

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»
(КГУ)

Кафедра «Энергетика и технология металлов»



УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор
/Г.Р. Змызгова/
08 2021 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

Котельные установки и парогенераторы

(наименование дисциплины)

образовательной программы высшего образования –
программы бакалавриата
13.03.01 - Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность:
Энергообеспечение предприятий

Формы обучения: очная, заочная

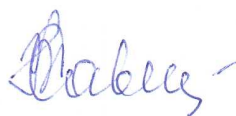
Курган 2021

Рабочая программа дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» составлена в соответствии с учебными планами по программе бакалавриата Теплоэнергетика и теплотехника (Энергообеспечение предприятий), утвержденными:

- для очной формы обучения «30» августа 2021 года;
- для заочной формы обучения «30» августа 2021 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Энергетика и технология металлов» «30» августа 2021 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил
доцент



В.А. Савельев

Согласовано:

Заведующий кафедрой
«Энергетика и технология металлов»



В.И. Мошкин

Специалист по учебно-методической
работе учебно-методического отдела



Г.В. Казанкова

1 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 6 зачетных единицы трудоемкости (216 академических часов)

Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр	
		5	6
Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов в том числе:	60	48	12
Лекции	32	32	-
Лабораторные работы	4	-	4
Практические занятия	24	16	8
Самостоятельная работа, всего часов в том числе:	156	96	60
Подготовка курсовой работы	36	-	36
Подготовка к зачёту	18	-	18
Подготовка к экзамену	27	27	-
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	75	69	6
Вид промежуточной аттестации	Зачёт, Эк-замен	Экзамен	Зачет
Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов	216	144	72

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр	
		7	8
Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов в том числе:	12	8	4
Лекции	4	4	-
Лабораторные работы	4	-	4
Практические занятия	4	4	-
Самостоятельная работа, всего часов в том числе:	204	136	68
Подготовка курсовой работы	36	-	36
Подготовка к зачёту	18	-	18
Подготовка к экзамену	27	27	-
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	123	109	14
Вид промежуточной аттестации	Зачёт, Эк-замен	Экзамен	Зачет
Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов	216	144	72

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Котельные установки и парогенераторы» относится к вариативной части блока 1 и является обязательной для обучающегося.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при освоении следующих дисциплин:

- Математика;
- Физика;
- Информатика;
- Иностранный язык;
- Гидрогазодинамика;
- Техническая термодинамика.

Знание «Котельных установок и парогенераторов» необходимо для решения многочисленных инженерных задач:

- тепловой расчет котлов;
- конструирование котлов;
- проектирование котельных агрегатов;
- эксплуатация и ремонт котельных агрегатов.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Цель освоения учебной дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» заключается в формировании знаний об устройстве, принципе действия, конструкции котельных агрегатов, топок, горелок при работе на различных видах топлива.

В задачи изучения дисциплины входят

- ознакомление студентов с устройством котлов;
- изучение технологии преобразования энергии сжигаемого топлива в энергию теплоносителя;
- получение навыков использования физико–математического аппарата для теоретического и экспериментального исследования, анализа и моделирования котловых процессов.

Компетенции формируемые при изучении дисциплины:

- способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием (ПК-5)

В результате изучения дисциплины обучающиеся должны знать:

- соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах;

В результате изучения дисциплины обучающиеся должны уметь:

- осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;
- учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок;

В результате изучения дисциплины обучающиеся должны владеть:

- способами проведения измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники.

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Учебно-тематический план

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем					
			Лекции		Практич. занятия		Лабораторные работы	
			оч-ная	заоч-ная	оч-ная	заоч-ная	оч-ная	заоч-ная
Рубеж 1 Рубеж 2	1	Основные термины и определения. Общая схема котельной установки.	2	1	-	-	-	-
	2	Материальный и тепловой баланс котла	4	1	4	2	4	4
	3	Классификация котлов и топков	2	1	-	-	-	-
	4	Поверхности нагрева	6	1	12	2	-	-
	5	Каркас и обмуровка котлов	2	-	-	-	-	-
	6	Золуулавливание, дымовые трубы и шлакозолоудаление	4	-	-	-	-	-
	7	Водоподготовка	2	-	-	-	-	-
	8	Гидродинамика котлов	2	-	2	-	-	-
	9	Водный режим и качество пара	2	-	4	-	-	-
	10	Коррозия поверхностей нагрева	2	-	-	-	-	-
	11	Загрязнение поверхностей нагрева	2	-	-	-	-	-
	12	Котельные стали	2	-	2	-	-	-
	Всего:		32	4	24	4	4	4

4.2. Содержание лекционных занятий.

Раздел 1. Основные термины и определения. Общая схема котельной установки.

Основные термины и определения. Общая схема котельной установки.

Раздел 2. Материальный и тепловой баланс котла.

Материальный баланс котла. Расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания. Тепловой баланс котла. Коэффициент полезного действия. Потери теплоты с уходящими газами. Выбор оптимального значения коэффициента избытка воздуха в топке. Температура уходящих газов. Температура воздуха

на входе в воздухоподогреватель. Потери теплоты с химическим недожогом топлива. Потери теплоты от механической неполноты сгорания. Потери теплоты от наружного охлаждения. Потери теплоты с физической теплотой удаляемых шлаков.

Раздел 3. Классификация котлов и топок

По назначению. По конструкции топочного устройства. По виду теплоносителя. По перемещению газов и воды (пара). По способу циркуляции воды. По давлению пара. По производительности. Маркировка котлов. Компоновка котлов. Показатели работы топочных устройств. Способы сжигания твердого топлива. Слоевое сжигание. Топки с кипящим (псевдоожигенным) слоем. Сжигание твердого топлива в пылевидном состоянии. Циклонные и вихревые топки. Сжигание газа и мазута.

Раздел 4. Поверхности нагрева.

Испарительные поверхности нагрева. Назначение и классификация пароперегревателей. Конвективные пароперегреватели. Радиационные и ширмовые пароперегреватели. Компоновка пароперегревателя. Регулирование температуры пара. Водяные экономайзеры. Воздухоподогреватели.

Раздел 5. Каркас и обмуровка котлов.

Каркас. Назначение и требования к обмуровке. Конструкция обмуровки.

Раздел 6. Золоулавливание, дымовые трубы и шлакозолоудаление.

Тягодутьевые машины. Выбор дымососов и вентиляторов. Регулирование производительности тягодутьевых машин. Золоулавливание. Сравнительные характеристики золоуловителей. Шлакозолоудаление. Выход и характеристики шлака и золы. Механическая система шлакозолоудаления. Пневматическая система шлакозолоудаления. Гидравлическая система шлакозолоудаления. Дымовые трубы.

Раздел 7. Водоподготовка.

Показатели качества воды. Осветление воды. Умягчение воды. Деаэрация воды. Внутрикотловая обработка воды.

Раздел 8. Гидродинамика котлов.

Гидродинамика котлов с естественной циркуляцией. Расчет циркуляционного контура. Нарушения в работе контура естественной циркуляции. Мероприятия по повышению надежности циркуляции.

Раздел 9. Водный режим и качество пара.

Продувка котлоагрегата. Сепарация пара. Требования к пару.

Раздел 10. Коррозия поверхностей нагрева

Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева. Коррозия металла внутренних поверхностей элементов котла.

Раздел 11. Загрязнение поверхностей нагрева.

Очистка поверхностей нагрева от загрязнений. Паровая обдувка. Пароводяная обдувка. Вибрационная очистка. Дробеочистка.

Раздел 12. Котельные стали

Расчет на прочность элементов котлоагрегата, работающих под давлением. Температурные напряжения в стенках обогреваемых деталей. Коэффици-

циенты прочности сосудов, ослабленных отверстиями. Коэффициент прочности стыковых сварных соединений.

4.3. Практические занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование практического занятия Заочная	Норматив времени, час.		
			Очная		Заочная
			семестр		
			5	6	7
2	Материальный и тепловой баланс котла	Материальный баланс котла	2		1
		Тепловой баланс котла	2		1
4	Поверхности нагрева	Тепловой расчет экранов топки. Р.к.1	3		1
		Тепловой расчет котельного пучка	2		1
		Тепловой расчет пароперегревателя	2		
		Тепловой расчет экономайзера и воздухоподогревателя	2		
		Поверочный расчет котла в целом	1		
		Рубежный контроль №1 (5 семестр)	1		
8	Гидродинамика котлов	Расчет циркуляционного контура		2	
9	Водный режим и качество пара	Расчет продувки котлоагрегата. Р.к.1		1	
		Определение параметров качества пара		1	
				2	
12	Котельные стали	Расчет на прочность элементов котлоагрегата, работающих под давлением		1	
Рубежный контроль №2 (6 семестр)				1	
Всего:			16	8	4

4.4. Лабораторные занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.		
			Очная		Заочная
			семестр		
			6		8
2	Материальный и тепловой баланс котла	Измерение показателей котельной	4		4
Всего:			4		4

4.5. Курсовая работа

(6 семестр очно, 8 семестр заочно)

Основной целью курсовой работы является приобретение студентами практических навыков теплового расчёта котельных агрегатов.

В процессе выполнения курсовой работы студент решает следующие задачи: знакомится с конструкциями современных котельных агрегатов низкого давления, знакомится с нормативными и справочными материалами по расчёту котельных агрегатов, осваивает методику поверочного и конструктивного расчёта поверхностей нагрева.

Исходные данные:

Задание на курсовую работу студент выбирает по таблице вариантов согласно предпоследней и последней цифрам учебного шифра.

Пример. ИНС студента: 001-03553. Предпоследняя цифра: 5. Последняя цифра 3. Следовательно, по данным таблицы вариантов: тип котла – ДКВР-6,5-23 С, тип топки – ПТЛ-РПК, топливо – Ирша-Бородинское 2Б, температура уходящих газов – 155 °С, продувка – 3 %.

Недостающие данные студент выбирает самостоятельно в соответствии с имеющимися в литературе рекомендациями. По согласованию с кафедрой отдельным студентам могут быть выданы индивидуальные задания, связанные с особенностями их производственной деятельности. Например, выполнить тепловой расчёт водогрейного котла, котла-утилизатора и др.).

Тепловой расчёт выполняется для распространённых типов котлов, при этом расчёт топки и котельных пучков выполняется по поверочным методом, расчёт экономайзера – конструктивным. Характеристики котельных агрегатов указаны в таблице.

Результаты работы отражаются в расчётно-пояснительной записке и в чертежах (два листа формата А1): продольный разрез котла в масштабе 1:20 и продольный разрез экономайзера. Металлические лестницы и площадки для обслуживания котлоагрегата чертить не следует. Арматуру и гарнитуру котла и короба для подвода воздуха вычертить обязательно.

Для получения положительной оценки студенту необходимо правильно выполнить все разделы курсовой работы. После проверки курсовой работы преподавателем и обнаружения ошибок, работа возвращается студенту на доработку. Повторная сдача работы на проверку происходит в течение двух недель.

Исходные данные:

Предпоследняя цифра	Последняя цифра	Тип котла	Тип топки	Топливо	Температура уходящих газов, °С	Процент дувка
1, 3, 5, 7, 9	1	ДКВР-6,5-13 С	ПТЛ-РПК	Кузнецкий Д	160	2,0
	2	ДКВР-6,5-13 С	ТЛЗ			
	3	ДКВР-6,5-23 С	ПТЛ-РПК	Подмосковный 2Б	165	2,5
	4	ДКВР-6,5-23 С	ТЛЗ	Ирша-Бородинское 2Б	155	3,0
	5	ДКВР-10-13 С	ПТЛ-РПК	Кизеловский Г	150	1,5
	6	ДКВР-10-13 С	ТЛЗ	Воркутинское Ж	145	2,0
	7	ДКВР-10-23 С	ПТЛ-РПК	Назаровское 2Б	155	2,5
	8	ДКВР-10-23 С	ТЛЗ	Интинское Д	140	3,0
	9	ДКВР-20-13 С	ТЧЗ	Артемовское 3Б	150	1,5
	0	ДКВР-20-23 С	ТЧЗ	Челябинский 3Б	180	2,5
2, 4, 6, 8, 0	1	ДКВР-6,5-13 ГМ	Газомазутная	Межреческое ГЖ	175	3,0
	2	ДКВР-6,5-23 ГМ		Малосернистый мазут	190	2,0
	3	ДКВР-10-13 ГМ		Природный газ (Уренгой-Ужгород)	160	2,5
	4	ДКВР-10-23 ГМ		Природный газ (Саратов - Москва)	145	3,0
	5	ДКВР-20-13 ГМ		Мазут сернистый	175	1,5
	6	ДКВР-20-23 ГМ		Природный газ (Оренбург-Александров Гай)	140	2,0
	7	ДЕ-16-14 ГМ-О		Мазут высокосернистый	180	2,5
	8	ДЕ-16-24 ГМ-О		Природный газ (Промыслов-Астрахань)	145	3,0
	9	ДЕ-25-14 ГМ-О		Природный газ (Шебелинка-Москва)	145	1,5
	0	ДЕ-25-24 ГМ-О		Мазут сернистый	170	2,5
				Природный газ (Уренгой-Новопсков)	140	3,0

Характеристики котельных агрегатов:

Тип котла	ДКВР-6,5-13,	ДКВР-10-13,	ДКВР-20-13,	ДЕ-16-14 ГМ, ДЕ-16-	ДЕ-25-14 ГМ ДЕ-25-
Паропроизводительность, т/ч	6,5	10,0	20,0	16	25
Избыточное давление пара, МПа	1,3/2,3	1,3/2,3	1,3/2,3	1,4/2,4	1,4/2,4
Объем топки и камеры догорания, м ³	20,4	39,3	43,0	22,5	29,0
Площадь поверхности зеркала горения, м ²	6,3	8,7	12,9	-	-
Площадь поверхности нагрева:					
-топки, м ²	27,9	47,9	51,3	48,13	60,46
- котельных пучков, м ²	197,4	229,1	357,4	154,0	209,8
Живое сечение для прохода газов в котельном пучке, м ²	1,24	1,28	2,84	1,18	1,18
Температура пара	Насыщенный				
Температура питательной воды, °С	100				

Требования к выполнению курсовой работы:

Курсовая работа оформляется в виде расчётно-пояснительной записки, набранной на ПК в редакторе Word шрифтом Times New Roman, размер шрифта 14 кегль, межстрочный интервал - 1,5.

Желательный объём пояснительной записки 35-40 страниц формата А4.

Пояснительная записка составляется последовательно в соответствии с содержанием работы. Текст работы следует делить на разделы. Каждый раздел начинается с новой страницы. Разделы следует нумеровать арабскими цифрами и записывать с абзацного отступа с прописной буквы. Заголовки выделяют жирным шрифтом, точку в конце заголовка не ставить.

Содержание курсовой работы:

Расчётная часть курсовой работы включает:

- выбор коэффициента избытка воздуха на выходе из топки и величин присосов воздуха по газоходам котла;
- расчёт объёмов и энтальпий продуктов сгорания топлива (составление H-t таблицы);
- определение составляющих теплового баланса и КПД брутто котла;
- определение расхода топлива;
- тепловой расчёт топки;
- расчёт теплообмена в конвективных поверхностях: котельных пучках и водяном экономайзере.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующей лабораторной работы и практических занятий.

Залогом качественного выполнения лабораторных работ является самостоятельная подготовка к ним накануне путем повторения материалов лекций. Рекомендуется подготовить вопросы по неясным моментам и обсудить их с преподавателем в начале лабораторной работы, приветствуется групповой метод выполнения лабораторных работ и защиты отчетов по лабораторным работам.

Для текущего контроля успеваемости по очной форме обучения преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на лабораторных при проведении испытаний и практических занятиях при решении практических задач в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим и лабораторным занятиям, к рубежным контролям (для обучающихся очной формы обучения), подготовку к экзамену, зачету, выполнения курсовой работы.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Самостоятельное изучение тем дисциплины:	53	117
Основные термины и определения. Общая схема котельной установки.	2	8
Материальный и тепловой баланс котла	6	10
Классификация котлов и топок	6	11
Поверхности нагрева	8	12
Каркас и обмуровка котлов	3	8
Золоулавливание, дымовые трубы и шлакозолоудаление	5	10
Водоподготовка	5	10
Гидродинамика котлов	4	10

Водный режим и качество пара	4	10
Коррозия поверхностей нагрева	4	10
Загрязнение поверхностей нагрева	4	10
Котельные стали	2	8
Подготовка к практическим занятиям (по 1 часу на каждое занятие)	16	4
Подготовка к лабораторным занятиям (по 2 часа на каждое занятие)	2	2
Подготовка к рубежным контролям (по 2 часа на каждый рубеж)	4	
Подготовка к экзамену	27	27
Подготовка к зачету	18	18
Курсовая работа	36	36
Всего:	156	204

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ (для очной формы обучения)
2. Отчеты студентов по лабораторным работам.
3. Банк вопросов к экзамену.
4. Задания к практическим занятиям.
5. Задания к рубежным контролям № 1, 2, 3, 4.
6. Курсовая работа.
7. Банк заданий к зачету.

6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

Очная форма обучения							
№	Наименование	Содержание					
Очная форма обучения							
1	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на	Распределение баллов за 5 семестр					
		Вид учебной работы:	Посещение лекций	Выполнение заданий на практических занятиях	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	экзамен
		Балльная оценка:	До 16	До 32	До 11	До 11	До 30

	первом учебном занятии)	Примечания:	16 лекций по 1 баллу	До 4-х баллов за занятие. (8 занятий)	На 4-м практическом занятии	На 8-м практическом занятии	
Распределение баллов за 6 семестр							
2	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии)	Вид учебной работы:	Выполнение заданий на практических занятиях	Выполнение заданий на лабораторных работах	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	зачет
Балльная оценка:		До 6	До 20	До 13	До 13	До 30	
Примечания:		4 лекции по 6 баллов	До 20-х баллов за занятие. (1 занятие)	На 4-м практическом занятии	На 8-м практическом занятии		
Курсовая работа							
	Объект оценки:	Качество пояснительной записки	Качество графической части	Качество доклада	Ритмичность выполнения	Качество защиты	Всего
	Балльная оценка:	До 20	До 20	До 20	Коэффициент от 0,8 до 1,2	До 40	100
4	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета	60 и менее баллов – неудовлетворительно, незачет; 61...73 – удовлетворительно, зачтено; 74... 90 – хорошо; 91...100 – отлично					

5	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета (экзаменационной оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (экзамену, зачету) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов, выполнить все лабораторные и практические работы, курсовую работу.</p> <p>Для получения экзаменационной оценки «автоматически» студенту необходимо набрать следующее минимальное количество баллов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 61 для получения зачета автоматически. - 68 для получения «автоматически» оценки удовлетворительно». По согласованию с преподавателем студенту, набравшему минимум 68 баллов, могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активность на консультациях, активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения практических и лабораторных работ, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях кафедры и выставлена за экзамен «автоматически» оценка «хорошо» или «отлично».
6	Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра	<p>В случае если к промежуточной аттестации (экзамену, зачету) набрана сумма менее 50 баллов, студенту необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных лабораторных и практических работ.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> - выполнение и защита пропущенной лабораторной работы (при невозможности дополнительного проведения лабораторной работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной лабораторной работы самостоятельно) – до 16 баллов. <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>

6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме письменного тестирования. Экзамен проводится в виде ответов на вопросы билета.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Варианты тестовых заданий для рубежного контроля № 1 и № 2 (5 семестр) состоят из 11 вопросов (6 семестр) – из 13 вопросов.

На каждое тестирование при рубежном контроле студенту отводится время не менее 30 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты тестирования каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Экзаменационный билет для зачета и экзамена состоит из 2 вопросов. Время, отводимое студенту на экзамен, составляет 1 астрономический час. Каждый вопрос оценивается в 15 баллов.

Результаты текущего контроля успеваемости, зачета и экзамена заносятся преподавателем в экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день экзамена (зачета), а также выставляются в зачетную книжку студента.

6.4. Примеры оценочных средств (для рубежного контроля, зачета и экзамена)

Вопросы к экзамену

1. Основные термины и определения.
2. Общая схема котельной установки.
3. Материальный баланс котла.
4. Расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания.
5. Тепловой баланс котла. Коэффициент полезного действия.
6. Потери теплоты с уходящими газами. Выбор оптимального значения коэффициента избытка воздуха в топке.
7. Температура уходящих газов. Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель.
8. Потери теплоты с химическим недожогом топлива.
9. Потери теплоты от механической неполноты сгорания.
10. Потери теплоты от наружного охлаждения. Потери теплоты с физической теплотой удаляемых шлаков.
11. Классификация котлов по назначению. По конструкции топочного устройства.
12. Классификация котлов по виду теплоносителя. По перемещению газов и воды (пара).
13. Классификация котлов по способу циркуляции воды. По давлению пара. По производительности.
14. Маркировка котлов. Компоновка котлов.
15. Показатели работы топочных устройств.
16. Способы сжигания твердого топлива.
17. Слоевое сжигание.
18. Топки с кипящим (псевдоожиженным) слоем.
19. Сжигание твердого топлива в пылевидном состоянии.
20. Циклонные и вихревые топки.
21. Сжигание газа и мазута.
22. Испарительные поверхности нагрева.
23. Назначение и классификация пароперегревателей. Конвективные пароперегреватели. Радиационные и ширмовые пароперегреватели.
24. Компоновка пароперегревателя. Регулирование температуры пара.
25. Водяные экономайзеры.
26. Воздухоподогреватели.
27. Каркас.
28. Назначение и требования к обмуровке. Конструкция обмуровки.
29. Тягодутьевые машины. Выбор дымососов и вентиляторов.
30. Регулирование производительности тягодутьевых машин.

Вопросы к зачету

1. Золоулавливание. Сравнительные характеристики золоуловителей.
2. Шлакозолоудаление. Выход и характеристики шлака и золы.
3. Механическая система шлакозолоудаления.
4. Пневматическая система шлакозолоудаления.
5. Гидравлическая система шлакозолоудаления.
6. Дымовые трубы.
7. Показатели качества воды.
8. Осветление воды.
9. Умягчение воды.
10. Деаэрация воды.
11. Внутрикотловая обработка воды.
12. Гидродинамика котлов с естественной циркуляцией.
13. Расчет циркуляционного контура.
14. Нарушения в работе контура естественной циркуляции. Мероприятия по повышению надежности циркуляции.
15. Водный режим и качество пара.
16. Продувка котлоагрегата.
17. Сепарация пара.
18. Требования к пару.
19. Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева.
20. Коррозия металла внутренних поверхностей элементов котла.
21. Очистка поверхностей нагрева от загрязнений.
22. Паровая обдувка.
23. Пароводяная обдувка.
24. Вибрационная очистка.
25. Дробеочистка.
26. Расчет на прочность элементов котлоагрегата, работающих под давлением.
27. Температурные напряжения в стенках обогреваемых деталей.
28. Коэффициенты прочности сосудов, ослабленных отверстиями.
29. Коэффициент прочности стыковых сварных соединений.

Примеры заданий для рубежного контроля

Рубежный контроль №1

1. Рассчитать годовую экономию топлива за счёт повышения КПД, которая может быть достигнута в промышленной котельной установленной мощности 36 МВт, при следующих условиях: годовое число часов использования – 4300, топливо – каменный уголь с теплотой сгорания 20700 кДж/кг, среднегодовой КПД котельной установки – 0,75.

В результате осуществления ряда мероприятий (уменьшение присосов воздуха вследствие уплотнения обмуровки и газоходов, автоматизации регу-

лирования горения, сокращение потерь конденсата и пр.) КПД котельной установки возрос до 0,82.

2. Подсчитать расход топлива для котельной установки производительности по пару 14 кг/с, имеющей КПД брутто 93%, при давлении 1,4 МПа, температуре питательной воды 373 К и температуре перегретого пара 523 К. Топливо – мазут сернистый.

3. Определить коэффициент полезного действия брутто котельной установки производительностью по пару 180 кг/с, работающей на карагандинском буром угле. Потери теплоты $q_3 = 0,5\%$, $q_4 = 6\%$, $q_5 = 1,0\%$, температура уходящих газов 423 К, температура воздуха в котельной 303 К. Коэффициент избытка воздуха на выходе из котла – 1,4.

4. Определить температуру точки росы дымовых газов, если объём сухих газов равен $5,4 \text{ м}^3/\text{кг}$, объём водяных паров – $0,76 \text{ м}^3/\text{кг}$.

5. Как изменится объём трехатомных продуктов сгорания и водяных паров при сжигании подмосковного бурого угля при избытке воздуха $\alpha = 1,2$, если его влажность увеличилась до 40,0%.

Рубежный контроль №2

1. Определить коэффициент избытка воздуха в продуктах сгорания экибастузского угля. Содержание в продуктах сгорания $\text{O}_2 = 3,5\%$, сухих трехатомных газов – 14,2%.

2. Определить теоретическую энтальпию продуктов сгорания твёрдого топлива при $\alpha = 1,15$ и температуре воздуха 573 К. Марка топлива принимается самостоятельно.

3. Определить теоретическую энтальпию продуктов сгорания природного газа при $\alpha = 1,06$ и температуре воздуха 573 К. Марка газа принимается самостоятельно.

4. Определить химический недожог q_3 , если содержание СО в дымовых газах равно 0,5%. Топливо принять самостоятельно.

5. В топке котла сжигается назаровский бурый уголь в количестве $W_{\text{суш}} = 16462 \text{ кг/ч}$. Схема сушки угля – разомкнутая, влажность подсушенного топлива $w^{\text{суш}} = 14\%$. Определить расход исходного топлива.

Рубежный контроль №3

1. Температура стенки парогенерирующей трубы без накипи составляла 773 К. Определить какую температуру будет иметь стенка трубы, если с внутренней её стороны образовалась накипь толщиной 2 мм, а удельный тепловой поток остался неизменным – 23,3 кВт/м².

2. Определить коэффициент использования поверхности нагрева вертикального трубчатого воздухоподогревателя с поверхностью нагрева 2140 м², если средний температурный напор составляет 348 К, расчётный расход топлив – 40 кг/с, коэффициент теплопередачи – 25,7 Вт/(м²К). Изменение энтальпии дымовых газов, приходящееся на воздухоподогреватель, равно 712 кДж/кг.

3. Определить коэффициент теплопередачи от газов к рабочей жидкости в испарительном пучке труб, если известно, что $\alpha_k = 93$ Вт/(м²К), в межтрубном пространстве $\alpha_n = 11,6$ Вт/(м²К). Коэффициент омывания пучка газами равен 0,9, коэффициент загрязнения – 0,01.

4. Как изменится коэффициент излучения в ширмовом пароперегревателе при изменении поперечного шага между секциями пароперегревателя с $s_1 = 600$ мм до $s_2 = 1200$ мм? Принять температуры газов перед и за ширмами $t_1 = 1212$ °С и $t_2 = 1080$ °С; давление в газоходе $p = 0,1$ МПа; $\gamma_{H_2O} = 0,1188$; $\gamma_{II} = 0,2566$; высота секции ширм $h_{ш} = 9000$ мм; глубина секции $s = 2800$ мм.

Рубежный контроль №4

1. Подсчитать количество шлака и золы, удаляемое из парового котла за сутки при сжигании в нём 3,1 кг/с угля марки «Кузнецкий Т». Механический недожог составляет 4%, доля уноса летучей золы 0,2, КПД золоуловителя – 96%.

2. Определить сопротивление движению газового потока при поперечном омывании пучка труб с шахматным расположением при следующих условиях: скорость газов 12 м/с, плотность газов 0,365 кг/м³, число рядов труб по ходу газов – 20, диаметр труб 38 мм, $s_1 = 90$ мм, $s_2 = 100$ мм, температура газов на входе в пучок 973 К, на выходе – 673 К, средняя температура стенки пучка 573 К.

3. Паровой котёл производительностью 7 кг/с и давлением 1,4 МПа имеет один барабан длиной 7500 мм и внутренним диаметром 1000 мм. Определить среднее весовое и объёмное напряжение парового пространства, если уровень воды расположен только посередине барабана.

7.2. Дополнительная учебная литература

1. Парогазовые установки электростанций [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / А.Д. Трухний - М. : Издательский дом МЭИ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383007211.html>.
2. Газифицированные котельные агрегаты: Учебник / О.Н. Брюханов, В.А. Кузнецов. - М.: ИНФРА-М, 2010. - 392 с.: 60x90 1/16. - (Среднее профессиональное образование). (п) ISBN 978-5-16-002442-4.
3. Энергосбережение в системах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Уч. пос. / А.М. Протасевич. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 286 с.: ил.; 60x90 1/16. - (ВО: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-16-005515-2.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Савельев В.А., Ноздричев А.В. Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы» для студентов заочной формы обучения направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». - Курган, 2017. – 7 с.
2. Савельев В.А., Ноздричев А.В. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы» для студентов заочной формы обучения направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». – Курган, 2017. – 25 с.
3. Савельев В.А., Ноздричев А.В. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы» для студентов заочной формы обучения направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». – Курган, 2017. – 30 с.

9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Интернет-ресурс	Краткое описание
1	http://ru.wikipedia.org	Энциклопедия Википедия

10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

7.2. Дополнительная учебная литература

1. Парогазовые установки электростанций [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / А.Д. Трухний - М. : Издательский дом МЭИ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383007211.html>.
2. Газифицированные котельные агрегаты: Учебник / О.Н. Брюханов, В.А. Кузнецов. - М.: ИНФРА-М, 2010. - 392 с.: 60x90 1/16. - (Среднее профессиональное образование). (п) ISBN 978-5-16-002442-4.
3. Энергосбережение в системах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Уч. пос. / А.М. Протасевич. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 286 с.: ил.; 60x90 1/16. - (ВО: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-16-005515-2.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Савельев В.А., Ноздричев А.В. Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы» для студентов заочной формы обучения направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». - Курган, 2017. – 7 с.
2. Савельев В.А., Ноздричев А.В. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы» для студентов заочной формы обучения направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». – Курган, 2017. – 25 с.
3. Савельев В.А., Ноздричев А.В. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы» для студентов заочной формы обучения направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». – Курган, 2017. – 30 с.

9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Интернет-ресурс	Краткое описание
1	http://ru.wikipedia.org	Энциклопедия Википедия

10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

При чтении лекций используются слайдовые презентации. Минимальные требования к операционной системе и программному обеспечению компьютера, используемого при показе слайдовых презентаций: Windows XP, Foxit Reader Pro версия 1.3.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя учебные лаборатории, оснащенные необходимым оборудованием (стенды, плакаты, жидкокристаллический проектор для отображения фильмов по тематике дисциплины, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).

Аннотация к рабочей программе дисциплины
«Котельные установки и парогенераторы»

образовательной программы высшего образования –
программы бакалавриата

13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность:
Энергообеспечение предприятий

Трудоемкость дисциплины: 6 ЗЕ (216 академических часов)

Семестр: 5-6 семестры - очно, 7-8 семестры – заочно.

Форма промежуточной аттестации: экзамен, зачёт

Содержание дисциплины

Место и роль котельных установок в системах энергохозяйства промышленных предприятий. Общая схема, материальный, тепловой и эксергетический балансы котельной установки. Подготовка топлива как рабочего вещества для котельных установок. Топочные процессы и устройства. Элементы и материалы котлов. Условия работы поверхностей нагрева. Тепловая схема котла. Теплообмен в элементах котла. Тепловой расчёт котла. Гидродинамика и температурный режим поверхностей нагрева. Гидравлический расчёт. Вода как рабочее вещество для котельных установок. Водоподготовка. Водный режим и качество пара. Аэродинамика газоздушного тракта. Аэродинамический расчёт котла. Характеристики и конструкции котлов. Котлы производственных и технологических систем. Комбинированные энерготехнологические агрегаты. Вспомогательное оборудование. Эксплуатация промышленных предприятий. Основные направления повышения экономичности работы котельных установок, перспективы развития котельной техники промпредприятий.