

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

 УТВЕРЖДАЮ
Директор
/ С.А. Махновский
08.02.2023г

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ОП.06 Теплотехника

для обучающихся специальности

22.02.05 Обработка металлов давлением

Магнитогорск, 2023

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
«Металлургии и обработки металлов давлением»
Председатель О.В. Шелковникова
Протокол № 6 от «25» 01 2023

Методической комиссией МпК

Протокол № 4 от 08.02.2023

Разработчик:

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный колледж
Миронова Оксана Александровна

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Теплотехника».

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального(ых) модуля(ей) программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением и овладению профессиональными компетенциями.

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению вида деятельности программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением и овладению профессиональными компетенциями.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	4
2 Методические указания	6
Практическое занятие 1	6
Практическое занятие 2	11
Практическое занятие 3	12
Практическое занятие 4	16
Лабораторное занятие 1	17
Практическое занятие 5	20
Лабораторное занятие 2	21
Практическое занятие 6	23
Практическое занятие 7	24
Практическое занятие 8	25
Практическое занятие 9	26
Практическое занятие 10	27
Практическое занятие 11	27

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений (умений решать задачи по математике, физике, химии), необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Теплотехника» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

- производить расчеты процессов горения и теплообмена в металлургических печах, (нагревательных и плавильных).
- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- определять необходимые ресурсы
- определять необходимые источники информации;
- планировать процесс поиска; структурировать получаемую информацию;
- выделять наиболее значимое в перечне информации;
- оценивать практическую значимость результатов поиска;
- организовывать работу коллектива и команды;
- взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами в ходе профессиональной деятельности
- описывать значимость своей специальности
- определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности по специальности, осуществлять работу с соблюдением принципов бережливого производства
- понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 1.1 Планировать производство и организацию технологического процесса в цехе обработки металлов давлением.

ПК 2.1 Выбирать соответствующее оборудование, оснастку и средства механизации для ведения технологического процесса.

ПК 2.2 Проверять исправность и оформлять техническую документацию на технологическое оборудование.

ПК 2.4 Выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса.

А также формированию **общих компетенций:**

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

ОК06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения.

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Выполнение обучающихся практических и/или лабораторных работ по учебной дисциплине «Теплотехника» направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические и лабораторные занятия проводятся в рамках соответствующей темы, после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.2 Устройства для сжигания топлива

Практическое занятие №1

Расчет горения топлива

Цель: с помощью теоретических расчетов по формулам определить необходимое количество воздуха для горения, количество продуктов сгорания и калориметрическую температуру.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- производить расчеты процессов горения и теплообмена в металлургических печах, (нагревательных и плавильных).

Материальное обеспечение:

Учебно-методическая документация, дидактические средства.

Задание:

№ варианта	CH ₄ , %	C ₂ H ₆ , %	C ₃ H ₈ , %	C ₄ H ₁₀ , %	CO ₂ , %	W, г/м ³	n
1	91	1,2	2,0	1,0	0,8	14,5	1,2
2	94	2,5	1,8	0,7	0,4	15	1,1
3	97	1,1	0,9	0,6	0,2	13	1,05
4	94,4	1,4	1,4	-	-	12	1,05
5	87,7	1,4	2,2	1,5	1,3	16	1,05
6	91,8	2,2	0,4	0,6	-	12	1,1
7	83,4	2,5	0,8	1,5	1,8	10	1,15
8	79,9	1,5	1,7	2,1	2,9	14	1,1
9	94,1	1,5	-	3,0	-	10	1,15
10	80	2,1	3,0	4,0	5,0	20	1,05
11	91,1	1,0	1,0	1,0	1,0	18	1,2
12	93,6	2,6	-	-	2,3	16	1,1
13	85,5	4,2	3,7	2,8	2,0	14	1,05
14	91,6	1,6	2,0	1,6	0,6	12	1,15

15	80	2,5	3,5	4,5	5,5	14	1,05
16	91,2	0,8	0,9	1,6	2,4	16	1,1
17	93	1,1	2,1	3,1	-	18	1,05
18	85,5	4,5	2,5	1,5	3,0	20	1,1
19	82,7	-	5,0	3,0	4,0	10	1,15
20	90	2,2	3,3	1,6	-	12	1,15
21	97	0,5	0,5	0,3	0,5	14	1,1
22	87,8	1,7	1,8	2,9	4,1	16	1,05
23	74,8	4,5	3,3	-	3,2	18	1,15
24	77,6	2,4	4,4	1,1	1,1	20	1,1
25	83,3	-	3,9	3,2	-	10	1,2
26	89,7	4,5	-	2,2	2,2	12	1,15
27	92,2	0,9	0,7	1,1	0,8	14	1,2
28	93,3	1,4	-	-	1,4	16	1,15
29	88,8	3,1	1,1	1,1	1,1	18	1,05
30	95,5	-	1,5	1,5	-	20	1,1
31	92,2	2,2	-	1,2	1,2	10	1,2
32	95,7	2,1	1,03	0,47	0,2	15,55	1,1
33	96	2	1,0	0,3	0,3	16	1,15
34	93,2	0,7	0,6	0,6	1,9	15,3	1,05
35	92	0,9	1,0	1,1	0,3	15,5	1,05

Порядок выполнения работы:

1 Пересчитать сухой газ на влажный

2 Определить расход кислорода на горение

3 Определить расход воздуха, необходимого для горения

4 Определить состав продуктов сгорания

5 Рассчитать количество продуктов сгорания по методике, приведенной в разработке.

6 Определить процентный состав продуктов сгорания.

7 Определить плотность продуктов сгорания

8 Рассчитать колориметрическую и действительную температуру

Расчеты выполнить по методике, приведенной в разработке.

Ход работы:

1. Пересчет сухого газа на влажный

$$x^{\text{вл.}} = x^{\text{сух.}} \cdot \frac{100}{100 + 0,1242W};$$
$$x^{\text{вл.}} = x^{\text{сух.}} \cdot \frac{100}{100 + 0,1242 \cdot 15,55};$$
$$x^{\text{вл.}} = x^{\text{сух.}} \cdot 0,98.$$

2. Расход кислорода на горение при $n=1,0$

$$V_{O_2} = 0,01(0,5(CO + H_2 + 3H_2S) + \Sigma(m + \frac{n}{4})C_mH_n);$$
$$V_{O_2} = 0,01[(m + \frac{n}{4})CH_4 + (m + \frac{n}{4})C_2H_6 + (m + \frac{n}{4})C_3H_8 + (m + \frac{n}{4})C_4H_{10}];$$
$$V_{O_2} = 0,01[(1 + \frac{4}{4})94 + (2 + \frac{6}{4})2 + (3 + \frac{8}{4})1 + (4 + \frac{10}{4})0,4];$$
$$V_{O_2} = 2,026 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

3. Расход воздуха на горение при $n=1,1$.

$$V_B = n(1+k)V_{O_2};$$
$$V_B = 1,1(1+3,76) \cdot 2,026;$$
$$V_B = 10,61 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

4. Состав продуктов сгорания.

$$V_{CO_2} = 0,01(CO_2 + SO_2 + CO + H_2S + \Sigma m C_mH_n);$$
$$V_{CO_2} = 0,01(CO_2 + CH_4 + mC_2H_6 + mC_3H_8 + mC_4H_{10});$$
$$V_{CO_2} = 0,01(0,2 + 94 + 2 \cdot 2 + 3 \cdot 1 + 4 \cdot 0,4);$$
$$V_{CO_2} = 1,028 \text{ м}^3/\text{м}^3;$$
$$V_{H_2O} = 0,01(H_2O + H_2 + H_2S + 0,5 \Sigma n C_mH_n);$$
$$V_{H_2O} = 0,01(H_2O + 0,5(nCH_4 + nC_2H_6 + nC_3H_8 + nC_4H_{10}));$$
$$V_{H_2O} = 0,01(1,9 + 0,5(4 \cdot 94 + 6 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 10 \cdot 0,4));$$
$$V_{H_2O} = 2,019 \text{ м}^3/\text{м}^3;$$
$$V_{N_2} = 0,01N_2 + nk V_{O_2};$$
$$V_{N_2} = 0,01 \cdot 0,5 + 1,1 \cdot 3,76 \cdot 2,026;$$
$$V_{N_2} = 8,385 \text{ м}^3/\text{м}^3;$$
$$V_{O_2}' = (n-1) V_{O_2};$$
$$V_{O_2}' = (1,1-1) \cdot 2,026;$$
$$V_{O_2}' = 0,203 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

5. Определение общего количества продуктов сгорания (дыма).

$$V_{n.c.} = V_{RO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V'_{O_2};$$

$$V_{n.c.} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V'_{O_2};$$

$$V_{n.c.} = 1,028 + 2,019 + 8,385 + 0,203;$$

$$V_{n.c.} = 11,635 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

6. Определение процентного состава продуктов сгорания.

$$CO_2 = \frac{V_{CO_2}}{V_{n.c.}} \cdot 100\%; \quad N_2 = \frac{V_{N_2}}{V_{n.c.}} \cdot 100\%;$$

$$CO_2 = \frac{1,028}{11,635} \cdot 100\%; \quad N_2 = \frac{8,385}{11,635} \cdot 100\%;$$

$$CO_2 = 8,83\%; \quad N_2 = 72,07\%;$$

$$H_2O = \frac{V_{H_2O}}{V_{n.c.}} \cdot 100\%; \quad O_2 = \frac{V'_{O_2}}{V_{n.c.}} \cdot 100\%.$$

$$H_2O = 17,35\%. \quad O_2 = 1,75\%.$$

7. Определение плотности продуктов сгорания.

$$\rho_{п.с.} = \frac{44CO_2 + 28N_2 + 18H_2O + 32O_2}{22,4 \cdot 100};$$

где 44;28;18;32 – молекулярная масса;
22,4 – 1 моль;

$$\rho_{п.с.} = \frac{44 \cdot 8,83 + 28 \cdot 72,07 + 18 \cdot 17,35 + 32 \cdot 1,075}{22,4 \cdot 100};$$

$$\rho_{п.с.} = 1,24 \text{ кг/м}^3.$$

8. Теплота сгорания газа составит.

$$Q_H^P = 358CH_4 + 636C_2H_6 + 913C_3H_8 + 1185C_4H_{10};$$

$$Q_H^P = 358 \cdot 94 + 636 \cdot 2 + 913 \cdot 1 + 1185 \cdot 0,4;$$

$$Q_H^P = 36327 \text{ кДж/м}^3.$$

9. Определение калориметрической температуры.

9.1. При горении природного газа в обычном воздухе энтальпия продуктов сгорания определяется:

$$i_0 = \frac{Q_H^P}{V_{n.c.}};$$

$$i_0 = \frac{36327}{11,635};$$

$$i_0 = 3122,22 \text{ кДж/м}^3.$$

9.2. Для определения калориметрической температуры природного газа зададимся сначала $t'_K = 2000^\circ \text{C}$ и определим при этой калориметрической температуре энтальпию.

$$i_{2000^\circ} = \frac{i_{CO_2}^{2000^\circ} \cdot V_{CO_2} + i_{H_2O}^{2000^\circ} \cdot V_{H_2O} + i_{N_2}^{2000^\circ} \cdot V_{N_2} + i_{O_2}^{2000^\circ} \cdot V_{O_2}}{V_{n.c.}};$$

$$i_{2000^\circ} = 3249,41 \text{ кДж/м}^3,$$

т.к. $i_{2000^\circ} > i_0$, принимаем температуру $t''_K = 1900^\circ \text{C}$ и рассчитаем энтальпию при этой температуре

$$i_{1900^\circ} = 3119,88 \text{ кДж/м}^3,$$

т.к. $i_{1900^\circ} < i_0$ определим t_K

$$t_K = t''_K + \frac{i_0 + i_{t_K}''}{i_{t_K}' - i_{t_K}''};$$

$$t_K = 1900 + \frac{3122,22 + 3119,88}{3249,41 - 3119,88};$$

$$t_K = 1949^\circ \text{C}.$$

10. Определение действительной температуры в печи.

$$t_D = \eta \cdot t_K,$$

где $\eta = 0,65 \div 0,80$ – коэффициент, зависящий от конструкции печи.

$$t_D = 0,70 \cdot 1949;$$

$$t_D = 1364,3^\circ \text{C}.$$

Форма представления результата:

Расчеты выполнить и оформить в рабочей тетради.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Тема 1.2 Устройства для сжигания топлива

Практическое занятие №2

Изучение конструкции печи ПШБ

Цель: ознакомиться с конструкцией методической печи с шагающими балками, устройством ее отдельных узлов и частей, футеровкой.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять необходимые источники информации;
- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Материальное обеспечение:

Тренажерный комплекс с реальными пультами управления "Печь с шагающими балками"

Задание:

1.С помощью тренажерного комплекса изучить конструкцию методической печи с шагающими балками, включая все ее узлы и части.

Порядок выполнения работы:

- 1 Включить тренажерный комплекс.
- 2 На мониторе выбрать программу «Печь с шагающими балками».
- 3 Нажать кнопку «Запустить».
- 4 Запросить сессию по USB –ключу для активации.
- 5 Ввести логин и пароль и авторизоваться в системе.
- 6 Зайти в режим «Обучение».
- 7 Изучение конструкции – запуск.

Ход работы:

Изучить конструкцию печи с шагающими балками

Форма представления результата:

Работа должна быть представлена в итоговом тестировании

Критерии оценки:

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 2.1 Статика и динамика газов

Практическое занятие №3

Расчет высоты дымовой трубы

Цель: научиться применять закон Бернулли при расчетах истечения газа через отверстия и насадки; определять сопротивление дымового тракта; определять разрежение у основания дымовой трубы и высоту дымовой трубы.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- производить расчеты процессов горения и теплообмена в металлургических печах, (нагревательных и плавильных).

Материальное обеспечение:

Учебно-методическая документация, дидактические средства.

Задание:

1. Температура

№ вар.	t ₁ , °C	t ₂ , °C	t ₃ , °C	t ₄ , °C	t ₅ , °C	t ₆ , °C	t ₁₋₂ , °C	t ₂₋₃ , °C	t ₃₋₄ , °C	t ₄₋₅ , °C	t ₅₋₆ , °C
1	770	680	380	340	320	300	700	560	360	330	310
2	790	690	390	350	350	330	740	540	380	360	340
3	810	770	600	500	400	305	790	610	550	450	320
4	720	650	490	370	360	310	680	510	400	365	320
5	910	810	550	480	590	300	870	700	420	350	310
6	850	740	400	370	310	280	800	500	350	320	300
7	860	750	390	320	290	270	790	400	340	300	280
8	800	710	390	310	290	230	760	370	340	300	250
9	830	740	400	330	300	260	780	410	350	310	270
10	730	670	390	350	340	320	740	400	360	350	330
11	800	690	410	310	270	240	710	340	300	280	260
12	870	800	600	550	540	530	830	590	560	530	520
13	1200	1100	850	720	660	310	1000	910	730	690	350
14	845	738	297	270	250	230	790	390	290	260	240
15	1350	1200	800	650	470	290	1250	970	700	500	300
16	1110	990	710	600	470	290	1000	860	660	500	280
17	810	690	400	300	280	250	700	450	350	290	270
18	790	670	370	340	310	300	750	550	350	330	310
19	800	710	400	340	300	280	760	500	370	310	290
20	820	730	390	330	300	250	770	400	350	310	280
21	1280	1120	720	610	570	300	1200	750	650	600	350
22	700	600	400	350	350	320	650	500	380	360	330
23	850	750	450	300	300	280	800	500	390	370	310

24	700	650	400	370	370	340	750	530	380	360	350
25	900	800	500	470	470	450	850	670	520	500	400
26	810	710	410	370	370	350	760	560	400	380	360
27	900	810	400	370	320	290	870	420	390	340	200
28	650	600	300	280	240	170	630	330	290	260	200
29	600	570	310	280	210	180	590	330	300	240	200
30	870	790	600	500	400	290	800	650	510	410	300
31	830	700	410	350	330	300	780	430	330	320	305
32	640	600	290	260	210	170	620	300	250	220	180
33	890	700	400	350	310	280	750	500	370	320	300
34	990	830	500	400	370	300	880	600	400	350	250
35	1000	900	700	600	400	280	910	650	360	280	210

2. Длина участков и начальная скорость движения газов

№ варианта	l ₁₋₂ , м	l ₂₋₃ , м	l ₃₋₄ , м	l ₄₋₅ , м	l ₅₋₆ , м	V, м/с
1	4	4	6	3	10	4,5
2	7	6	8	5	12	4,1
3	5	4	6	3	9	4,6
4	3	2	3	1	7	4,5
5	6	5	4	3	12	4,4
6	5	6	5	3	11	4
7	4	5	6	4	12	4,4
8	6	5	4	3	9	4,6
9	5	5	4	4	11	4,4
10	6	5	6	3	11	4,1
11	7	6	6	5	12	4,3
12	7	6	7	5	11	4,5
13	8	6	8	4	12	4,3
14	3,5	4,2	5,2	4	13	4,4
15	7	6	7	5	14	4,5
16	7,5	6	6,8	5	14	5,5
17	7	6	6	5	13	4,2
18	8	6	4	4	11	4,2
19	6	5	3	4	10	4,3
20	5	5	4	3	12	4,6
21	7	5	7	4	12	4,0
22	4	3	4	2	8	5,0
23	7	6	7	5	12	4,5
24	5	4	5	3	10	4,0
25	6	5	6	4	10	5,0
26	6	5	6	4	11	5,5

27	6	5	4	3	11	4,6
28	5	4	2	1	7	3,0
29	4	4	3	2	7	4,4
30	7	7	6	4	13	3,0
31	7	6	5	5	11	5,1
32	5	5	4	3	8	2,9
33	6	5	3	2	10	4,3
34	9,5	9	7	8	12	3,0
35	8	8	6	6	10	4,3

Порядок выполнения работы:

- 1 Повторить теоретический материал.
- 2 Рассчитать сопротивление дымового тракта у основания дымоходной трубы.
- 3 Рассчитать высоту дымоходной трубы

Ход работы:

Истечение газов через отверстия и насадки наблюдается при работе горелок, форсунок, при выбивании газа через отверстия в стенах печи и в других случаях. Количество истекающей из рассматриваемого отверстия среды ($\text{м}^3/\text{с}$) можно определить по формуле: $V = \omega_2 f_2$, где f_2 — сечение струи, м^2 , ω_2 — скорость истечения газа. Количество истечения газа через насадки, учитывая, что насадка — это короткий патрубок, присоединённый к отверстию в тонкой стенке, длина последнего обычно составляет 3 – 4 его диаметра, можно определить по формулам:

Для насадки с открытыми кромками:

$$V = 0,85 F_3 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}},$$

где F_3 — площадь выходного сечения;

P_1, P_2 — соответственно давление в сосуде и давление среды;

ρ — плотность газа.

Для насадки с закруглёнными кромками:

$$V = F_3 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}.$$

Определение плотности.

$$\rho_t = \rho_0 \frac{1}{(1 + \alpha t)},$$

где $\alpha = 1/273, \text{град}^{-1}$ — коэффициент объёмного расширения.

Определение местного сопротивления

$$h_M = \xi \frac{\rho_0 w_0^2}{2} (1 + \alpha t),$$

где $w_{01}=2,04\text{м/с}$; $w_{02}=2,04\text{м/с}$; $w_{03}=2,94\text{м/с}$; $w_{04}=2,94\text{м/с}$; $w_{05}=2,94\text{м/с}$; $w_{06}=2,94\text{м/с}$.

Определение сопротивления трению.

$$h_T = \lambda \frac{l w_0^2}{d^5 2} \rho_0 (1 + \alpha t),$$

где $\lambda=0,04$ для металлической трубы, $\lambda=0,05$ для кирпичной трубы.

Определение геометрического напора

$$h_r = gH(\rho_0 - \rho_t),$$

где $g=9,81\text{м/с}^2$; $H=l$.

Определение общих потерь напора

$$h_{AB} = \Sigma h_{\Pi} - \Sigma h_{\Gamma};$$

$$h_{AB} = (h_T + h_M) - h_{\Gamma}.$$

$$h_r = gH(\rho_0 - \rho_t),$$

где $g=9,81\text{м/с}^2$; $H=l$.

Определить общие потери у основания дымовой трубы

$$h_{AB} = \Sigma h_{\Pi} - \Sigma h_{\Gamma}$$

Сделать вывод с указанием величины разряжения у основания дымовой трубы и общих потерь при движении продуктов сгорания по дымовому тракту.

Определить действительное разряжение у основания дымовой трубы. Принимаем, что труба с 25% запасом прочности, т.е. действительное разряжение должно быть на 20%--40% больше потерь давления при движении дыма.

$$h_{B, \text{расч.}} = h_{AB} \cdot 1,25;$$

Рассчитать падение температуры в трубе

$$\Delta T = 1,3H$$

Рассчитать диаметр устья трубы

$$d_B = \sqrt{\frac{V_0 \cdot 4}{w_{OB} \cdot \pi}}$$

Рассчитать высоту дымовой трубы по методике, приведенной в данном пособии

$$H = \frac{h_{B, \text{расч.}} + \frac{\rho_0 w_{OB}^2}{2} (1 + \alpha t_B)}{(\rho_a - \rho_{4-5})g - 0,5 \frac{\xi}{d_B} \left[\frac{\rho_0 w_{OB}^2}{2} (1 + \alpha t_B) + \frac{\rho_0 w_{OB}^2}{2} (1 + \alpha t_B) \right]};$$

Сделать вывод с указанием высоты дымовой трубы и ее запас прочности.

Форма представления результата:

Расчеты выполнить и оформить в рабочей тетради.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

Тема 2.1 Статика и динамика газов**Практическое занятие № 4****Устройство пульта управления ПШБ**

Цель: ознакомиться с устройством пульта управления методической печью с шагающими балками.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять необходимые источники информации;

- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Материальное обеспечение:

Тренажерный комплекс с реальными пультами управления "Печь с шагающими балками"

Задание:

1.С помощью тренажерного комплекса изучить пульт управления методической печью с шагающими балками, включая все ее узлы и части.

Порядок выполнения работы:

1 Включить тренажерный комплекс.

2 На мониторе выбрать программу «Печь с шагающими балками».

3 Нажать кнопку «Запустить».

4 Запросить сессию по USB –ключу для активации.

5 Ввести логин и пароль и авторизоваться в системе.

6 Зайти в режим «Обучение».

7 Изучение конструкции пульта управления – запуск.

Ход работы:

Изучить конструкцию пульта управления печи с шагающими балками

Форма представления результата:

Работа должна быть представлена в итоговом тестировании

Критерии оценки:

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог

90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 3.1 Теплопроводность и теплообмен

Лабораторное занятие №1

Расчет теплового потока и распределение температур в стенках печи

Цель работы: с помощью теоретических расчетов по формулам определить количество переданного тепла через стенку печи

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- производить расчеты процессов горения и теплообмена в металлургических печах, (нагревательных и плавильных);

Материальное обеспечение:

Учебно-методическая документация, дидактические средства.

Задание: рассчитать тепловой поток, переданный через многослойную стенку

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания к данной практической работе.
2. Решить задачи теплопроводности при стационарном состоянии
3. Расчеты выполнить по методике, приведенной в разработке.

Ход работы:

Определить потери тепла через стенку печи при стационарном тепловом режиме, если температура внутренней поверхности кладки $t_{кл.}=t_{п}=1300^{\circ}\text{C}$, температура окружающей среды $t_{ок.}=0^{\circ}\text{C}$. Толщина шамотной кладки $\delta_{ш.}=0,46\text{м}$, толщина изоляционной кладки из диатомитового кирпича $\delta_{д.}=0,115\text{м}$ и толщина изоляции из вермикулитовых плит $\delta_{в.}=0,05\text{м}$. Определить температуры на границах слоев. Температура наружной поверхности кладки $t_{нар.}=100^{\circ}\text{C}$. Теплопроводность шамотного кирпича $\lambda_{ш.}=0,88+0,00023t$ Вт/(м К); диатомитового кирпича $\lambda_{д.}=0,163+0,00023t$ Вт/(м К); вермикулитовых плит $\lambda_{в.}=0,081+0,00023t$ Вт/(м К).

1. Принимаем в первом приближении распределение температур по толщине кладки линейным. Найдем температуры на границах раздела слоев.

$$t_{ш-д} = t_{нар.} + (t_{кл.} - t_{нар.}) \frac{\delta_{д} + \delta_{в}}{\delta_{ш} + \delta_{д} + \delta_{в}};$$

$$t_{д-в} = t_{нар.} + (t_{кл.} - t_{нар.}) \frac{\delta_{в}}{\delta_{ш} + \delta_{д} + \delta_{в}};$$

2. Средняя температура слоя шамота

$$t_{III}^{cp} = \frac{t_{кл.} + t_{III-D}}{2};$$

3. Коэффициент теплопроводности шамота

$$\lambda_{III} = 0,88 + 0,00023 \cdot 858,4 = 1,077 \text{ (Вт/(м} \cdot \text{К))}$$

4. Средняя температура слоя диатомита

$$t_{Д}^{cp} = \frac{t_{III-D} + t_{Д-B}}{2};$$

5. Коэффициент теплопроводности диатомита

$$\lambda_{Д} = 0,163 + 0,00023 \cdot 306,4 = 0,29 \text{ (Вт/(м} \cdot \text{К))}$$

6. Средняя температура слоя вермикулита

$$t_{B}^{cp} = \frac{t_{Д-B} + t_{НАР}}{2};$$

7. Коэффициент теплопроводности вермикулита

$$\lambda_{B} = 0,081 + 0,00023 \cdot 148 = 0,115 \text{ (Вт/(м} \cdot \text{К))}$$

8. Плотность теплового потока через трехслойную стенку

$$q = \frac{t_{кл.} - t_{ок}}{\sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

где α_2 - коэффициент теплоотдачи конвекцией от наружной поверхности футеровки в окружающую среду

$$\alpha_2 = 10 + 0,06 t_{НАР};$$

$$\alpha_2 = 10 + 0,06 \cdot 100 = 16 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$$

тогда

$$q = \frac{1300 - 0}{\frac{0,46}{1,077} + \frac{0,115}{0,29} + \frac{0,05}{0,115} + \frac{1}{16}} = 984,8 \text{ (Вт/м}^2 \text{)}$$

9. Найдем уточненные значения температур на границах раздела слоев футеровки

$$t'_{III-D} = t_{кл.} - q \frac{\delta_{III}}{\lambda_{III}};$$

$$t'_{III-D} = 1300 - 984,8 \frac{0,46}{1,077} = 875,3 (^{\circ}\text{C})$$

$$t'_{Д-B} = t_{кл.} - q \left(\frac{\delta_{III}}{\lambda_{III}} + \frac{\delta_{Д}}{\lambda_{Д}} \right);$$

$$t'_{Д-B} = 1300 - 984,8 \left(\frac{0,46}{1,077} + \frac{0,115}{0,29} \right) = 484,1 (^{\circ}\text{C})$$

$$t'_{HAP} = t_{OK} + \frac{q}{\alpha_2};$$

$$t'_{HAP} = 0 + \frac{984,8}{16} 61,7(^{\circ}C)$$

10. Определяем уточненные значения средних температур слоев и коэффициентов теплопроводности

$$\text{при } t_{III}^{cp'} = \frac{t_{KL} + t'_{III-D}}{2};$$

$$t_{III}^{cp'} = \frac{1300 + 875,3}{2} = 1087,6(^{\circ}C)$$

$$\lambda'_{III} = 0,88 + 0,00023 \cdot 1087,6 = 1,13(Bm / m \cdot K)$$

$$\text{при } t_D^{cp'} = \frac{t'_{III-D} + t'_{D-B}}{2};$$

$$t_D^{cp'} = \frac{875,3 + 484,1}{2} = 679,7(^{\circ}C)$$

$$\lambda'_D = 0,163 + 0,00023 \cdot 679,7 = 0,45(Bm / m \cdot K)$$

$$\text{при } t_B^{cp'} = \frac{t'_{D-B} + t'_{HAP}}{2};$$

$$t_B^{cp'} = \frac{484,1 + 61,7}{2} = 272,9(^{\circ}C)$$

$$\lambda'_B = 0,081 + 0,00023 \cdot 272,9 = 0,144(Bm / m \cdot K)$$

$$\alpha'_2 = 10 + 0,06 t'_{HAP}$$

$$\alpha'_2 = 10 + 0,06 \cdot 61,7 = 13,7(Bm / m^2 \cdot K)$$

11. Найдем уточненное значение плотности потока тепла через стенку

$$q' = \frac{t_{KL} - t_{OK}}{\sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\lambda'_i} + \frac{1}{\alpha'_2}};$$

$$q' = \frac{1300 - 0}{\frac{0,46}{1,13} + \frac{0,115}{0,45} + \frac{0,05}{0,144} + \frac{1}{13,7}} = 1214,9(Bm / m^2)$$

Вывод: распределение температур по толщине стенки будет:

$$t_{KL} = 1300^{\circ}C; t_{III-D} = 875,3^{\circ}C; t_{D-B} = 484,1^{\circ}C; t_{HAP} = 61,7^{\circ}C.$$

Форма представления результата:

Расчеты выполнить в тетради для лабораторных работ.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

Тема 3.1 Теплопроводность и теплообмен

Практическое занятие №5

Разогрев печи (режим обучения)

Цель: изучить последовательность операций при разогреве печи с шагающими балками

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять необходимые источники информации;
- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Материальное обеспечение:

Тренажерный комплекс с реальными пультами управления "Печь с шагающими балками"

Задание:

1.С помощью тренажерного комплекса изучить последовательность операций при разогреве печи с шагающими балками

Порядок выполнения работы:

- 1 Включить тренажерный комплекс.
- 2 На мониторе выбрать программу «Печь с шагающими балками».
- 3 Нажать кнопку «Запустить».
- 4 Запросить сессию по USB –ключу для активации.
- 5 Ввести логин и пароль и авторизоваться в системе.
- 6 Зайти в режим «Обучение».
- 7 Изучение конструкции – запуск.

Ход работы:

Изучить последовательность операций при разогреве печи в режиме обучения.

Форма представления результата:

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 3.1 Теплопроводность и теплообмен

Лабораторное занятие №2

Определение приведённого коэффициента излучения в системе «газ-кладка-металл»

Цель работы: с помощью теоретических расчетов по формулам определить коэффициент излучения в системе «газ-кладка-металл».

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- производить расчеты процессов горения и теплообмена в металлургических печах, (нагревательных и плавильных);

Материальное обеспечение:

Учебно-методическая документация, дидактические средства

Задание: вычислить приведенный коэффициент излучения в системе «газ-кладка-металл» по данным.

Таблица 1 - Значения в зависимости от температуры газа

900	0,20	3,33
1000	0,18	3,21
1100	0,16	3,07
1200	0,15	2,99
1300	0,14	2,90

Порядок выполнения работы:

- 1 Определить геометрические параметры излучения.
- 2 Определить поверхность кладки.
- 3 Определить степень черноты газа.
- 4 Определить приведенный коэффициент излучения «газ-кладка-металл».

Ход работы:

Определяем геометрические параметры излучения. Поверхность кладки:

$$\begin{aligned} F_{\text{кл}} &= F_{\text{гориз.ст}} + F_{\text{бок.ст}} + F_{\text{св}} + F_{\text{под}} = 2Bh_{\text{ср}} + 2Lh + \frac{\pi R \varphi}{180} L + LB = \\ &= 2 \cdot 1,5 \cdot 1,3 + 2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 + \frac{3,14 \cdot 1,8 \cdot 60}{180} \cdot 1,4 + 1,4 \cdot 1,5 = 11,9 \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Рассчитываем объем рабочего пространства печи:

$$V_{p.n} = BLh_{cp} = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 1,3 = 2,73 \text{ м}^3$$

Рассчитываем объем рабочего пространства, заполненного газом:

$$V_{\Gamma} = V_{p.n} - V_M = 2,73 - 0,016 = 2,714^3$$

Эффективная толщина газового слоя:

$$S_{\text{эф}} = \frac{3,5V_{\Gamma}}{F_{\text{кл}} + F_M} = \frac{3,5 \cdot 2,714}{11,9 + 1,264} = 0,721 \text{ м}$$

Приведенный коэффициент излучения “газ-кладка-металл”.

$$C_{\Gamma \text{ К.М}} = \frac{5,77 \cdot \varepsilon_M \cdot \varepsilon_{\Gamma}}{\varepsilon_{\Gamma} + \varphi_{\text{КМ}}(1 - \varepsilon_{\Gamma})}, \text{ Вт / м}^2 \text{ К}^4$$

Принимаем:

$$\varphi_{\text{КМ}} = \frac{F_M}{F_K + F_M} = \frac{1,26}{11,9 + 1,26} = 0,0957$$

Тогда, приведенный коэффициент излучения будет равен:

$$C_{\text{печ.М}} = \frac{5,77 \cdot \varepsilon_M \cdot \varphi_{\text{М.К}}}{1 - \varphi_{\text{М.М}}(1 - \varepsilon_M)}, \text{ Вт / м}^2 \text{ К}^4$$

Форма представления результата:

Расчеты выполнить в тетради для лабораторных работ.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

Тема 4.1 Основы рациональной технологии нагрева металла . Дефекты нагрева металла

Практическое занятие №6 Изменение температурных режимов ПШБ

Цель: ознакомиться с температурными режимами работы печи с шагающими балками, их изменениями и параметрами.

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь

- определять необходимые источники информации;
- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Материальное обеспечение:

Тренажерный комплекс с реальными пультами управления "Печь с шагающими балками"

Задание: С помощью тренажерного комплекса изучить изменение температурных режимов методической печи с шагающими балками, а также параметры работы печи.

Порядок выполнения работы:

- 1 Включить тренажерный комплекс.
- 2 На мониторе выбрать программу «Печь с шагающими балками».
- 3 Нажать кнопку «Запустить».
- 4 Запросить сессию по USB –ключу для активации.
- 5 Ввести логин и пароль и авторизоваться в системе.
- 6 Зайти в режим «Обучение».
- 7 Изучение конструкции – запуск.

Ход работы:

Изучить изменение температурных режимов методической печи с шагающими балками, а также параметры работы печи.

Форма представления результата:

Работа должна быть представлена в итоговом тестировании

Критерии оценки:

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 4.1 Основы рациональной технологии нагрева металла . Дефекты нагрева металла

Практическое занятие №7 «Малый газ» ПШБ

Цель: ознакомиться с технологической операцией «Малый газ» в методической печи с шагающими балками.

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь

- определять необходимые источники информации;
- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Материальное обеспечение:

Тренажерный комплекс с реальными пультами управления "Печь с шагающими балками"

Задание: С помощью тренажерного комплекса изучить технологическую операцию «Малый газ».

Порядок выполнения работы:

- 1 Включить тренажерный комплекс.
- 2 На мониторе выбрать программу «Печь с шагающими балками».
- 3 Нажать кнопку «Запустить».
- 4 Запросить сессию по USB –ключу для активации.
- 5 Ввести логин и пароль и авторизоваться в системе.
- 6 Зайти в режим «Обучение».
- 7 Изучение конструкции – запуск.

Ход работы:

Подъем и снижение температуры каждой из зон печи производится постепенно. Запрещается устанавливать большой интервал температуры за раз – необходимо производить пошаговый подъем на 10-30 градусов в течении часа. Перевод зон в печи с рабочего хода на «малый газ» (холостой ход) включает изменения температуры всех зон печи средствами управляющей программы до граничных значений поддержки малого газа.

Этап 1. Корректировка зоны 6. Фактическая температура зоны должна достигнуть отметки 1000 С. Оператор в поле температуры, уставка вводит значения с разницей в 10-30С, и ожидает изменение фактического параметра. Процесс коррекции можно осуществлять параллельно на всех зонах. Требуемые условия 1 и 2 потушены; зоны 3-6 1000С.

Форма представления результата:

Работа должна быть представлена в итоговом тестировании

Критерии оценки:

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 4.1 Основы рациональной технологии нагрева металла . Дефекты нагрева металла

Практическое занятие №8

Печь с шагающими балками (отказ гидравлики)

Цель: ознакомиться с последовательностью необходимых операций при отказе гидравлики в методической печи с шагающими балками.

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь

- определять необходимые источники информации;
- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Материальное обеспечение:

Тренажерный комплекс с реальными пультами управления "Печь с шагающими балками"

Задание: С помощью тренажерного комплекса изучить последовательность необходимых операций при отказе гидравлики в методической печи с шагающими балками

Порядок выполнения работы:

- 1 Включить тренажерный комплекс.
- 2 На мониторе выбрать программу «Печь с шагающими балками».
- 3 Нажать кнопку «Запустить».
- 4 Запросить сессию по USB –ключу для активации.
- 5 Ввести логин и пароль и авторизоваться в системе.
- 6 Зайти в режим «Обучение».
- 7 Изучение конструкции – запуск.

Ход работы:

Отработайте план действий в аварийной ситуации. На этапе работы печи была выявлена проблема с гидравлической системой закрытия и открытия выходных дверей. Одна дверь из трех находится в открытом состоянии и две других двери не регистрируют производимые с пульта управления действия.

На пульте управления необходимо нажать кнопку «Аварийная остановка». Свяжитесь со специалистом по гидравлическим системам. После нажатия кнопки – циклы шагающих балок «Загрузочных рядов печи» обязательно доводятся в ручную.

Форма представления результата:

Работа должна быть представлена в итоговом тестировании

Критерии оценки:

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 4.1 Основы рациональной технологии нагрева металла . Дефекты нагрева металла

Практическое занятие №9

Печь с шагающими балками (отказ системы подачи воды)

Цель: ознакомиться с последовательностью необходимых операции при отказе работы системы подачи воды в методической печи с шагающими балками.

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь

- определять необходимые источники информации;
- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Материальное обеспечение:

Тренажерный комплекс с реальными пультами управления "Печь с шагающими балками"

Задание: С помощью тренажерного комплекса изучить последовательность необходимых операции при отказе работы системы подачи воды в методической печи с шагающими балками.

Порядок выполнения работы:

- 1 Включить тренажерный комплекс.
- 2 На мониторе выбрать программу «Печь с шагающими балками».
- 3 Нажать кнопку «Запустить».
- 4 Запросить сессию по USB –ключу для активации.
- 5 Ввести логин и пароль и авторизоваться в системе.
- 6 Зайти в режим «Обучение».
- 7 Изучение конструкции – запуск.

Ход работы:

Отработайте план действий в аварийной ситуации, если во время работы печи была выявлена проблема с подачей газа. Снабжение газом производится одним общим Центральным клапаном подачи и распределяется на местные зоны нагрева (локальные клапаны). В штатном режиме датчики отслеживают давление подачи газа и в случае превышения или понижения - оборудование автоматически закрывает центральный клапан. Закрыть центральный клапан также можно и из управляющей программы. Если подача перекрывается требуется сообщить об этом газовой службе по голосовому терминалу для проведения обслуживания.

Восстановите действующее оборудование на кнопку «Аварийная остановка» на ПУ. Циклы движения балок вручную доводятся Оператором до конца.

Форма представления результата:

Работа должна быть представлена в итоговом тестировании

Критерии оценки:

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 6.1 Устройства для утилизации тепла в печах. Способы очистки газов

Практическое занятие №10

Изучение пульта линии загрузки заготовки в печь

Цель: ознакомиться с пультом управления Тренажерного комплекса с реальными пультами управления "Линия загрузки заготовок"

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь

- определять необходимые источники информации;
- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;

Материальное обеспечение:

Тренажерный комплекс с реальными пультами управления "Линия загрузки заготовок"

Задание: изучить устройство пульта управления .

Порядок выполнения работы:

- 1 Включить тренажерный комплекс.
- 2 На мониторе выбрать программу «Линия загрузки заготовки в печь».
- 3 Нажать кнопку «Запустить».
- 4 Запросить сессию по USB –ключу для активации.
- 5 Ввести логин и пароль и авторизоваться в системе.
- 6 Зайти в режим «Обучение».
- 7 Изучение пульта управления– запуск.

Ход работы:

Пошагово изучить устройство пульта управления в режиме обучения..

Форма представления результата:

Работа должна быть представлена в итоговом тестировании

Критерии оценки:

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 7.2 Металлургические печи и конвертеры

Практическое занятие №11

Расчет статей теплового баланса печи

Цель работы: научиться рассчитывать тепловой баланс металлургической печи.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- производить расчеты процессов горения и теплообмена в металлургических печах, (нагревательных и плавильных);

Материальное обеспечение:

Учебно-методическая документация, дидактические средства

Задание: рассчитать приходную часть баланса камерной печи

Порядок выполнения работы:

- 1 Ознакомиться с методическими указаниями для практической работы.
- 2 Получить индивидуальные данные у преподавателя
- 3 Рассчитать статьи теплового баланса печи.
- 4 Результаты оформить в рабочую тетрадь.
- 5 Сдать преподавателю на проверку.

Ход работы:

1. Тепло, получаемое при сжигании топлива

$$Q_{\text{топл}} = 0,278 \cdot V \cdot Q_n^p, \text{ Вт}$$

где V – часовой расход топлива, м³/ч – неизвестная искомая величина, определяемая из теплового баланса;

Q_n^p – низшая теплота сгорания топлива в кДж/м³. Определяется при расчете горения топлива.

2. Тепло, вносимое прогретым воздухом (физическое тепло воздуха). Эта статья учитывается при составлении теплового баланса рекуперативных печей.

$$Q_{\text{возд}} = 0,278 \cdot V \cdot L_g \cdot C_b \cdot t_b, \text{ Вт}$$

где L_g – действительный расход воздуха, необходимый для сжигания 1 м³ газа или 1 кг мазута с учетом коэффициента избытка воздуха (из расчета горения топлива), м³/м³ или м³/кг;

- средняя теплоемкость воздуха в интервале температур от 0° до t_b , кДж/м³·град;

t_b – температура подогрева воздуха, °С. Определяется условиями работы рекуператора.

Для термических печей обычно принимается в пределах 200-300 °С.

3. Физическое тепло, вносимое подогретым топливом, как правило, - газообразное топливо, подается к термическим печам без подогрева, поэтому эта статья при использовании газообразного топлива в балансе не учитывается. При работе печей на мазуте последний подогревается на 70-80 °С, тогда

$$Q_{\text{возд}} = 0,278 \cdot V \cdot C_t \cdot t_t, \text{ Вт}$$

где C_t – средняя теплоемкость мазута, кДж/кг·град;

t_t – температура подогрева мазута, °С.

4. Тепло экзотермических реакций при окислении нагреваемого металла, кДж/кг

$$Q_{\text{экз}} = 0,278 \cdot 5652 \cdot (P_m + P_{\text{тар}}) \cdot a, \text{ Вт}$$

где 5652 – тепловой эффект реакции окисления 1 кг нагреваемого металла, кДж/кг;

$(P_m + P_{\text{тар}})$ – часовая производительность печи по металлу и таре, кг/ч, (см. статьи 1 и 2 расходной части баланса);

a – относительное количество окислившегося металла (угар металла), кг/кг.

Например, если угар равен 2 %, то $a = 0,02$. Для термических печей можно принимать $a = 0,02 - 0,05$ %, для нагревательных $a = 0,01 - 0,025$ %.

Если применяется защитная атмосфера, то статья 4 не учитывается (окисление отсутствует)

Расходная часть теплового баланса

Статья 1. Полезное тепло, расходуемое на нагрев металла. Если металл поступает в печь:

$$\text{холодным } Q_m = 0,278 \cdot P \cdot C_m \cdot t_{m.k.}, Bm$$

$$\text{подогретым } Q_m = 0,278 \cdot P_1 \cdot (C_m \cdot t_{m.k.} - C_m' \cdot t_{m.n.}), Bm$$

где P – часовая производительность печи по нагреву, кг/ч. Определяется исходя из величины садки и времени нагрева:

$t_{m.k.}$ – конечная температура нагрева металла, °С. Определяется маркой стали и характером технологического процесса.

$t_{m.n.}$ – начальная температура металла, °С;

C_m – средняя теплоемкость металла в интервале температур от 0° до $t_{m.k.}$, кДж/(кг·град);

C_m' – также для интервала температур от 0° до $t_{m.k.}$, кДж/(кг·град).

Статья 2.

$$Q_{тар} = 0,278 \cdot P_{тар} \cdot C_{тар}(t_{тар.k.} - t_{тар.n.}), Bm$$

где $P_{тар}$ – производительность печи по таре, кг/ч

$G_{тар}$ – масса тары, одновременно находящейся в печи, кг, (поддоны, башмаки, конвейер, муфель колпаковой печи и др.)

$C_{тар}$ – средняя теплоемкость тары в интервале температур от 0° до $t_{тар.k.}$, кДж/(кг·град)

$$t_{тар.k.} = t_{m.k.}$$

$t_{тар.k.}$, $t_{тар.n.}$ – соответственно конечная и начальная температуры тары, °С.

Статья 3. Тепло, теряемое уходящими продуктами сгорания (дымом)

$$Q_{дым} = 0,278 \cdot B \cdot V_d \cdot C_d \cdot t_d, Bm$$

где V_d – объем дымовых газов, получаемых при сжигании 1 м³ газа или жидкого (твердого топлива) при нормальных условиях с учетом избытка воздуха, м³/кг или м³/м³ из расчета горения топлива;

C_d – средняя теплоемкость дымовых газов при температуре t_d кДж/(м³·град),

t_d – температура отходящего дыма, °С. Может быть принята: для камерных печей - $t_d = t_{m.k.} + (50 \div 100)$, для методических - $t_d = t_{m.k.} + (100 \div 300)$.

Статья 4. Потеря тепла от химической неполноты сгорания топлива.

При беспламенном сжигании топлива потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива отсутствуют. При пламенном сжигании в дымовых газах обычно содержится 0,5-3 % несгоревших газов. Если принять, что на 1 % CO приходится 0,5 % H₂, то теплота сгорания такой смеси при нормальных условиях составляет 12142 кДж/м³. Если в уходящих продуктах сгорания долю несгоревшего газа CO принять равной P_{co} , то потеря тепла составит

$$Q_{хим} = 0,278 \cdot B \cdot V_d \cdot P_{co} \cdot 12142, \text{ Вт}$$

где V_d - количество уходящего дыма м³/м³ или м³/кг. Для хорошо работающих печей P_{co} можно принять 0,005 – 0,015.

Статья 5. Потери тепла от механической неполноты сгорания топлива.

Под механической неполнотой сгорания понимают различные потери топлива, введенного в печь, но не принимают участия в горении. Эти потери могут быть определены так

$$Q_{мех} = A \cdot 0,278 \cdot B \cdot Q_n^p, \text{ Вт}$$

Где A – величина тепловых потерь от механической неполноты сгорания. Так при сжигании:

1. Твердого топлива $A = 0,03 \div 0,05$;
2. Газообразного топлива $A = 0,02 \div 0,05$;
3. Жидкого топлива $A = 0,01$.

Для газообразного и жидкого топлива эта величина незначительна и может не учитываться. Для твердого топлива она достигает 2-5% от Q_n^p . Поскольку современные термические печи, как правило, на твердом топливе не работают, то статья 5 из теплового баланса выпадает.

Статья 6. Тепло, теряемое в результате теплопроводности через кладку. Если известна наружная температура кладки, то потеря тепла путем теплопроводности через свод и стены определяется:

$$Q_{кл} = \alpha_{\Sigma}'' \cdot (t_{cm} - t_{\theta}) \cdot F_n, \text{ Вт}$$

где α_{Σ}'' - суммарный коэффициент конвективной теплопроводности от наружной стенки к окружающему воздуху, Вт/м²град.. Например, при $t_{cm}=90^{\circ}\text{C}$, $\alpha_{\Sigma}'' \approx 14,0$, Вт/м²град для вертикальной стенки: 16,0 – для свода и 11,4 – для пода.

Форма представления результата:

Расчеты выполнить и оформить в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

