

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.09.02	Проектирование высокотемпературных теплотехнических установок		
(Индекс дисциплины)	(Наименование дисциплины)		
Кафедра:	24	Промышленной теплоэнергетики	
	Код	Наименование кафедры	
Направление подготовки:	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника		
Профиль подготовки:	Энергетика теплотехнологий		
Уровень образования:	Бакалавриат		

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	56		
	Лекции	28		
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	28		
	Самостоятельная работа	88		
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- 2	способностью проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	

Планируемые результаты обучения

Знать:

принципиальные схемы различных видов высокотемпературного теплотехнического оборудования, его назначение, устройство и принцип действия, методики его проектирования; способы оценки и сопоставления технико-экономических показателей работы различных типов оборудования

Уметь:

выполнять расчеты тепловых схем, производить выбор оборудования

Владеть:

методиками расчета тепловых схем высокотемпературных теплотехнических установок и вспомогательного оборудования, а так же навыками проектирования печных установок, содорегенерационных котельных агрегатов, другого высокотемпературного теплотехнологического оборудования

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

- Тепломассообменное оборудование в теплотехнологиях (ПК-2)
- Нагнетатели и тепловые двигатели в энергетике теплотехнологий (ПК-2)
- Информатика в задачах теплоэнергетики и теплотехнологиях (ПК-2)
- Теплотехнологические комплексы и безотходные системы (ПК-2)
- Энергогенерирующее оборудование в теплотехнологиях (ПК-2)
- Конструкционные материалы в теплотехнологии (ПК-2)
- Компьютерная графика (ПК-2)
- Теплотехнологический процессы в целлюлозно-бумажном производстве (ПК-2)
- Системы автоматизированного проектирования в теплотехнологии (ПК-2)
- Информационная безопасность теплотехнологических объектов (ПК-2)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание	Объем (часы)
---------------------------	--------------

учебных модулей, тем и форм контроля	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1. Конструкции основного и вспомогательного теплотехнического оборудования			
Тема 1. Области применения высокотемпературных процессов и установок. Печи различного назначения, теплообменники, сушильные установки. Конструирование отдельных деталей, элементов и блоков высокотемпературного теплотехнического оборудования.	24		
Тема 2. Способы снижения затрат теплоты и энергии высокотемпературных теплотехнических процессов. Методы оценки энергетической эффективности теплообменного оборудования. Способы повышения эффективности теплообмена.	24		
Тема 3. Выбор и расчет вспомогательного теплотехнического оборудования. Выбор запорно-предохранительной арматуры. Обязка контрольно-измерительными приборами.	24		
Текущий контроль 1. Устный опрос	1		
Учебный модуль 2. Проектирование высокотемпературных установок различного назначения			
Тема 4. Основы конструирования теплообменных аппаратов. Нормы и методы расчёта. Тепловой расчёт теплообменных аппаратов. Уравнение теплового баланса. Конструкционные материалы. Аэродинамический и гидравлический расчёты. Потери напора. Выбор нагнетателя.	20		
Тема 5. 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.	20		
Тема 6. Особенности энергосбережения в высокотемпературных теплотехнологиях. Использование тепла готового продукта. Эффективность энергосбережения в энергоемких отраслях промышленности	20		
Текущий контроль 2. Устный опрос	1		
Промежуточный контроль по дисциплине зачет	10		
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	6				
5	8	6				
6	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	Конструирование отдельных деталей, элементов и блоков высокотемпературного теплотехнического оборудования	8	6				
2	Методы оценки энергетической	8	6				

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)
	эффективности теплообменного оборудования						
3	Выбор и расчет вспомогательного теплотехнического оборудования	8	4				
4	Тепловой расчёт теплообменных аппаратов	8	4				
5	Уравнение теплового баланса печи. КПД печи	8	4				
6	Особенности энергосбережения в высокотемпературных теплотехнологиях	8	4				
ВСЕГО:			28				

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	30				
Подготовка к практическим занятиям	8	48				
Подготовка к зачету	8	10				
ВСЕГО:		88				

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. Теплообменное 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.energosoвет.ru/stat.php>

3. Перевод цементных печей на энергосберегающие технологии:
<http://www.nii-cement.ru/suh.htm>

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 зачету 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
ПК-2	<p>Демонстрирует знание принципиальных схем различных видов высокотемпературного теплотехнического оборудования, его назначения, устройства и принципа действия, методики его проектирования; способов оценки и сопоставления технико-экономических показателей работы различных типов оборудования</p> <p>Способен выполнять расчеты тепловых схем, производить выбор оборудования</p> <p>Демонстрирует владение методиками расчета тепловых схем высокотемпературных теплотехнических установок и вспомогательного оборудования, а так же владение навыками проектирования печных установок, содорегенерационных котельных агрегатов, другого высокотемпературного теплотехнологического оборудования</p>	<p>Устное собеседование</p> <p>Практическое задание</p>	<p>Перечень вопросов для устного собеседования (35 вопросов)</p> <p>Задачи (10 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 выжиг горючих элементов в горящем факеле.	5
6	Тепловой баланс топки. Устойчивость топочного процесса. Контроль топочного процесса.	5
7	Термические процессы коксования. Коксогазовые печи.	6
8	Технологические процессы регенерации сульфатного щелока.	7
9	Основные закономерности и повышение эффективности топочных процессов в СРК.	7
10	Классификация печей по теплотехнологическим признакам и конструктивному исполнению.	1
11	Особенности организации топочных процессов в промышленных печах.	1
12	Котлы-утилизаторы. Утилизация теплоты уходящих газов промышленных печей.	3
13	Классификация высокотемпературных установок по различным признакам. Виды энергоносителей для достижения высокой температуры.	2
14	Влияние балласта на способы и эффективность использования топлива для получения тепловой энергии.	2
15	Способы подготовки и сжигания вторичных топливных ресурсов.	1
16	Стехиометрические соотношения. Влияние избытка воздуха на полноту и экономичность процесса горения.	1
17	Способы удаления золы и шлака. Предотвращение топочных взрывов.	2
18	Слоевые генераторы. Интенсификация процессов газификации методом повышения давления и обогащения дутьевого воздуха кислородом.	3
19	Коксовый процесс. Коксогазовые печи. Полукоксование	3
20	Материальный баланс СРК. Конструкции содорегенерационных котлоагрегатов.	4
21	Снижение химической и механической неполноты сгорания в СРК. Мероприятия по снижению уноса химикатов. Повышение устойчивости топочных процессов при сжигании влажного щелока.	4
22	Нагревательные печи камерного типа. Туннельные печи. Вращающиеся печи.	1
23	Аэродинамика и теплообмен в печных установках. Нагрев и обжиг материала.	1
24	Теплофикационные теплообменники. Мокрые скрубберы. Улавливание технологически ценных газообразных и пылевидных веществ.	1
25	Энергоемкость высокотемпературных установок. Способы снижения теплоты и энергии теплотехнических процессов.	1
26	Регенерация теплоты отработавших продуктов сгорания. Способы повышения эффективности использования теплоты в печных установках.	1
27	Слоевые топки. Прямоточные камерные топки. Вихревые и циклонные топки. Топки с кипящим слоем.	3
28	Методика расчета процессов газификации твердого топлива. Конструкции газогенераторов. Очистка генераторного газа. Схемы газогенераторных станций.	3
29	Предотвращение топочных взрывов. Методика расчета теплообмена в топке СРК. Утилизация теплоты уходящих газов. Тепловой баланс СРК.	4
30	Печные установки целлюлозно-бумажного производства. Вращающиеся печи для обжига известняка и регенерации извести.	1
31	Конструкции промышленных печей. Печи для сжигания серы. Печи с кипящим слоем.	1
32	Интенсификация теплообменных процессов и полнота завершения физико-химических превращений в нагреваемых материалах.	2
33	Энерготехнологическое использование твердого топлива. Гидрогенезация и пиролиз.	2
34	Улавливание вредных газовых и пылевидных веществ с целью предотвращения загрязнений окружающей	3
35	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>Составить уравнение теплового баланса нагревательной печной установки и рассчитать технологический и энергетический коэффициенты полезного действия. Определить относительные потери с уходящими газами, с материалом и в окружающую среду. теплопоступления с сушильным агентом $Q_1 = 80$ кВт; теплопоступления с материалом $Q_2 = 20$ кВт; теплопотери с материалом $Q_3 = 60$ кВт; теплопотери с уходящими газами $Q_4 = 30$ кВт; теплопотери в окружающую среду $Q_5 = 10$ кВт;</p>	<p><u>Решение</u></p> <p>Уравнение теплового баланса</p> $Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5$ $80 + 20 = 60 + 30 + 10 .$ <p>Технологический КПД</p> $\eta_T = \frac{Q_3 - Q_2}{Q_1 + Q_2} \cdot 100 = \frac{60 - 20}{80 + 20} \cdot 100 = 40\% .$ <p>Энергетический КПД</p> $\eta_E = \frac{Q_1 - Q_4}{Q_1 + Q_2} \cdot 100 = \frac{80 - 30}{80 + 20} \cdot 100 = 50\% .$ <p>Относительные потери с уходящими газами</p> $q_4 = \frac{Q_4}{Q_1 + Q_2} \cdot 100 = \frac{30}{80 + 20} \cdot 100 = 30\% .$ <p>Относительные потери с материалом</p> $q_3 = \frac{Q_3}{Q_1 + Q_2} \cdot 100 = \frac{60}{80 + 20} \cdot 100 = 60\% .$ <p>Относительные потери в окружающую среду</p> $q_5 = \frac{Q_5}{Q_1 + Q_2} \cdot 100 = \frac{10}{80 + 20} \cdot 100 = 10\% .$
2	<p>Определить количество пара, вырабатываемого котлом-утилизатором, установленным за мартеновской печью, а также рассчитать годовую экономию топлива (природного газа). начальная температура газов $t_{r1} = 700$ °С; конечная температура газов $t_{r2} = 160$ °С; объемный расход газов $V_r = 12000$ м³/ч; давление пара, вырабатываемого котлом-утилизатором $P_n = 40 \cdot 10^5$ Па (40 ата).</p>	<p><u>Решение</u></p> <p>Физические параметры теплоносителей:</p> <p>средняя температура газов</p> $t_T^{cp} = \frac{t_{r1} + t_{r2}}{2} = \frac{700 + 160}{2} = 430 \text{ °С};$ <p>плотность газов при $t_T^{cp} = 430$ °С</p> $\rho_r = 1,293 \cdot \frac{273}{273 + 430} = 0,502 \text{ кг/м}^3 ;$ <p>теплоемкость газов при $t_T^{cp} = 430$ °С $C_r = 1,16$ кДж/(кг °С) ; энтальпия пара при $P_n = 40 \cdot 10^5$ Па $i'' = 2800,0$ кДж/кг; температура насыщения пара $t_{н,п} = 250,3$ °С ; температура питательной воды $t_{п,в} = 105,0$ °С ; энтальпия питательной воды $i' = 440,0$ кДж/кг .</p> <p>Уравнение теплового баланса котла-утилизатора</p> $V_r \rho_r C_r (t_{r1} - t_{r2}) \varphi = D (i'' - i') .$ <p>Количество пара, вырабатываемого котлом-утилизатором</p> $D = \frac{V_r \rho_r C_r (t_{r1} - t_{r2}) \varphi}{i'' - i'} = \frac{12000 \cdot 0,502 \cdot 1,16 \cdot (700 - 160) \cdot 0,95}{3600 \cdot (2800,0 - 440,0)} =$ $= 0,422 \text{ кг/с} = 1519 \text{ кг/ч} ,$

	<p>где $\phi = 0,95$ - коэффициент использования теплоты.</p> <p>Количество сэкономленного природного газа за 1 час</p> $V_T = \frac{Q}{Q_i^r \eta} = \frac{D(i'' - i')}{Q_i^r \eta} = \frac{1519 \cdot (2800,0 - 440,0)}{35000 \cdot 0,9} = 113,80 \text{ м}^3/\text{ч} ,$ <p>где $Q_i^r = 35000$ кДж/м³ - теплота сгорания природного газа;</p> <p>$\eta = 0,9$ - коэффициент полезного действия.</p> <p>Годовая экономия природного газа</p> $V_T^{\text{год}} = V_T \cdot 24 \cdot 360 = 113,80 \cdot 24 \cdot 360 = 983232,0 \text{ м}^3/\text{год} .$ <p>Стоимость сэкономленного природного газа</p> $S = k \hat{A}_o^{\text{эко}} = 4,5 \cdot 983232,0 = 4424544 \text{ руб/год} ,$ <p>где $k = 4,5$ руб/м³ - стоимость 1 м³ природного газа.</p>
--	--

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.