf</a>
В.Н. Белоусов, С.Н. Смородин, В.Ю. Лакомкин	Энергосбережение и выбросы парниковых газов (СО <sub>2</sub> ) [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2014	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/9.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/9.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>  
 Некоммерческое партнерство инженеров АВОК [Электронный ресурс]. URL: <https://www.abok.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 теплообмена в газодисперсных потоках и при сушке волокнистых материалов