

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.04**

Энергосбережение на теплоэнергетических объектах

Учебный план: ФГОС3++b130301-23\_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<br>(курс для ЗАО) | Контактная работа обучающихся |                   | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоём-<br>кость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------------|
|                           | Лекции                        | Практ.<br>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<br>(курс для ЗАО) | Контактная работа |               | СР<br>(часы) | Инновац.<br>формы<br>занятий | Форма<br>текущего<br>контроля |
|--|---------------------------|-------------------|---------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|
|  |                           | Лек.<br>(часы)    | Пр.<br>(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<br>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 сорегенерационных котлоагрегатах (СРК). Материальный баланс. Конструкции сорегенерационных 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<br>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> |  |  |             |   |



|   |  |   |      |   |
|---|--|---|------|---|
| 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.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.Н. Белоусов, С.Н. Смородин, В.Ю. Лакомкин | Энергосбережение и выбросы парниковых газов (CO <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 |