

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**БРАТСКИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫЙ КОЛЛЕДЖ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Специальность 140102

Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

***ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ»***

Братск 2014

Составила (разработала) Распутина В.Л., преподаватель высшей категории
кафедры энергетических и строительных дисциплин

Рассмотрено на заседании кафедры энергетических и строительных дисциплин

« _____ » _____ 201__ г.

(Подпись зав.кафедрой)

Одобрено и утверждено редакционным советом

(Подпись председателя РС)

« _____ » _____ 201__ г.

№ _____

Содержание

Введение.....	4
1 Общие указания к выполнению курсового проекта.....	5
2 Расчетная часть курсового проекта.....	7
Заключение	19
Список использованных источников.....	20
Приложение.....	21

Введение

На современном этапе развития теплоэнергетики преобладающее развитие количество тепловой энергии, направляемой на цели теплоснабжения и технологические нужды, вырабатывается паровыми и водогрейными котельными агрегатами. В условиях резкого роста цен на энергетическое топливо к проектированию и эксплуатации котлоагрегатов предъявляются повышенные требования в части эффективности и надежности их работы.

В связи с этим дальнейшее развитие источников теплоснабжения предусматривает разработку новых конструкций и модернизацию эксплуатируемых котлов, обеспечение рационального использования теплоэнергетических ресурсов на работающих котлагрегатах, надежность выработки тепловой энергии и охрану окружающей среды.

Решение поставленной задач требует соответствующей квалификационной подготовки специалистов теплоэнергетического профиля. Этим целям подчинено настоящее учебное пособие.

Для учащихся теплоэнергетических специальностей техникумов (колледжей) при выполнении курсового проекта рекомендуется производить поверочный расчет с элементами конструктивного расчета отдельных поверхностей нагрева (пароперегревателя, водяного экономайзера, воздухоподогревателя).

1 Общие указания к выполнению курсового проекта

1.1 Задача курсового проекта

Целью курсового проекта «Поверочный расчет котлоагрегата» является закрепление знаний по дисциплине «Котельные установки» и приобретение практических навыков выполнения тепловых расчетов и проектирования промышленных котлов.

Выполнение курсового проекта осуществляется по индивидуальному заданию и требует от студента достаточного объема теоретических знаний и способности самостоятельного решения практических задач теплоэнергетического характера.

1.2 Задание и исходные данные

Задание на курсовой проект является индивидуальным и выдается руководителем проекта на отдельном листе. Лист с заданием включается в пояснительную записку. Задание на курсовой проект содержит следующие исходные данные:

- ✓ тип котлоагрегата;
- ✓ месторождение топлива;
- ✓ производительность котлоагрегата;
- ✓ абсолютное давление перегретого пара;
- ✓ температура перегретого пара;
- ✓ температура питательной воды;
- ✓ температура уходящих газов;
- ✓ процент непрерывной продувки.

1.3 Содержание пояснительной записки и графической части

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка наряду с традиционными разделами «Введение», «Содержание», «Список использованных источников» включает: «Организационно-технический» и «Расчетно-конструкторский» разделы. «Организационно-технический» раздел должен содержать:

- краткое описание котлоагрегата;
- описание газового тракта;

- описание циркуляционной схемы;
- описание топочного устройства;
- описание устройства барабана;
- описание устройства пароперегревателя;
- описание устройства экономайзера.

«Расчетно-конструкторский» раздел должен содержать:

- состав рабочего топлива;
- расчет коэффициента избытка воздуха по газоходам котла;
- расчет объемов воздуха и продуктов сгорания по газоходам котла;
- расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания по газоходам котла;
- тепловой баланс котла, определение его КПД и расчетного расхода топлива;
- тепловой расчет топочной камеры;
- тепловой расчет пароперегревателя;
- тепловой расчет водяного экономайзера;
- тепловой расчет воздухоподогревателя.

Объем пояснительной записки 35 – 40 листов.

Пояснительная записка и размещаемые в ней рисунки и таблицы выполняются на листах формата А4. Оформление текста, рисунков, таблиц и списка использованных источников проводятся в соответствии с требованиями: «Общие требования к текстовым документам». Расчеты, приведенные в записке, выполняются в международной системе единиц (СИ).

Графическая часть проекта выполняется на двух листах формата А1 и включает в себя продольный или поперечный разрезы котла, элементы котлоагрегата (узлы, детали, топливосжигающее устройство и пр.) по заданию руководителя.

2 Расчетная часть курсового проекта

2.1 Определение состава и теплоты сгорания топлива

В соответствии с заданным месторождением топлива по таблице (см. приложение) выбираются его характеристики: элементарный состав рабочей массы топлива, низшая теплота сгорания топлива; температура плавкости золы.

2.2 Расчет коэффициента избытка воздуха в топке и по газоходам котла

Расчетный коэффициент избытка воздуха в топке α'_T , расчетные значения присосов воздуха в топку $\Delta\alpha_T$, и газоходы котельных агрегатов $\Delta\alpha_{ПП}$, $\Delta\alpha_{ВЭК}$, $\Delta\alpha_{ВП}$, выбираются по таблицам (приложение А).

2.2.1 Определение коэффициентов избытка воздуха за каждой поверхностью

$$\alpha_T = \alpha_\phi, \text{ т.к. } \Delta\alpha_T = \Delta\alpha_\phi, \quad (1)$$

$$\alpha_\phi = \alpha'_T + \Delta\alpha_T, \quad (2)$$

где α'_T – коэффициент избытка воздуха в топочной камере (таблица 1).

$$\alpha_{ПП} = \alpha_T + \Delta\alpha_{ПП}, \quad (3)$$

$$\alpha_{ВЭК} = \alpha_{ПП} + \Delta\alpha_{ВЭК}, \quad (4)$$

$$\alpha_{ВП} = \alpha_{ВЭК} + \Delta\alpha_{ВП}, \quad (5)$$

$$\alpha_{ух.г.} = \alpha_{ВП}, \quad (6)$$

2.3 Расчет объемов воздуха и продуктов сгорания топлива по газоходам котла

Теоретическое количество (теоретический объем) сухого воздуха V^0_B и объемы продуктов сгорания $V^0_{RO_2}$; $V^0_{N_2}$; $V^0_{H_2O}$ образующихся при полном сгорании топлива при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1$ определяются по формулам, предложенным ниже.

2.3.1 Теоретический объем воздуха, необходимого для полного сгорания, при сжигании 1 кг твердого или жидкого топлива, V_B^0 , м³/кг

$$V_B^0 = 0,0889 \cdot (C_p + 0,375 \cdot S_{op+k}^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,0333 \cdot O^p, \quad (7)$$

2.3.2 Теоретический объем азота в продуктах сгорания при сжигании твердого или жидкого топлива, $V_{N_2}^0$, м³/кг

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V_B^0 + 0,8 \frac{N^p}{100}, \quad (8)$$

2.3.3 Теоретический объем трехатомных газов в продуктах сгорания при сжигании твердого или жидкого топлива, $V_{RO_2}^0$, м³/кг

$$V_{RO_2}^0 = 1,866 \frac{C^p + 0,375 \cdot S_{op+k}^p}{100}, \quad (9)$$

2.3.4 Теоретический объем водяных паров в продуктах сгорания при сжигании твердого или жидкого топлива, $V_{H_2O}^0$, м³/кг

$$V_{H_2O}^0 = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V_B^0, \quad (10)$$

2.4 Расчет объемов продуктов сгорания

Действительные объемы продуктов сгорания по отдельным газоходам котла определяются с учетом коэффициента избытка воздуха после каждой поверхности нагрева.

2.4.1 Действительный объем продуктов сгорания по отдельным газоходам V_{Γ}^i , м³/кг, определяется по формуле

$$V_{\Gamma}^i = V_{H_2O}^i + V_{N_2}^0 + V_{RO_2}^0 + (\alpha_i - 1) \cdot V_B^0, \quad (11)$$

где $V^i_{H_2O}$ – действительный объем водяных паров в продуктах сгорания по отдельным газоходам с учетом α_i , м³/кг;

α_i – действительный коэффициент избытка воздуха за каждой поверхностью нагрева.

2.4.2 Действительный объем водяных паров в продуктах сгорания по отдельным газоходам, с учетом α_i , определяется по формуле

$$V^i_{H_2O} = V^0_{H_2O} + 0,0161 \cdot (\alpha_i - 1) \cdot V^0_B, \quad (12)$$

В дальнейшем в расчете необходимо определить объемные доли трехатомных газов в продуктах сгорания и их сумму по отдельным газоходам котла.

2.4.3 Объемные доли $r^i_{RO_2}$ определяются по формуле

$$r^i_{RO_2} = \frac{V^0_{RO_2}}{V^i_r}, \quad (13)$$

2.4.4 Объемные доли $r^i_{H_2O}$ определяются по формуле

$$r^i_{H_2O} = \frac{V^i_{H_2O}}{V^i_r}, \quad (14)$$

2.4.5 Сумма объемных долей трехатомных газов r^i_{Π} определяется по формуле

$$r^i_{\Pi} = r^i_{RO_2} + r^i_{H_2O}, \quad (15)$$

2.4.6 Для выбора золоуловителей необходимо знать концентрацию золы в дымовых газах. Концентрация золы $\mu^i_{зл}$, в дымовых газах по отдельным газоходам котла определяется по формуле

$$\mu^i_{зл} = \frac{A^P \cdot \alpha_{yh}}{100 \cdot \alpha_i \cdot V^i_r}, \quad (16)$$

где α_{yh} – доля золы топлива в уносе (таблица 1).

Результаты расчетов сводятся в таблицу «Объемы продуктов сгорания, объемные доли трехатомных газов, концентрация золовых частиц», в которой последовательно приводятся значения α_i , $\Delta\alpha_i$, $V_{H_2O}^i$, $V_{г}^i$, $r_{RO_2}^i$, $r_{H_2O}^i$, $r_{п}^i$, $\mu_{зл}^i$.

Таблица 1 – Объемы продуктов сгорания, объемные доли трехатомных газов, концентрация золовых частиц

Определяемая величина	Обозначение	Размерность	Ссылка на источник	Топка (Т)	Пароперегреватель (ПП)	Водяной экономайзер (ВЭК)	Воздухоподогреватель (ВП)
1	2	3	4	5	6	7	8

2.5 Расчет энтальпий воздуха и дымовых газов по газоходам котла

Энтальпия дымовых газов при сжигании 1 кг твердого или жидкого топлива $H_{дг}$, кДж/кг, определяется как сумма энтальпий газообразных продуктов сгорания и воздуха. Расчет энтальпии дымовых газов проводится на выходе из каждой рассматриваемой поверхности нагрева при соответствующем значении α_i .

2.5.1 Энтальпия дымовых газов $H_{дг}$, кДж/кг, определяется по формуле

$$H_{дг} = H_{г}^0 + H_{в}^0 \cdot (\alpha_i - 1), \quad (17)$$

где $H_{г}^0$ и $H_{в}^0$ – энтальпии теоретических объемов продуктов сгорания и воздуха соответственно, кДж/кг.

2.5.2 Энтальпия теоретического объема продуктов сгорания $H_{г}^0$, кДж/кг

$$H_{г}^0 = V_{RO_2}^0 \cdot h_{RO_2} + V_{H_2O}^0 \cdot h_{H_2O} + V_{N_2}^0 \cdot h_{N_2}, \quad (18)$$

где h_{RO_2} , h_{H_2O} , h_{N_2} – энтальпии трехатомных газов, водяных паров, азота, кДж/м³.

2.5.3 Энтальпия теоретического объема воздуха H_B^0 , кДж/кг, определяется по формуле

$$H_B^0 = V_B^0 \cdot h_B, \quad (19)$$

где h_B – энтальпия воздуха, кДж/м³.

Расчет энтальпий продуктов сгорания и воздуха по газоходам котла производится с интервалом 100 °С в следующих диапазонах температур: для топки от 2200 до 800 °С, пароперегревателя от 1000 до 500 °С, водяного экономайзера от 700 до 300 °С, воздухоподогревателя от 400 до 100 °С. Результаты расчетов сводятся в таблицу «Энтальпия дымовых газов, продуктов сгорания и воздуха по газоходам».

Таблица 2 – Энтальпия дымовых газов, продуктов сгорания и воздуха по газоходам

Поверхность нагрева	Температура продуктов сгорания и воздуха, t, °С	Энтальпия продуктов сгорания: $H_{\Gamma}^0 = V_{\text{RO}_2}^0 \cdot h_{\text{RO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}}^0 \cdot h_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2}^0 \cdot h_{\text{N}_2}$, кДж/кг	Энтальпия воздуха: $H_B^0 = V_B^0 \cdot h_B$, кДж/кг	Энтальпия дымовых газов: $H_{\text{дг}} = H_{\Gamma}^0 + H_B^0 \cdot (\alpha_i - 1)$, кДж/кг
1	2	3	4	5
Топочная камера; $\alpha_t =$	2200			
	800			
Пароперегреватель, $\alpha_{\text{пп}} =$	1000			
	500			
Водяной экономайзер, $\alpha_{\text{вэж}} =$	700			
	300			
Воздухоподогреватель, $\alpha_{\text{вп}} =$	400			
	100			

2.6 Тепловой баланс котла

Целью составления теплового баланса котлоагрегата является определение коэффициента полезного действия котла, расхода топлива и тепловых потерь по статьям расхода. При работе парового или водогрейного котла вся поступившая в него теплота расходуется на выработку полезной теплоты, содержащейся в паре или горячей воде, и на покрытие различных потерь теплоты. Суммарное количество теплоты, поступившее в котельный агрегат, называют располагаемой теплотой и обозначают Q^P , кДж/м³. Между теплотой, поступившей в котельный агрегат и покинувшей его, должно существовать равенство. Теплота, покинувшая котельный агрегат, представляет собой сумму полезной теплоты и теплоты потерь, связанных с технологическим процессом выработки пара и горячей воды.

2.6.1 Уравнение теплового баланса

Уравнение теплового баланса, устанавливающее равенство между приходом и расходом тепла, составляется для установившегося теплового режима работы котла и относится к 1 кг твердого или жидкого топлива или 1 м³ газообразного топлива

$$Q^P = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad , \quad (20)$$

где Q^P – располагаемая теплота, кДж/кг;

Q_1 – полезно использованная теплота, кДж/кг;

Q_2 – потери теплоты с уходящими газами, кДж/кг;

Q_3 – потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива, кДж/кг;

Q_4 – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, кДж/кг;

Q_5 – потери теплоты от наружного охлаждения, кДж/кг;

Q_6 – потери теплоты с физической теплотой удаляемого шлака и на охлаждение балок, не включенных в циркуляционный контур котла, кДж/кг.

2.6.2 В общем виде располагаемая теплота определяется

Для твердого и жидкого топлива

$$Q^P = Q^N + Q_{В.ВН} + Q_{ф.т} + Q_{п.ф} - Q_K \quad , \quad (21)$$

где $Q_{\text{Н}}^{\text{P}}$ – низшая теплота сгорания рабочей массы твердого или жидкого топлива, кДж/кг;

$Q_{\text{В.ВН}}$ – теплота, внесенная воздухом, подогретым вне котельного агрегата, кДж/кг;

$Q_{\text{ф.т}}$ – физическое тепло топлива, кДж/кг;

$Q_{\text{п.ф}}$ – теплота, внесенная паром, расходуемым на распыление мазута, кДж/кг;

$Q_{\text{к}}$ – расход теплоты на разложение карбонатов, кДж/кг.

2.6.3 Расчет количества теплоты

Расчет количества теплоты, поступающего с воздухом, подогретым вне котла (до воздухоподогревателя) внешним источником, проводится по уравнению

$$Q_{\text{В.ВН}} = (\alpha_{\text{т}} - \Delta \alpha_{\text{т}} - \Delta \alpha_{\text{пл}} + \Delta \alpha_{\text{ВП}}) \cdot (H'_{\text{ВП}} - H^0_{\text{ХВ}}) , \quad (22)$$

где $\alpha_{\text{т}}$ – коэффициент избытка воздуха в топке, принимается в зависимости от типа и вида топлива;

$\Delta \alpha_{\text{т}}$ – присосы воздуха в топке;

$\Delta \alpha_{\text{пл}}$ – присосы воздуха в системе пылеприготовления;

$\Delta \alpha_{\text{ВП}}$ – присосы воздуха в воздухоподогревателе;

$H'_{\text{ВП}}$ – энтальпия воздуха на входе в воздухоподогреватель, кДж/кг;

$H^0_{\text{ХВ}}$ – энтальпия холодного воздуха, кДж/кг.

Температура холодного воздуха при отсутствии специальных указаний принимается равной $t_{\text{х.в}} = 30^{\circ}\text{C}$.

$$H^0_{\text{ХВ}} = 39,8 \cdot V^0_{\text{в}} , \quad (23)$$

2.6.4 Физическое тепло топлива

Физическое тепло топлива учитывается при наличии предварительного подогрева мазута для обеспечения требуемой вязкости или сушки высоковлажных твердых топлив перед топкой котла

$$Q_{\text{ф.т}} = c_{\text{т.л}} \cdot t_{\text{т.л}} , \quad (24)$$

где $c_{\text{т.л}}$ – удельная теплоемкость топлива, кДж/кг $^{\circ}\text{K}$;

$t_{\text{т.л}}$ – температура топлива, $^{\circ}\text{C}$.

2.6.5 Теплоемкость мазута определяется по формуле

$$c_{\text{тл}}^{\text{м}} = 1,74 + 0,0025 \cdot t_{\text{т.л}}, \quad (25)$$

2.6.6 Теплоемкость твердых топлив определяется по формуле

$$c_{\text{тл}}^{\text{т}} = 0,0042 \cdot W^{\text{P}} + c_{\text{тл}}^{\text{с}} \cdot (1 - 0,01 \cdot W^{\text{P}}), \quad (26)$$

где $c_{\text{тл}}^{\text{с}}$ – теплоемкость сухой массы топлива, кДж/кг $^{\circ}\text{K}$ (см. приложение).

2.6.7 При сжигании жидкого топлива и использовании при этом форсунок с распыливающей средой, необходимо учитывать тепло $Q_{\text{п.ф}}$, кДж/кг, внесенное паром

$$Q_{\text{п.ф}} = G_{\text{п.ф}} \cdot (h_{\text{п.ф}} - 2520), \quad (27)$$

где $G_{\text{п.ф}}$ – удельный расход пара, направляемого на форсунки, составляет 0,3 – 0,5 кг/кг мазута;

$h_{\text{п.ф}}$ – энтальпия пара, кДж/кг, определяется по его параметрам.

2.6.8 Потери теплоты на разложение карбонатов $Q_{\text{к}}$ учитываются лишь при сжигании сланцев

2.6.9 Уравнение теплового баланса (см. п. 2.6.2) может быть выражено в процентах, посредством умножения его левой и правой части на множитель, % кг/кДж

$$\frac{100}{Q^{\text{P}}}, \quad (28)$$

Уравнение имеет вид

$$100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6, \quad (29)$$

2.6.10 Коэффициент полезного действия (брутто) η , % определяется из уравнения обратного теплового баланса

$$\eta_{\text{бр}} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6), \quad (30)$$

КПД брутто котельного агрегата также определяется по уравнению прямого баланса

$$\eta_{\text{бр}} = \frac{Q_1}{Q^P} \cdot 100 \% , \quad (31)$$

2.6.11 Потери теплоты с уходящим газами q_2 , % рассчитываются по зависимости

$$q_2 = \frac{(H_{\text{дг}} - \alpha_{\text{ух.г}} \cdot H^0_{\text{хв}}) \cdot (100 - q_4)}{Q^P} , \quad (32)$$

где $H_{\text{дг}}$ – энтальпия дымовых газов после последней поверхности нагрева, кДж/кг;

$\alpha_{\text{ух.г}}$ – коэффициент избытка воздуха после последней поверхности нагрева, $\alpha_{\text{ух.г}} = \alpha_{\text{вп}}$.

Потери с уходящими газами являются наибольшими, по сравнению с другими статьями тепловых потерь.

2.6.12 Потери теплоты с химическим недожогом топлива q_3

Потери теплоты с химическим недожогом топлива q_3 , %, обусловлены неполным протеканием химических реакций горения. Указанные потери зависят от вида топлива, способа его сжигания, совершенства топливосжигающих устройств, коэффициента избытка воздуха и уровня температур в топке. Значения q_3 , % выбираются из таблицы (приложение А).

2.6.13 Потери теплоты с механическим недожогом топлива q_4

Потери теплоты с механическим недожогом топлива q_4 , %, имеют место только при сжигании твердых топлив и обусловлены наличием в очаговых остатках твердых горючих частиц. При слоевом сжигании топлива основную долю в q_4 составляют потери теплоты со шлаком и провалом, а при факельном сжигании – потери с уносом. Тепловые потери q_4 являются вторыми по величине среди статей потерь теплоты. Их величина зависит от характеристик топлива, способа сжигания, конструкции топки и наличия возврата уноса. Значения q_4 выбирают из таблицы (приложение А).

2.6.14 Потери теплоты от наружного охлаждения q_5

Потери теплоты от наружного охлаждения q_5 , %, обусловлены превышением температуры наружных поверхностей котла над температурой окружающего воздуха и вследствие этого возникновением переноса теплоты. Величина потерь q_5 зависит от конструкции и теплопроводности обмуровки котла и выбирается в зависимости от его паропроизводительности (приложение).

2.6.15 Потери теплоты с физической теплотой удаляемого шлака q_6

Потери теплоты с физической теплотой удаляемого шлака q_6 , %, учитываются при жидком шлакоудалении, при слоевом и камерном сжигании многозольных топлив

$$q_6 = \frac{a_{\text{шл}} \cdot A^P \cdot (ct)_{\text{зл}}}{Q^P_P}, \quad (33)$$

где $a_{\text{шл}}$ – доля золы в шлаке; $a_{\text{шл}} = 1 - a_{\text{ун}}$, где $a_{\text{ун}}$ – доля золы в уносе; $(ct)_{\text{зл}}$ – энтальпия золы, кДж/кг, определяется при $t_{\text{зл}} = 600$ °С.

2.6.16 Полное полезное отданное тепло в котле $Q_{\text{пол}}$ (Q_1), кВт, выражается зависимостью

$$Q_{\text{пол}} = D_{\text{пп}} \cdot (h_{\text{пп}} - h_{\text{пв}}) + D_{\text{нп}} \cdot (h_{\text{нп}} - h_{\text{пв}}) + D_{\text{пр}} \cdot (h_{\text{кип}} - h_{\text{пв}}), \quad (34)$$

где $D_{\text{пп}}$ – расход перегретого пара, кг/с;
 $h_{\text{пп}}$ – энтальпия перегретого пара; кДж/кг;
 $h_{\text{пв}}$ – энтальпия питательной воды; кДж/кг;
 $D_{\text{нп}}$ – расход насыщенного пара, кг/с;
 $h_{\text{нп}}$ – энтальпия насыщенного пара; кДж/кг;
 $D_{\text{пр}}$ – расход воды на продувку, кг/с;
 $h_{\text{кип}}$ – энтальпия кипящей воды в барабане, кДж/кг (при температуре насыщения, соответствующей давлению в барабане).

$$D_{\text{пр}} = 0,01 \cdot p \cdot D_{\text{пп}}, \quad (35)$$

где p – процент непрерывной продувки, принимается от 2 до 5 %.

2.6.17 Определив тепловые потери и полезно отданное тепло, рассчитывают коэффициент полезного действия котла «брутто» (см. п. 2.6.10)

2.6.18 Определяется полный расход топлива, B , кг/с

$$B = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q^P \cdot \eta_{BP}} \cdot 100, \quad (36)$$

2.6.19 При сжигании твердого топлива определяется расчетный расход топлива, учитывающий механическую неполноту сгорания топлива, B_p , кг/с

$$B_p = B \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (37)$$

2.6.20 Определяется коэффициент сохранения теплоты

$$\varphi = 1 - \frac{q_5}{\eta_{BP} + q_5}, \quad (38)$$

Результаты расчета представляются в виде таблицы.

Таблица 3 – Результаты расчета

Определяемая величина	Обозначение	Размерность	Формула; ссылка на источник	Полученный результат
1	2	3	4	5

2.7 Поверочный расчет топочной камеры

Топочная камера предназначена для организации эффективного процесса горения топлива и передачи тепла излучением от продуктов сгорания к расположенным в ней поверхностям нагрева. Тепловой расчет топки предполагает определение температуры продуктов сгорания на выходе из топки.

Поверочный расчет топочной камеры производится в следующей последовательности.

✓ предварительно задаются температурой продуктов сгорания на выходе из топочной камеры $v''_T, ^\circ\text{C}$. Для твердого топлива принимается на 60°C меньше температуры начала деформации золы.

✓ для принятой температуры v''_T определяется энтальпия продуктов сгорания на выходе из топки (см. таблицу 2).

✓ рассчитывается полезное тепловыделение в топке.

Полезное тепловыделение в топке Q_T , кДж/кг рассчитывается по формуле

$$Q_T = Q_P^P \cdot \frac{100 \cdot q_3 - q_4 - q_6}{100 - q_4} + Q_B, \quad (39)$$

где Q_B – теплота, вносимая в топку воздухом (складывается из теплоты горячего воздуха и холодного, присосанного в топку), кДж/кг

$$Q_B = (\alpha_T - \Delta\alpha_T - \Delta\alpha_{пл}) \cdot N_{г.в}^0 + (\Delta\alpha_T + \Delta\alpha_{пл}) \cdot N_{х.в}^0, \quad (40)$$

где $N_{г.в}^0$ – энтальпия теоретически необходимого горячего воздуха, кДж/кг, определяется по таблице (см. таблицу 2) при рекомендуемых температурах подогрева воздуха (см. таблицу в приложении).

2.8 Определяется коэффициент тепловой эффективности экранов ψ

$$\psi = x \cdot \xi, \quad (41)$$

где x – угловой коэффициент экрана – отношение количества энергии, посылаемой на облучаемую поверхность, к энергии излучения всей полусферической излучающей поверхности. Угловой коэффициент показывает, какая часть полусферического лучистого потока, испускаемого одной поверхностью, падает на другую поверхность и зависит от формы и взаимного расположения тел, находящихся в лучистом теплообмене.

ξ – коэффициент, учитывающий снижение тепловосприятия экранных поверхностей нагрева вследствие их загрязнения наружными отложениями или закрытия огнеупорной изоляцией (см. таблицу в приложении).

Заключение

В методическом пособии рассмотрены расчеты коэффициентов избытка воздуха по газоходам котла, объемов воздуха и продуктов сгорания, энтальпии дымовых газов.

В тепловом балансе котлоагрегата производится расчет коэффициента полезного действия котла, расхода топлива и тепловых потерь по статьям расхода.

Список использованных источников

- 1 Александров В.Г. – Паровые котлы средней и малой мощности м-л: энергия, 1966 – 244с
- 2 Бронников А.И. – Ремонт паровых котлов большой мощности м-л: Энергоиздат. 1963 – 320с
- 3 Виленский Т.В. – Расчет систем золоулавливания и шлакозолоудаления м-л: Энергия, 1964 – 199с
- 4 Воздухоподогреватели котельных установок м-л: «Энергия», 1977 – 183с
- 5 Галкин В.И. , Куликов В.Е. – Эксплуатация и ремонт котельных установок: учебник для техникумов м-л: энергоатомиздат., 1983 – 240с
- 6 Дудников О.Н. – Методическое пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине «Котельные установки» г. Братск 2008г
- 7 Марзилова Т.Х. – Компонировка и тепловой расчет котлоагрегата: учебное пособие для вузов
- 8 Резников М.И. – «Котельные установки электростанций»г.Москва энергоатомиздат 1987г
- 9 Щеголев М.М. «Котельные установки» г. Москва 1972г
- 10 Эстеркин Р.И. «Промышленные котельные установки» г.Ленинград энергоатомиздат 1985г

Приложение А

Таблица А.1 – Энтальпии газообразных продуктов сгорания,
воздуха и золы

$t, ^\circ\text{C}$	$h_{\text{RO}_2},$ кДж/м ³	$h_{\text{N}_2},$ кДж/м ³	$h_{\text{O}_2},$ кДж/м ³	$h_{\text{H}_2\text{O}},$ кДж/м ³	$h_{\text{B}},$ кДж/м ³	$h_{\text{зл}},$ кДж/м ³
100	170	130	132	151	133	81
200	359	261	268	305	267	170
300	561	393	408	464	404	264
400	774	528	553	628	543	361
500	999	666	701	797	686	460
600	1226	806	852	970	832	562
700	1466	949	1008	1151	982	664
800	1709	1096	1163	1340	1134	769
900	1957	1247	1323	1529	1285	878
1000	2209	1398	1482	1730	1440	987
1100	2465	1550	1642	1932	1600	1100
1200	2726	1701	1806	2138	1760	1209
1300	2986	1856	1970	2352	1919	1365
1400	3251	2061	2133	2566	2083	1587
1500	3515	2171	2301	2789	2247	1764
1600	3780	2331	2469	3011	2411	1881
1700	4049	2490	2637	3238	2574	2070
1800	4317	2750	2805	3469	2738	2192
1900	4586	2814	2978	3700	2906	2334
2000	4859	2973	3150	3939	3074	2520
2100	5132	3137	3318	4175	3242	-
2200	5405	3301	3494	4414	3410	-

Таблица А.2 – Теплоемкость сухой массы топлива $C_{\text{тл}}^c$, кДж/кг $^{\circ}\text{C}$

Вид топлива	Температура, $^{\circ}\text{C}$				
	0	100	200	300	400
Антрациты и тощие угли	0,92	0,96	1,05	1,13	1,17
Каменный уголь	0,96	1,09	1,26	1,42	-
Бурый уголь	1,09	1,26	1,46	-	-
Сланцы	1,05	1,13	1,3	-	-
Фрезерный торф	1,30	1,51	1,80	-	-

Таблица А.3 – Потери теплоты от наружного охлаждения парового котла

Паропроизводительность, D, т/ч (кг/с)	Потери теплоты q_5 , %	
	Котел без хвостовых поверхностей	Котел с хвостовыми поверхностями
2 (0,56)	3,4	3,8
4 (1,11)	2,1	2,9
6 (1,67)	1,6	2,4
8 (2,22)	1,2	2,0
10 (2,78)	-	1,7
14 (3,88)	-	1,5
18 (5,00)	-	1,4
20 (5,56)	-	1,3
40 (11,11)	-	1,0
60 (16,67)	-	0,9
80 (22,22)	-	0,8
100 (27,78)	-	0,7
200 (55,56)	-	0,6
300 (83,33)	-	0,5
500 (138,89)	-	0,4