

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.10

Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки

Учебный план: ФГОС3++b130301-23_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. | Трудоёмкость, 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, содорегенерационных 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-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

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

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. Теплообменные 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 | | | | |
| Всего контактная работа и СР по дисциплине | | 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 теплообменных 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 топki. Прямоточные камерные топki. Вихревые и циклонные топki. Топki 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 топki. Устойчивость топчного процесса. Контроль топчного 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 топчных 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 |
|--|---|---|-------------|---|
| 6.1.1 Основная учебная литература | | | | |
| 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 | http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte//16.pdf |
| Кауфман, А. А., Филоненко, Ю. Я. | Отечественные и зарубежные коксовые печи. Конструкции и оборудование | Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ | 2013 | http://www.iprbookshop.ru/68454.html |
| 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 | http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/18.pdf |
| 6.1.2 Дополнительная учебная литература | | | | |
| 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 | http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/10.pdf |

| | | | | | |
|--|-----------------|---|---|------|---|
| А.П. Бельский, В.Ю. Лакомкин, Смородин | В и [Текст]: | Энергосбережение теплоэнергетике теплотехнологиях учебное пособие | М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП | 2012 | http://www.nizrp.narod.ru/energobereg13.htm |
|--|-----------------|---|---|------|---|

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. технологии 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 |
| A-206а | Лабораторные установки для исследования гидродинамики и теплообмена в газодисперсных потоках и при сушке волокнистых материалов |