Приложение 1

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Дисциплины ФТД.04 «Утилизация высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий»

Направление подготовки: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Профиль подготовки: Энергообеспечение предприятий

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

дисциплины ФТД.04 Утилизация высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства и иных материалов	Кол-во
1	В целом	ПК-4.1; ПК-4.2	Описание показателей и критериев оценивания сформированности компетенций, описание шкал оценивания	4
2			Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы	2
3			Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	2

1 ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

1.1 Описание шкалы оценивания сформированности компетенций

Сформированность компетенций по дисциплине оценивается двумя оценками: «зачтено», «не зачтено».

1.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Код компетенции (индикатора достижения компетенции)	Результат обучения по дисциплине	Критерии и показатели оценивания результатов обучения	
		«не зачтено»	«зачтено»
ПК-4 (ПК-4.1\ ПК-4.2)	Знать: нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ; возможные варианты схем систем очистки газа и воды для новых производств или реконструкции существующих систем очистки в условиях действующих производств	Фрагментарные знания нормативных удельных выбросов загрязняющих веществ; возможные варианты схем систем очистки газа и воды для новых производств или реконструкции существующих систем очистки в условиях действующих производств / Отсутствие знаний	Сформированные или неполные знания нормативных удельных выбросов загрязняющих веществ; возможные варианты схем систем очистки газа и воды для новых производств или реконструкции существующих систем очистки в условиях действующих производств
	Уметь: Производить сбор и анализ исходных данных при проектировании утилизационных установок; выбирать оборудование для утилизации вторичных энергоресурсов на промышленных предприятиях.	Фрагментарное умение производить сбор и анализ исходных данных при проектировании утилизационных установок; выбирать оборудование для утилизации вторичных энергоресурсов на промышленных предприятиях / Отсутствие умений	В целом успешное умение производить сбор и анализ исходных данных при проектировании утилизационных установок; выбирать оборудование для утилизации вторичных энергоресурсов на промышленных предприятиях
	Владеть: навыками и методами работы с нормативными и правовыми документами; методами проектирования и выбора стандартного теплоэнергетического оборудования на основе энергетической эффективности.	Фрагментарное применение навыков работы с нормативными и правовыми документами; методами проектирования и выбора стандартного теплоэнергетического оборудования на основе энергетической эффективности / Отсутствие навыков	В целом успешное применение навыков работы с нормативными и правовыми документами; методами проектирования и выбора стандартного теплоэнергетического оборудования на основе энергетической эффективности

1.3 Описание шкалы оценивания освоения дисциплины в форме зачета

Знания, умения, навыки обучающегося по дисциплине оцениваются оценками: «зачтено», «не зачтено».

2.4 Описание показателей и критериев оценивания компетенций дисциплины в форме зачета

Оценка	Критерии
Зачтено	выполнен установленный по дисциплине объем самостоятельных работ, в процессе обучения или в ходе собеседования (при необходимости) продемонстрированы достаточно твердые знания материала, умения и навыки их использования при решении конкретных задач, показана сформированность соответствующих компетенций, проявлено понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, даны правильные, полные ответы на большинство вопросов; нет грубых ошибок, при ответах на отдельные вопросы могут быть допущены отдельные неточности
Не зачтено	не выполнен установленный по дисциплине объем самостоятельных работ, соответствующие компетенции не сформированы полностью или частично, в ходе собеседования не дано ответа, или даны неправильные ответы на большинство вопросов, продемонстрировано непонимание сущности предложенных вопросов, допущены грубые ошибки при ответе на вопросы

2 ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Варианты контрольных заданий (работ)

Контрольная работа №1

(по теме «Утилизационные устройства в промышленной теплоэнергетике»)

Вариант 1

1. Чему равна теплота сгорания газа составом: CH_4 = 95,58%, C_2H_6 = 1,99%, C_3H_8 = 0,03%, C_4H_{10} = 0,1%, C_5H_{12} = 0,05%, N_2 = 0,78%, CO_2 = 1,15%.

2. Произвести расчет теоретического и действительного расхода воздуха на горение угля составом С= 75%, Н=5%, О =1,7% S=0.9%. N=2.3%, W=10% А=5,1% Коэффициент избытка воздуха равен 1,4.
3. Определить объем воздуха для горения и состав продуктов сгорания при сжигании каменного угля Сангарского месторождения (Якутия)

Вариант 2

1. Произвести расчет теоретического и действительного расхода воздуха на горение газа составом: CH_4 = 74,8%, C_2H_6 = 7,7%, C_3H_8 = 3,9%, C_4H_{10} = 1,8%, C_5H_{12} = 6,4%, N_2 = 4,3%, CO_2 = 0,1%. Коэффициент избытка воздуха равен 1,2.
2. Определить объем сухих трехатомных газов, образующихся при горении угля составом С= 75%, Н=5%, О =1,7% S=0.9%. N=2.3%, W=10%.
3. Определить объем воздуха для горения и состав продуктов сгорания при сжигании сернистого мазута.

Вариант 3

1. Определить объем сухих трехатомных газов, образующихся при горении газа составом: : CH_4 = 74,8%, C_2H_6 = 7,7%, C_3H_8 = 3,9%, C_4H_{10} = 1,8%, C_5H_{12} = 6,4%, N_2 = 4,3%, CO_2 = 0,1%
2. Определить объем водяных паров, образующихся при сгорании угля составом С= 75%, Н=5%, О =1,7% S=0.9%. N=2.3%, W=10%.
3. Определить объем воздуха для горения и состав продуктов сгорания при сжигании природного газа газопровода Брянск–Москва

Вариант 4

1. Определить количество водяных паров, образующихся при сгорании газа составом: CH_4 = 74,8%, C_2H_6 = 7,7%, C_3H_8 = 3,9%, C_4H_{10} = 1,8%, C_5H_{12} = 6,4%, N_2 = 4,3%, CO_2 = 0,1%
2. Определить действительный объем азота в продуктах сгорания угля составом С= 75%, Н=5%, О =1,7% S=0.9%. N=2.3%, W=10%.
3. Определить теплосодержание продуктов сгорания при сжигании ка- менного угля Сангарского месторождения (Якутия).

Контрольная работа №2

(по теме Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов)

Вариант 1

1. Расход дымовых газов через воздухоподогреватель составляет 8000 м^3/ч, температура на входе 300 °С и на выходе 150 °С. Расход воздуха 6000 м^3/ч, начальная и конечная температуры 20 °С и 250 °С. Предложить компоновку трубного пучка воздухоподогревателя и определить длину, шаги и количество труб при скорости дымовых газов 5…15 м/с и воздуха в межтрубном пространстве 5…10 м/с, диаметре труб 58/54 мм и коэффициенте теплопередачи 30 Вт/(м^{2}К). Определить экономию топлива при оснащении парового котла воздухоподогревателем. Теплотворная способность топлива (природный газ) 35000 кДж/м^3. Расход воздуха на горение 10 м^3/ м^3. Выход дымовых газов 11,5 м^3/ м^3. Температура продуктов сгорания перед котельным пучком 1400°С. Среднюю теплоемкость дымовых газов в диапазоне температур 150…300°С принять равной 1,35 кДж/(м^3 К), в диапазоне 0…1400°С – 1,6 кДж/(м^3 К), воздуха – 1,3 кДж/(м^3 К).

2. Определить расход греющего пара и количество труб в греющей камере аппарата для выпаривания 36 т/ч раствора, поступившего на регенерацию из травильного отделения цеха. Начальная концентрация раствора 5 %, конечная 15 %. Камера кожухотрубчатого типа. Диаметр греющих труб 38х2 мм. Длина труб 4 м. Температура раствора перед камерой 100 °С, его температура кипения 105 °С. Температура насыщения вторичного пара 100 °С. Параметры греющего пара 0,6 МПа и 165 °С. Плотность раствора 1,2 т/м^3, теплоемкость 4 кДж/(кг К), коэффициенты теплоотдачи пара и раствора принять равными 5000 и 800 Вт/(м^2 К). Толщина слоя накипи 1 мм, ее теплопроводность 1 Вт/(м К). Материал труб – сталь с теплопроводностью 40 Вт/(м К). Оценить возможную экономию греющего пара при выпаривании того же раствора в прямоточной трехкорпусной выпарной установке.

3. Рассчитать площади поверхностей теплообмена калориферов, используемых для нагрева 10 кг/с наружного воздуха от – 26 °С до + 10 °С воздухом, удаляемым из помещения, в системе утилизации теплоты последнего с жидкостно-воздушными теплообменниками утилизаторами (калориферами) и циркулирующим между ними промежуточным теплоносителем. В качестве промежуточного теплоносителя используется вода. Ее минимальная температура в системе +5°С, конечная + 8 °С. Температур вытяжного воздуха + 25 °С, относительная влажность 50 %. Подобрать стандартные калориферы.

Вариант 2

1. Рассчитать площадь поверхности теплообмена воздухоподогревателя из труб со спиральным наружным оребрением. Материал труб – алюминий (λ = 100 вт/(м К)); диаметр dн/dв = 27/25 мм, диаметр оребрения D = 75 мм, шаг ребер 3 мм, средняя толщина ребра 0,3 мм. Подогреватель выполнен в виде шахматного пучка труб с продольным (в направлении по-тока воздуха) шагом S_1 = 1, 2D поперечным S_2 = 1D. Расход воздуха 10 кг/с, начальная температура 20 °С, конечная 70 °С. Греющий теплоноситель – конденсат водяного пара из системы отопления. Начальная и конечная температура конденсата 110 и 80 °С. Коэффициенты теплоотдачи конденсата и воздуха(для воздуха коэффициент теплоотдачи отнесен к полной поверхности с учетом оребрения) принять равными 5000 и 50 Вт/(м^2 К).

2. Рассчитать теплообменник для нагрева воздуха водой из водогрейного котла-утилизатора, установленного за циклонной печью. Начальные и конечные температуры воздуха – 10 °С и + 15 °С, воды 130 °С и 70 °С. Поверхность теплообмена выполнена в виде шахматного пучка оребренных снаружи труб. Диаметр труб dн/dв = 20/18 мм, поперечно-спиральных ребер D = 40 мм. Толщина ребра 0,3 мм. Материал труб и ребер – сталь. Теплопро-водность стали λст = 40 Вт/(м К). Шаги труб в пучке S_1 =S_2 = 1,5D. Живое сечение каналов для прохода воздуха в межтрубном пространстве принять равным 2 м^2. Скорость воды в трубах 1 м/с.

3. При расчете воздухоподогревателя в системе утилизации теплоты вентиляционных выбросов получены следующие данные: площадь поверхности теплообмена 450 $м^2$, проходные сечения по воздуху 2 $м^2$ и по воде 0,006 $м^2$. Каким образом необходимо скомпоновать воздухоподогреватель из калориферов с поверхностью теплообмена 122,4 $м^2$, проходными сечениями 1,045 $м^2$ и 0,003 $м^2$?

Вариант 3

1.В топке котельного агрегата паропроизводительностью D= 5,6 кг/с сжигается уголь с низшей теплотой сгорания $Q^p_н$= 13997 кДж/кг. Определить экономию топлива в процентах, получаемую за счет предварительного подогрева конденсата в регенеративных подогревателях, если известны температура топлива на входе в топку $t_Т$=20°С, удельная теплоемкость топлива $c_т$=2,1 кДж/(кг*К) , КПД котлоагрегата $\eta^{бр}_{ка}$ = 91,5 %, давление перегретого пара $p_{пп}$=4,0 МПа, температура перегретого пара $t_{пп}$= 430 °С, температура конденсата $t_к$ = 32 °С, температура питательной воды после регенеративных подогревателейt$_{пв}$= 130 °С и величина непрерывной продувки р=3%

2. Расход воды по трубам, из которых выполнена поверхность теплообмена размером 60 м2, 45 т/ч, скорость воды 1 м/с. Предложите компоновку трубного пучка конденсатора флегмы, т.е. смеси паров на выходе из ректификационной колонны. Диаметр труб 22/18 мм, длину труб выбрать в пределах 3…6 м. Плотность греющего пара 2 кг/$м^3$, скорость не более 10 м/с. Доля образующегося конденсата от начального расхода паров – 0,8. Вода после конденсатора используется в моечных машинах. Определить количество утилизируемой теплоты в конденсаторе, если температура воды на входе в моечные машины 65°С, на выходе из них 45°С, потери теплоты в трубопроводах меду конденсатором флегмы и моечной машиной 5 % полезно использованной теплоты.

3. Рассчитать экономию тепловой энергии в течение отопительного сезона административного здания при понижении с помощью системы автоматического регулирования теплопотребления здания, его внутренней температуры с 18°С до 12°С в ночное время и выходные дни. Расчётная тепловая нагрузка здания Q_0=0,7 МВт. Расчётная температура наружного воздуха -27 °С. Средняя температура наружного воздуха за отопительный период -2,3 °С. Продолжительность отопительного периода 221 день. Длительность снижения теплопотребления в ночное время – 8 часов.

Вариант 4

1. Определить количество теплоты, отдаваемое уходящими газами котельной завода водяному экономайзеру (утилизатору), для получения горячей воды, если температура газов на выходе из экономайзера $t^г_{вых}$=200 °С, температура газов на входе в экономайзер $t^г_{вх}$= 320 °С, коэффициент избытка воздуха за экономайзером $\alpha_{эк}$= 1,4, средняя объемная теплоемкость газов $C^1_{рг}$= 1,415 кДж/($м^3$К) и расчетный расход топлива одного котла $B_р$= 0,25 кг/с. В котельной установлены два одинаковых котла (п=2), работающих на донецком каменном угле марки D состава: C^p=49,3%; H^p=3,6%;S^p=3%;N^p=1%; O^p=8,3%; A^p=21,8%;W^p=13%.

2. Рассчитать размеры греющей поверхности и расход насыщенного водяного пара, образующегося при вскипании конденсата и используемого для нагрева 7,2 т воды в аппарате периодического действия с рубашкой. Начальная температура воды 20 °С, конечная 80 °С. Давление пара 0,2 МПа. Соотношение внутреннего диаметра корпуса аппарата и его рабочей высоты 1:2. Коэффициент теплоотдачи пара принять равным 5000

Вт/(м^2 К), воды – 800 Вт/(м^{2}К). Выбрать формулы для расчета коэффициентов теплоотдачи при заданных условиях и проверить ранее принятые их значения. Рассчитать водоподогреватель, если паровую рубашку заменить на погружной змеевик.

3. Определить экономию условного топлива при использовании теплоты вторичных энергоресурсов в котле - утилизаторе за счет теплоты уходящих газов двух промышленных печей, если температура газов на выходе из печей θ = 700°С, температура на выходе из котла - утилизатора θ^1= 200°С, коэффициент избытка воздуха за котлом - утилизатором $\alpha_у$= 1,35, расчетный расход топлива двух печей $B_р$=0,036 м^3/с, коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы котла - утилизатора и печей, β = 1,0, коэффициент потерь теплоты котла - утилизатора в окружающую средуξ = 0,12, КПД замещаемой котельной $\eta_{ку}$ = 0,86 и коэффициент утилизации ВЭР δ = 0,76. Печь работает на природном газе Шебелинского месторождения состава: CH_4=94,1%; C_2H_6=3,1%;C_3H_8=0,6%;C_4H_{10}=0,2%; C_5H_{12}=0,8%; N_2=1,2%.

2.2 Вопросы к зачету

№ вопроса	Содержание раздела в дидактических единицах	Коды индикаторов достижения компетенций
1	2	3
1	Классификация топлив.	ПК–4.2
2	Основные характеристики природного газа (плотность, взрываемость, токсичность).	ПК–4.2
3	Компоненты газового топлива и его характеристики (плотность, концентрационные пределы, токсичность).	ПК–4.2
4	Состав природных горючих газов. Виды месторождений.	ПК–4.2
5	Искусственное газовое топливо.	ПК–4.2
6	Основные законы горения топлива при утилизации высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий.	ПК–4.2
7	Горение газового топлива.	ПК–4.2
8	Цепной механизм горения водорода.	ПК–4.2
9	Развитие и воспламенение топливно-воздушной струн.	ПК–4.2
10	Общее уравнение теплового баланса для утилизационной установки.	ПК–4.1
11	Анализ потерь теплоты с уходящими газами.	ПК–4.1
12	Классификация высокотемпературных вторичных энергоресурсов.	ПК–4.1
13	Выбор теплоэнергетического оборудования для утилизации доменных газов.	ПК–4.1
14	Выбор теплоэнергетического оборудования для утилизации коксовых газов.	ПК–4.1
15	Проблемы при утилизации высокотемпературных вторичных энергоресурсов на ТЭЦ.	ПК–4.1
16	Проблемы при утилизации конвертерного газа в систему газопроводов.	ПК–4.1
17	Действующие и перспективные нормативы удельных выбросов в РФ и за рубежом	ПК–4.1
18	Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в	ПК–4.1

	РФ.	
19	Порядок определения удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для действующих котельных установок	ПК–4.1
20	Схема использования газов сталеплавильных конвертеров с аккумуляцией теплоты сгорания в газотурбинной установке.	ПК–4.2
21	Проблемы при утилизации высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий.	ПК–4.2
22	Экологическая безопасность на производстве при утилизации высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий	ПК–4.2
23	Экозащитные мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве.	ПК–4.2
24	Общая характеристика утилизационных установок.	ПК–4.2
25	Выбор параметров пара утилизационных установок.	ПК–4.2
26	Схемы установки в газовом тракте системы очистки газа для новых производств или реконструкции существующих систем очистки технологического агрегата.	ПК–4.2
27	Классификация топлив.	ПК–4.2
28	Основные характеристики природного газа (плотность, взрываемость. токсичность).	ПК–4.2
29	Компоненты газового топлива и его характеристики (плотность, концентрационные пределы, токсичность).	ПК–4.2
30	Состав природных горючих газов. Виды месторождений.	ПК–4.2
31	Искусственное газовое топливо.	ПК–4.2
32	Основные законы горения топлива.	ПК–4.2
33	Методы математического анализа и моделирования горения газового топлива.	ПК–4.2
34	Цепной механизм горения водорода.	ПК–4.2
35	Развитие и воспламенение топливно-воздушной струи.	ПК–4.2
36	Общее уравнение теплового баланса для утилизационной установки.	ПК–4.2
37	Анализ потерь теплоты с уходящими газами.	ПК–4.2
38	Коэффициент полезного действия утилизационной установки	ПК–4.2

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

1. Положение о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся, осваивающих образовательные программы высшего образования – программы бакалавриата, программы специалитета, программы магистратуры СМК-П-02.01-04-21 / разраб. Т.А. Лашина. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2021. – 15 с.

2. Рабочая программа дисциплины ФТД.04 Утилизация высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий / разраб. С.В. Панченко – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2025. – 21 с.

3. Положение о проведении текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий в условиях усиления санитарно-эпидемиологических мероприятий. СМК-П-02.01-02-23/ разраб. Т.А. Лашина. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2023. – 8 с.