

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.03.01	Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки
(Индекс дисциплины)	(Наименование дисциплины)
Кафедра: 24	Промышленной теплоэнергетики
Код	Наименование кафедры
Направление подготовки: <u>13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника</u>	
Профиль подготовки: <u>Энергетика теплотехнологий</u>	
Уровень образования: <u>Бакалавриат</u>	

План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	144		
	Аудиторные занятия	70		
	Лекции	28		
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	42		
	Самостоятельная работа	74		
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачет	8		
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)				

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная								4		
Очно-заочная										
Заочная										

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

На основании учебных планов № б130301-3_20

Кафедра-разработчик: Промышленной теплоэнергетики

Заведующий кафедрой: Сморозин С.Н.

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Промышленной теплоэнергетики

Заведующий кафедрой: Сморозин С.Н.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая Обязательная Дополнительно является факультативом
Вариативная По выбору

1.2. Цель дисциплины

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

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

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ПК- 1	способностью участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	
Планируемые результаты обучения Знать: тепловые схемы топливных печей; особенности сжигания топлива в промышленных печах; применяемое энергосберегающее оборудование. Уметь: составлять материальные и тепловые балансы высокотемпературных теплотехнологических процессов; выполнять инженерные расчеты топочных и теплообменных процессов; оценивать энергетическую эффективность оборудования. Владеть: навыками составления и анализа энергетических балансов высокотемпературных теплотехнологических установок, а так же навыками проектирования и эксплуатации печных установок, содорегенерационных котельных агрегатов, другого высокотемпературного теплотехнологического оборудования.		
ПК-7	способностью обеспечивать соблюдение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины	
Знать: основные принципы эксплуатации высокотемпературных установок, основные руководящие документы и технические директивы, используемые в эксплуатации такого оборудования. Уметь: определять эксплуатационное состояние высокотемпературного оборудования, используя при этом, как текущие показатели, так и нормативные. Владеть: практическими навыками в использовании нормативных показателей, режимных карт, используемых при эксплуатации высокотемпературных установок.		
ПК-10	готовностью к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов	

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
	<p>Знать: принципиальные промышленные технологические схемы высокотемпературных процессов и установок, обеспечивающие энергосбережение и экологическую безопасность производства.</p> <p>Уметь: анализировать технические данные, показатели и результаты работы высокотемпературных теплотехнологических установок, обобщать и систематизировать их, используя современные технические средства и информационные технологии.</p> <p>Владеть: Практическими навыками в использовании информации о работе печных установок, содорегенерационных котельных агрегатов, другого высокотемпературного оборудования и теплотехнологических процессов</p>	

1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях; (ПК-1)
- Безопасность жизнедеятельности, Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности);(ПК-7)
- Низкотемпературные технологические процессы и установки, Сушильные теплотехнологические установки, Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности), Производственная практика (технологическая практика) (ПК-10)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1. Высокотемпературные установки и энергосбережение			
Тема 1. Промышленные 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	20		
Тема 2. Особенности организации топочных процессов в промышленных печах. Аэродинамика и теплообмен в печных установках. Нагрев тонких тел. Нагрев массивных тел. Термические напряжения. Электрические нагревательные печи.	20		
Тема 3. Регенерация теплоты высокотемпературных установок. Котлы-утилизаторы. Теплофикационные теплообменники. Мокрые скрубберы.	20		
Тема 4. Улавливание вредных газовых и пылевидных веществ с целью предотвращения загрязнения окружающей среды. Улавливание технологически ценных газообразных и пылевидных веществ. Утилизация теплоты паровых котлов	20		
Текущий контроль 1. Устный опрос	1		
Учебный модуль 2. Природные топлива и горючие отходы			
Тема 5. Подготовка и сжигание древесной коры и отходов. Подготовка и сжигание лигнина. Сжигание биологического ила	20		
Тема 6. Газификация твёрдых топлив. Интенсификация процессов газификации различными методами. Энерготехнологическое использование твёрдого топлива.	20		
Тема 7. Регенерация щелоков. Организация топочных процессов в содорегенерационных котлоагрегатах (СРК). Снижение химической и механической неполноты сгорания. Мероприятия по снижению уноса. Повышение устойчивости топочных процессов при сжигании влажного щёлока.	18		
Текущий контроль 2. Устный опрос	1		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Промежуточный контроль по дисциплине зачет	4		
ВСЕГО:	144		

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	8	4				
2	8	4				
3	8	4				
4	8	4				
5	8	4				
6	8	4				
7	8	4				
ВСЕГО:		28				

3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Методика расчёта промышленных печей.	8	6				
2	Расчет термических напряжений в топках печей	8	6				
3	Теплофикационные теплообменники. Составление теплового баланса	8	6				
4	Методы улавливания технологически ценных газообразных и пылевидных веществ	8	6				
5	Подготовка и сжигание лигнина	8	6				
6	Интенсификация процессов газификации различными методами	8	6				
7	Методы повышения устойчивости топочных процессов при сжигании влажного щёлочка	8	6				
ВСЕГО:			42				

3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрены

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1. Цели и задачи курсовой работы

Не предусмотрено

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2	Устный опрос	8	2				

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	8	60				
Подготовка к практическим занятиям	8	80				
Подготовка к зачету	8	4				
ВСЕГО:		144				

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Не предусмотрены

7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Бегляров А.Э. Основы проектирования тепловых установок [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бегляров А.Э.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.— 207 с

б) дополнительная учебная литература

2. Смородин С.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю. Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве: учебное пособие[Электронный ресурс]/ СПб ГТУРП.- СПб., 2014.-99с <http://www.nizrp.narod.ru>

3. Лакомкин В.Ю., Смородин С.Н., Громова Е.Н. Тепломассообменное оборудование предприятий (Сушильные установки): учебное. пособие / ВШТЭ СПб ГУПТД. СПб., 2016. -143 с

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Бельский А.П. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / А.П. Бельский, В.Ю. Лакомкин, С.Н. Смородин; СПбГТУРП, каф. пром. теплоэнергетики. – СПб, 2012. – 136 с. - Электронная библиотека учебных изданий ВШТЭ: <http://www.gturp.spb.ru/fkl/fpe/kaf/pte/lakomkin/drying2.htm>

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: <http://www.gturp.spb.ru/fkl/fpe/kaf/pte/lakomkin/energysave.htm>

2. Портал по энергосбережению: <http://www.energosovet.ru/stat.php>

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Аудитория с мультимедийным учебным комплексом

8.6. Иные сведения и (или) материалы

Компьютерные презентации, плакаты, каталоги оборудования, демонстрационные и раздаточные материалы

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы
Практические занятия	Работа с конспектом лекций и практических занятий; подготовка ответов к контрольным вопросам, тестовым заданиям; решение расчетно-графических заданий; решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Знакомство с дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники. При подготовке к экзамену необходимо проработать конспекты лекций и практических занятий курса и рекомендуемую литературу.

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ПК-1	<p>Ориентируется в тепловых схемах топливных печей; различает особенности сжигания топлива в промышленных печах; применяемое энергосберегающее оборудование.</p> <p>Способен составлять материальные и тепловые балансы высокотемпературных теплотехнологических процессов; выполнять инженерные расчеты топочных и тепломассообменных процессов; оценивать энергетическую эффективность оборудования.</p> <p>Демонстрирует владение навыками составления и анализа энергетических балансов высокотемпературных теплотехнологических установок, а так же навыками проектирования и эксплуатации печных установок, содорегенерационных котельных агрегатов, другого высокотемпературного теплотехнологического оборудования.</p>	<p>Устное собеседование Практическое задание</p>	<p>Перечень вопросов для устного собеседования (40 вопросов) Задачи (18 штук)</p>
ПК-7	<p>Демонстрирует знание основных принципов эксплуатации высокотемпературных установок, руководящих документов и технических директив, используемых в эксплуатации такого оборудования.</p> <p>Способен определять эксплуатационное состояние высокотемпературного оборудования, используя при этом, как текущие показатели, так и нормативные.</p> <p>Демонстрирует практические навыки в использовании нормативных показателей, режимных карт, используемых при эксплуатации высокотемпературных установок.</p>	<p>Устное собеседование Практическое задание</p>	<p>Перечень вопросов для устного собеседования (40 вопросов) Задачи (18 штук)</p>
ПК-10	<p>Ориентируется в принципиальных технологических схемах высокотемпературных процессов и установок, обеспечивающих энергосбережение и экологическую безопасность производства.</p> <p>Способен анализировать технические данные, показатели и результаты работы высокотемпературных теплотехнологических установок, обобщать и систематизировать их, используя современные технические средства и информационные технологии.</p> <p>Демонстрирует практические навыки в использовании информации о работе печных установок, содорегенерационных котельных агрегатов, другого высокотемпературного оборудования и теплотехнологических процессов</p>	<p>Устное собеседование Практическое задание</p>	<p>Перечень вопросов для устного собеседования (40 вопросов) Задачи (18 штук)</p>

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
	Устное собеседование
Зачтено	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу.
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.

* **Существенные ошибки** – недостаточная глубина и осознанность ответа (например, студент не смог применить теоретические знания для объяснения явлений, для установления причинно-следственных связей, сравнения и классификации явлений и т.д.).

* **Несущественные ошибки** – неполнота ответа (например, упущение из вида какого-либо нехарактерного факта, дополнения при описании процесса, явления, закономерностей и т.д.); к ним могут быть отнесены оговорки, допущенные при невнимательности студента.

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Назначение высокотемпературной технологической обработки материалов. Области применения высокотемпературных процессов и установок. Физико-химические и тепломассообменные процессы в высокотемпературных установках.	1
2	Основные виды и состав топлива. Определение теплоты сгорания топлива и горючих веществ.	5
3	Вторичные горючие продукты целлюлозно-бумажного производства. Сульфатный и сульфитные щелока, биологический ил, лигнин и древесная кора.	5
4	Химическое взаимодействие горючих элементов с кислородом воздуха	5
5	Развитие процесса воспламенения и выжигания горючих элементов в горящем факеле.	5
6	Тепловой баланс топки. Устойчивость топочного процесса. Контроль топочного процесса.	5
7	Кинетика процессов газификации твердого топлива. Получение генераторного газа.	6
8	Термические процессы коксования. Коксогазовые печи.	6
9	Технологические процессы регенерации сульфатного щелока.	7
10	Основные закономерности и повышение эффективности топочных процессов в СРК.	7
11	Классификация печей по теплотехнологическим признакам и конструктивному исполнению.	1
12	Особенности организации топочных процессов в промышленных печах.	1
13	Котлы-утилизаторы. Утилизация теплоты уходящих газов промышленных печей.	3
14	Классификация высокотемпературных установок по различным признакам. Виды энергоносителей для достижения высокой температуры.	2
15	Влияние балласта на способы и эффективность использования топлива для получения тепловой энергии.	2
16	Способы подготовки и сжигания вторичных топливных ресурсов.	1
17	Стехиометрические соотношения. Влияние избытка воздуха на полноту и экономичность процесса горения.	1
18	Влияние кинетических и диффузионных способов на интенсивность и полноту сгорания топлива.	2
19	Способы удаления золы и шлака. Предотвращение топочных взрывов.	2
20	Слоевые генераторы. Интенсификация процессов газификации методом повышения давления и обогащения дутьевого воздуха кислородом.	3
21	Коксовый процесс. Коксогазовые печи. Полукоксование	3
22	Материальный баланс СРК. Конструкции содорегенерационных котлоагрегатов.	4
23	Снижение химической и механической неполноты сгорания в СРК. Мероприятия по снижению уноса химикатов. Повышение устойчивости топочных процессов при	4

	сжигании влажного щелока.	
24	Нагревательные печи камерного типа. Туннельные печи. Вращающиеся печи.	1
25	Аэродинамика и теплообмен в печных установках. Нагрев и обжиг материала.	1
26	Теплофикационные теплообменники. Мокрые скрубберы. Улавливание технологически ценных газообразных и пылевидных веществ.	1
27	Энергоемкость высокотемпературных установок. Способы снижения теплоты и энергии теплотехнических процессов.	1
28	Регенерация теплоты отработавших продуктов сгорания. Способы повышения эффективности использования теплоты в печных установках.	1
29	Кинетические характеристики природного топлива и промышленных горючих продуктов.	2
30	Влияние избытка воздуха на экономичность процесса горения. Определение оптимальных удельных расходов воздуха.	2
31	Образование коррозионных соединений и шлакование в топках.	2
32	Слоевые топки. Прямоточные камерные топки. Вихревые и циклонные топки. Топки с кипящим слоем.	3
33	Методика расчета процессов газификации твердого топлива. Конструкции газогенераторов. Очистка генераторного газа. Схемы газогенераторных станций.	3
34	Предотвращение топочных взрывов. Методика расчета теплообмена в топке СРК. Утилизация теплоты уходящих газов. Тепловой баланс СРК.	4
35	Печные установки целлюлозно-бумажного производства. Вращающиеся печи для обжига известняка и регенерации извести.	1
36	Конструкции промышленных печей. Печи для сжигания серы. Печи с кипящим слоем.	1
37	Интенсификация теплообменных процессов и полнота завершения физико-химических превращений в нагреваемых материалах.	2
38	Энерготехнологическое использование твердого топлива. Гидрогенезация и пиролиз.	2
39	Улавливание вредных газовых и пылевидных веществ с целью предотвращения загрязнений окружающей	3
40	Электрические нагревательные печи. Методика расчета промышленных печей.	1

10.2.2. Вариант типовых заданий (задач, кейсов), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых задач	Ответ
1	<p>Определить экономическую эффективность применения водяного охладителя конденсата для нагревания воды.</p> <p>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;</p> <p>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.</p>	<p>Решение</p> <p>Расход пара для нагревания воды при отсутствии охладителя конденсата</p> $D_i = \frac{G_a \tilde{N}_a (t_{a1} - t_{a2})}{(i'' - i')_{\phi}} = \frac{8,33 \cdot 4,19 (140 - 105)}{(2756,4 - 670,4) 0,98} = 0,60 \text{ т/ч (2160 кг/ч)}$ <p>где $C_v = 4,19$ кДж/(кг °С) - теплоемкость воды; $\phi = 0,98$ - коэффициент использования теплоты.</p> <p>Экономия топлива в результате включения охладителя конденсата</p> $B_T = \frac{D_{п} C_v (t_{н,п} - t_k)}{Q_i^r \eta} = \frac{2160 \cdot 4,19 (158,1 - 110)}{36872 \cdot 0,98} = 12,22 \text{ м}^3/\text{ч (0,0034 м}^3/\text{с)}$
2	<p>Определить количество образующихся водяных паров вскипания в сепараторе. давление конденсата, поступающего в сепаратор. $P_1 = 0,6$ МПа (6 ата) при $t_{н1} = 158,1$ °С; давление в сепараторе $P_2 = 0,2$ МПа (2 ата) при $t_{н2} = 120$ °С; энтальпия пара $i'' = 2706,9$ кДж/кг;</p>	<p>Решение</p> <p>Количество образующихся водяных паров при снижении давления</p> $d = \frac{(t_{н1} - t_{н2}) C_v}{i'' - t_{н2} C_v} = \frac{(158,1 - 120) 4,19}{2706,9 - 120 \cdot 4,19} = 0,072 \frac{\text{кг пара}}{\text{кг конд.}}$

расход конденсата $G_k = 10000$ кг/ч (2,8 кг/с).	где $C_v = 4,19$ кДж/(кг °С) - теплоемкость воды. Количество образующегося вторичного пара $D_n = G_k d = 10000 \cdot 0,072 = 720$ кг/ч .
---	---

10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная письменная компьютерное тестирование иная*

10.3.3. Особенности проведения зачета

Время на подготовку 20 мин, в это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы и решение задачи. К ответу прилагается письменный конспект.