

WWW.JANKO.FRONT.RU

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

МОСКОВСКИЙ ордена ЛЕНИНА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра парогенераторостроения

Доцент Я. А. КАГАН

Утверждено
Учебным управлением МЭИ
в качестве учебного пособия
для студентов

ВОЗДУШНЫЙ БАЛАНС
СИСТЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ
И
РАСЧЕТ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Редактор проф. А. П. КОВАЛЕВ



Москва

1962

*К XX-летию юбилею энергомашиностроительного
факультета МЭИ.*

ПРЕДИСЛОВИЕ

При проектировании пылеугольной топki современного котельного агрегата приходится производить выбор и расчет горелочных устройств, а также решать вопрос о рациональной компоновке горелок в топке, обеспечивающей получение оптимальных — аэродинамики и теплового режима факела. Для выполнения расчета пылеугольных горелок, а также горелочных устройств для шахтно-мельничных топок необходимо знание воздушных потоков (горячего воздуха, пылевоздушной смеси, сбросного сушильного агента), поступающих в топку. Это в свою очередь требует выполнения расчета воздушного баланса системы пылеприготовления, базирующегося на данных теплового расчета сушильно-мельничной системы. В связи с тем, что в практике пылеприготовления и пылесжигания встречаются самые различные схемы — с подачей пыли сушильным агентом, горячим воздухом, при сушке топлива горячим воздухом, смесью горячего воздуха с топочными газами, при сушке топлива отходящими газами котлоагрегата с подачей пыли горячим воздухом — составление воздушного баланса для каждой из них имеет свои особенности.

В настоящей работе изложен метод расчета воздушного баланса для основных схем пылеприготовления, дан расчет горелочных устройств для основных типов горелок с учетом особенностей, характерных для некоторых из них.

Работа предназначена в качестве учебного пособия для студентов котло- и турбиностроительной специальности при выполнении ими типовых расчетов по системам пылеприготовления и курсовых проектов по курсам «Топливо и топki», «Котельные установки», а также для дипломников специальностей «Парогенераторостроение» и «Котельные установки».

Часть I

ВОЗДУШНЫЙ БАЛАНС ТОПКИ И СИСТЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ

1. Введение

Для выполнения расчета горелочных устройств необходимо знать расходы воздуха или сушильного агента через горелку, то есть должны быть заранее вычислены расход первичного воздуха (или влажной смеси), с помощью которого в горелку подается пыль, а также расход через горелку горячего вторичного воздуха. С этой целью, до расчета горелок, должен быть рассчитан воздушный баланс топki и системы пылеприготовления.

В зависимости от вида схемы пылеприготовления, от рода сушильного агента и способа подачи пыли в горелку, воздушный баланс будет составлять по-разному.

Ниже, в первой части работы, представлены основные случаи расчета воздушного баланса применительно к шести основным, наиболее распространенным и характерным схемам пылеприготовления. Эти схемы — три для ШБМ и три для ММ — следующие:

1. Схема пылеприготовления для ШБМ с промбункером при подаче пыли горячим воздухом и сбросе отработавшего сушильного агента в холостые горелки, сушильный агент — горячий воздух (рис. 1).

Эта схема рекомендуется для размолу АШ, ПА, а также может быть применена и для тощих углей.

2. Схема пылеприготовления с промбункером для ШБМ при подаче пыли в горелки отработавшим сушильным агентом, в качестве сушильного агента применен горячий воздух (рис. 2), либо в смеси с рециркулирующим агентом (рис. 2а).

Эта схема применяется при размолу относительно «сухих» топлив, подсушка которых вполне обеспечивается за счет тепла горячего воздуха. Сюда относятся такие топлива.

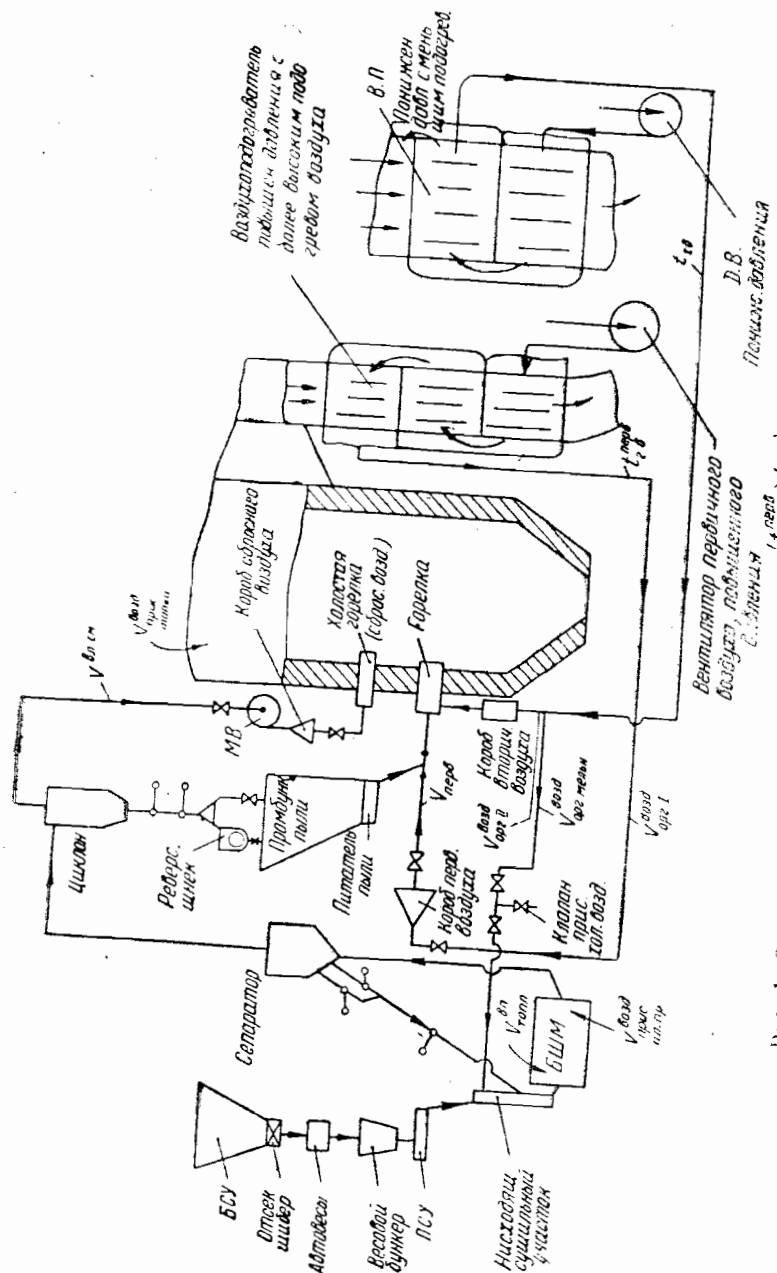


Рис. 1. Схема № 1 для ШБМ при подаче пыли горячим воздухом ($t_{гвб} > t_{гв}$)

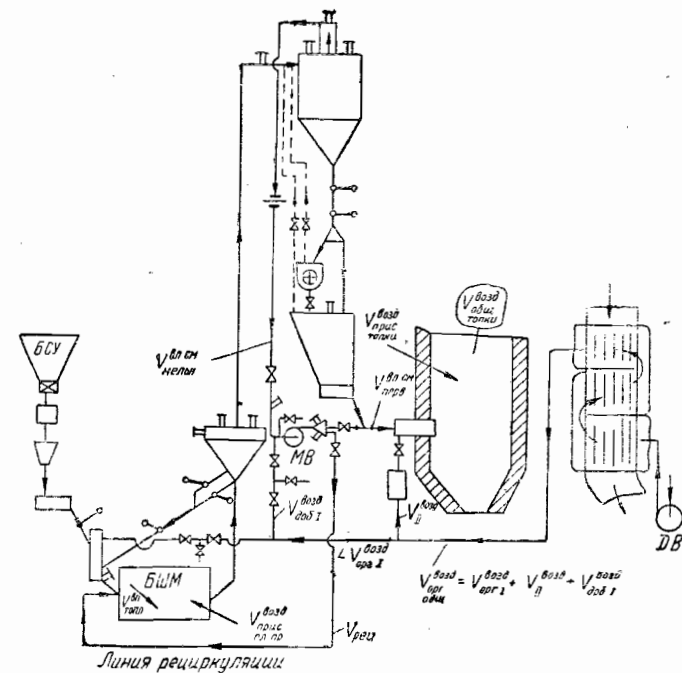


Рис. 2. Схема № 2 для ШБМ при сушке горячим воздухом и подаче пыли отработавшим сушильным агентом

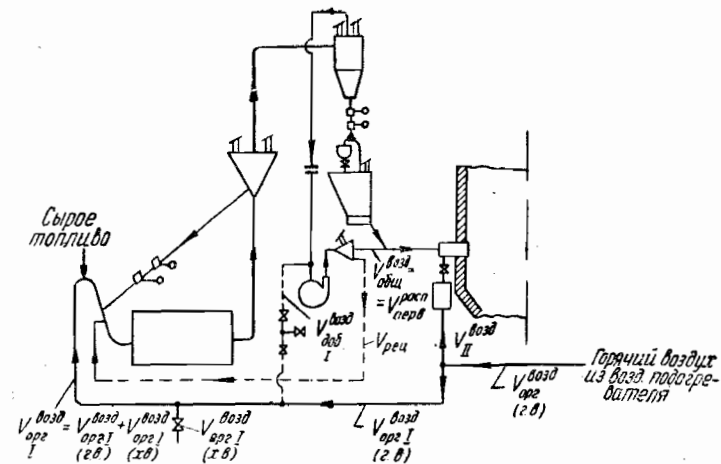


Рис. 2а. Схема № 2а для ШБМ при сушке смесью горячего воздуха, рециркулирующего агента и холодного воздуха

как каменные угли с повышенной зольностью и повышенным содержанием серы, отходы углеобогащения, сланцы, а также твердые бурые угли умеренной влажности.

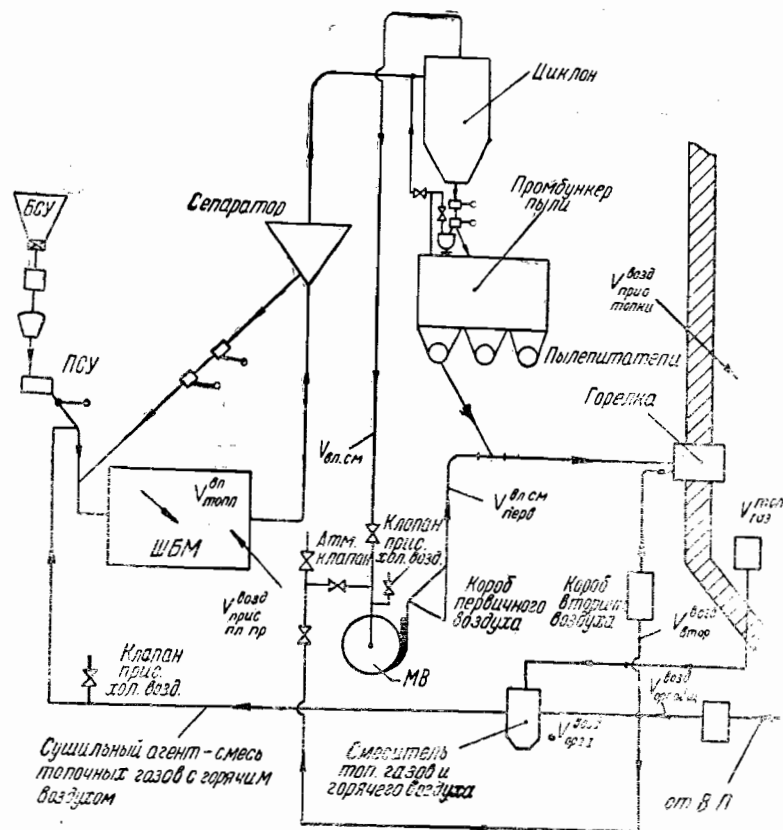


Рис. 3. Схема № 3 для ШБМ при сушке смесью топочных газов с горячим воздухом

3. Схема пылеприготовления с промбункером для ШБМ при подаче пыли отработавшим сушильным агентом, сушильный агент — смесь топочных газов с горячим воздухом (рис. 3).

Указанная схема применяется для размол влажных топлив, например влажных бурых углей (с повышенной влажностью) типа подмосковных.

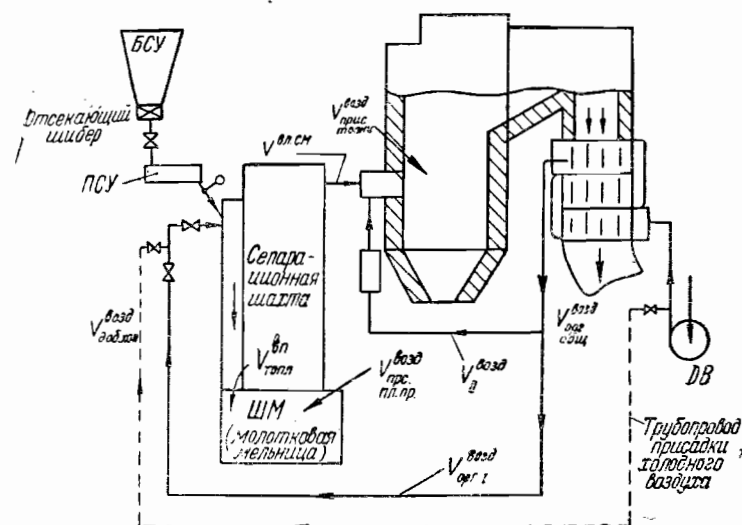


Рис. 4. Схема № 4 для ММ при сушке горячим воздухом

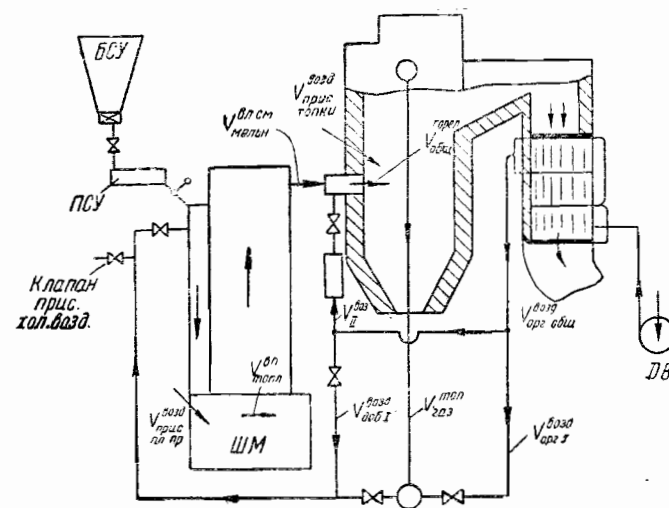


Рис. 5. Схема № 5 для ММ при сушке смесью топочных газов с горячим воздухом

4. Схема пылеприготовления с прямым вдуванием для шахтных (молотковых) мельниц при подсушке топлива горячим воздухом (рис. 4). Эта схема широко применяется при размоле мягких каменных углей с большим выходом летучих ($V^2 > 30\%$), бурых углей умеренной (типа челя-

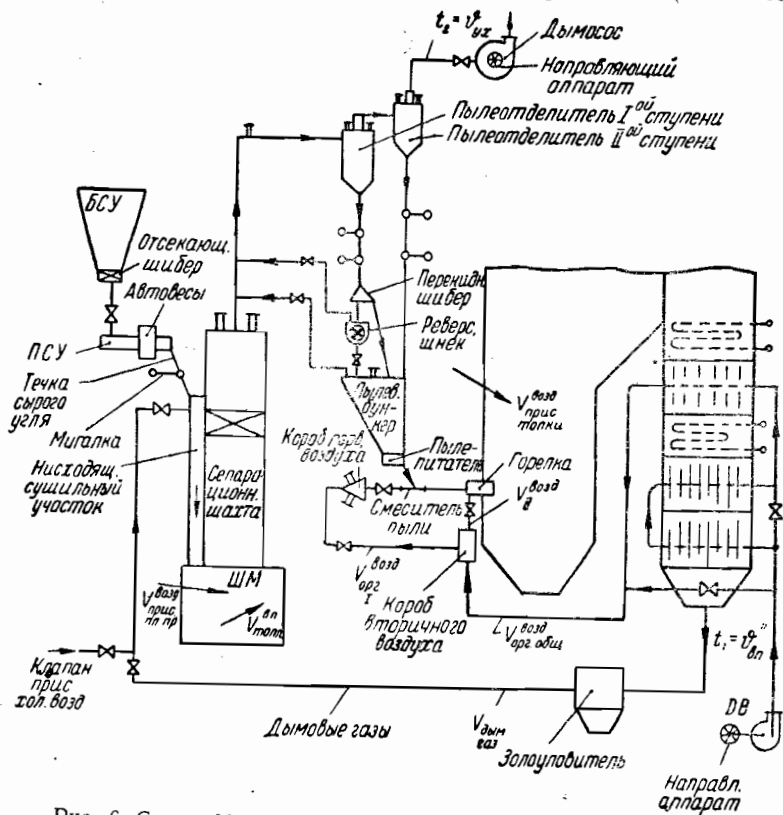


Рис. 6. Схема № 6 для ММ разомкнутая при сушке топлива отходящими газами котла

бинских) и повышенной влажности (типа подмосковных), а также при размоле сланцев и фрезерного торфа.

5. Схема пылеприготовления с прямым вдуванием для шахтных (молотковых) мельниц при подсушке топлива смесью топочных газов с горячим воздухом (рис. 5). Указанная схема применяется при размоле высоковлажных бурых углей (типа украинских бурых), например Александрий-

ского бурого (УССР), $W^p = 53\%$; Башкирского бурого ($W^p = 52\%$); Назаровского Б, (Красноярский край), $W^p = 40\%$. Отсос топочных газов осуществляется специальным эжекторным устройством за счет напора горячего первичного воздуха.

6. Схема пылеприготовления (см. рис. 6) представляет индивидуальную разомкнутую схему пылеприготовления для шахтных мельниц с подсушкой топлива отходящими дымовыми газами котлоагрегата и подачей пыли горячим воздухом; эта схема рекомендуется для размолы высоковлажных бурых углей ($W^p \geq 20 \frac{\%}{\text{тыс. ккал}}$) для котлов производительностью от 35 т/ч и выше.

Схема является разомкнутой после мельничного устройства, сброс отработанного сушильного агента (влажных дымовых газов) в атмосферу осуществляется, после очистки в двухступенчатом пылеуловителе, с помощью дымососов.

Регулирование температуры дымовых газов перед мельницей при изменении влажности угля или нагрузки котла производится за счет изменения тепловосприятия воздухоподогревателя, что достигается пропуском части (или всего) воздуха через обводные линии мимо первой ступени воздухоподогревателя непосредственно во вторую ступень, или мимо всего воздухоподогревателя.

2. Расчет воздушного баланса топки и системы пылеприготовления

а) Схема № 1 (рис. 1)

Для схемы пылеприготовления с ШБМ при подаче пыли горячим воздухом и сбросе отработанного сушильного агента (рис. 1) общее уравнение воздушного баланса системы пылеприготовления имеет следующий вид

$$V_{\text{общ тпк}}^{\text{возд}} = V_{\text{орг общ}}^{\text{возд}} + (V_{\text{прс тпк}}^{\text{возд}} + V_{\text{прс п.л. пр}}^{\text{возд}}) \text{ нм}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где $V_{\text{общ тпк}}^{\text{возд}}$ — общий часовой объем воздуха, поступающего в топку, $\text{нм}^3/\text{ч}$;

$V_{\text{орг общ}}^{\text{возд}}$ — общий часовой расход горячего воздуха, организованно подаваемого в систему пылеприготовления и в топку, $\text{нм}^3/\text{ч}$;

$V_{прс тпк}^{возд}$ — объем воздуха, поступающего в топку с присосами, $нм^3/ч$;

$V_{прс п.л. пр}^{возд}$ — объем воздуха, поступающего с присосами в систему пылеприготовления, $нм^3/ч$.

Величина $V_{орг общ}^{возд}$ представляет собою сумму следующих трех потоков организованно подаваемого горячего воздуха

$$V_{орг общ}^{возд} = V_{орг I}^{возд} + V_{орг мел}^{возд} + V_{II}^{возд} \quad нм^3/ч \quad (2)$$

где $V_{орг I}^{возд}$ или $V_{перв}$ — часовой объемный расход горячего первичного воздуха, служащего для подачи пыли в горелки топки (см. схему пылеприготовления, рис. 1), $нм^3/ч$;

$V_{орг мел}^{возд}$ — расход горячего воздуха, организованно подаваемого из воздухоподогревателя в мельницу в качестве сушильного агента, $нм^3/ч$;

$V_{II}^{возд}$ — расход горячего вторичного воздуха, подаваемого к горелкам, $нм^3/ч$.

Величина $V_{общ тпк}^{возд}$ определяется по формуле

$$V_{общ тпк}^{возд} = B_{кот} \cdot v^o \cdot \alpha_m \quad нм^3/ч, \quad (3)$$

величина $V_{прс тпк}^{возд}$ — по формуле

$$V_{прс тпк}^{возд} = B_{кот} \cdot v^o \cdot \Delta \alpha_m \quad нм^3/ч \quad (4)$$

и величина $V_{прс п.л. пр}^{возд}$ — по формуле

$$V_{прс п.л. пр}^{возд} = z_m \cdot B_m \cdot \frac{g_1 \cdot k_{прс}}{\gamma_{ов}} \quad нм^3/ч. \quad (5)$$

Общее количество организованно подаваемого воздуха $V_{орг общ}^{возд}$ определяется соотношением

$$V_{орг общ}^{возд} = V_{общ тпк}^{возд} - (V_{прс тпк}^{возд} + V_{прс п.л. пр}^{возд}) \quad нм^3/ч, \quad (6)$$

или

$$V_{орг общ}^{возд} = B_{кот} (\alpha_m - \Delta \alpha_m) v^o - z_m \cdot B_m \cdot \frac{g_1 \cdot k_{прс}}{\gamma_{ов}} \quad нм^3/ч. \quad (7)$$

Величина $V_{орг I}^{возд}$ или $V_{перв}$ определяется по формуле

$$V_{орг I}^{возд} = V_{перв} = \frac{r_{перв}}{100} \cdot V_{общ тпк}^{возд} \quad нм^3/ч, \quad (8)$$

где $r_{перв}$ — доля первичного воздуха в % от общего расхода воздуха, поступающего в топку, определяемая по данным таблицы 1 [1], %.

Таблица 1

Рекомендуемое количество первичного воздуха $r_{перв}$, от $V_{общ тпк}^{возд}$, %

Гопливо	Выход летучих V^2 , %	Процент первичного воздуха от общего количества воздуха, подаваемого в топку, $r_{перв}$, %	
		пылеугольные топки	шахтно-мельничные топки
АШ и полуантрациты	2÷9	11÷20*	—
Тоший уголь	10÷17	15÷25	—
Каменные угли	17÷30	19÷30	—
Каменные угли	30÷50	22÷45	30÷45
Бурые угли	35	30÷45	40÷50
Сланцы	80÷90	37÷60	50÷60
Фрезерный торф	70	—	50÷70

Расход горячего воздуха, подаваемого в мельницы в качестве сушильного агента, определяется по формуле

$$V_{орг мел}^{возд} = z_m \cdot B_m \cdot \frac{g_1}{\gamma_{ов}} \quad нм^3/ч. \quad (9)$$

Расход вторичного воздуха, подаваемого к горелкам, определяется из выражения

$$V_{II}^{возд} = V_{орг общ}^{возд} - V_{перв} - V_{орг мел}^{возд} \quad нм^3/ч. \quad (10)$$

* При подаче пыли горячим воздухом количество первичного воздуха может быть взято большим на величину до 20÷25%, то есть

$$r_{перв треб макс} = 24 \div 25\%.$$

Объемное количество сбросного воздуха в отработанном сушильном агенте составляет

$$V_{сбр мел}^{возд} = V_{орг мел}^{возд} + V_{прс п.л}^{возд} \quad \text{нм}^3/\text{ч}, \quad (11)$$

или

$$V_{сбр мел}^{возд} = z_m \cdot B_m \cdot v_{сбр}^{возд} \quad \text{нм}^3/\text{ч}, \quad (12)$$

где $v_{сбр}^{возд}$ — объем воздуха на 1 кг сырого топлива во влажном сушильном агенте перед мельничным вентилятором, $\text{нм}^3/\text{кг ср тл}$

$$v_{сбр}^{возд} = \frac{g_1 \cdot (1 + k_{прс})}{\gamma_{ов}} \quad \text{нм}^3/\text{кг ср тл}. \quad (13)$$

Объемное количество водяных паров, образовавшихся вследствие испарения влаги топлива в системе пылеприготовления и содержащихся в отработанном сушильном агенте, равно

$$V_{т.л}^{вп} = z_m \cdot B_m \cdot v_{т.л}^{вп} = z_m \cdot B_m \cdot \frac{\Delta W}{0,804} \quad \text{нм}^3 \text{ в п.ч.}, \quad (14)$$

где $v_{т.л}^{вп}$ — объемное количество водяных паров на 1 кг сырого топлива, $\text{нм}^3 \text{ в п.ч.}/\text{кг ср тл}$,

$$v_{т.л}^{вп} = \frac{\Delta W}{0,804} \quad \text{нм}^3 \text{ в п.ч.}/\text{кг ср тл}, \quad (15)$$

причем ΔW — количество испаренной влаги на 1 кг сырого топлива, $\text{кг}/\text{кг}$, равно

$$\Delta W = \frac{W^p - W^{п.л}}{100 - W^{п.л}} \quad \text{кг}/\text{кг}. \quad (16)$$

Общее количество сбрасываемой влажной смеси, поступающей с отработанным сушильным агентом через холодные (сбросные) горелки в топку, равно

$$V_{вл см} = V_{сбр мел}^{возд} + V_{т.л}^{вп} \quad \text{нм}^3 \text{ в л см.ч.} \quad (17)$$

Примечание. В целях контроля величина $V_{вл см}$ может быть подсчитана по формуле

$$V_{вл см} = z_m \cdot B_m \cdot v_{вл см} \quad \text{нм}^3 \text{ в л см.ч.}, \quad (18)$$

где $v_{вл см}$ — объемное количество влажной смеси на 1 кг сырого топлива, равное сумме количеств воздуха в сбросном сушильном агенте ($v_{сбр}^{возд}$) и водяных паров топлива ($v_{т.л}^{вп}$), $\text{нм}^3/\text{кг}$

$$v_{вл см} = v_{сбр}^{возд} + v_{т.л}^{вп} = \left(\frac{1 + k_{прс}}{\gamma_{ов}} g_1 + \frac{\Delta W}{0,804} \right) \quad \text{нм}^3/\text{кг}, \quad (19)$$

где $\gamma_{ов}$ — удельный вес воздуха, который принимается равным для обычного влагосодержания воздуха $d_a = 10 \text{ г}/\text{кг}$, $\text{кг}/\text{нм}^3$,
 $\gamma_{ов} = 1,285 \text{ кг}/\text{нм}^3$.

При подаче пыли горячим воздухом, рекомендуемой при размоле АШ, ПА и применяемой также для тощих углей, действительный объем горячего первичного воздуха, с учетом его температуры, то есть выраженный не в $\text{нм}^3/\text{ч}$, а в $\text{м}^3/\text{ч}$, определяется следующим соотношением

$$V_{перв т} = V_{перв} \cdot \frac{273 + t_{см}}{273} \quad \text{м}^3/\text{ч}, \quad (20)$$

где $t_{см}$ — температура горячей пылевоздушной смеси после смешения пыли с горячим воздухом, $^{\circ}\text{C}$.

Из уравнения смешения имеем

$$V_{перв} (c_{гв} t_{гв} - c_{см} t_{см}) = B_{п.л} c_{п.л} (t'_{п.л} - t''_{п.л}), \quad \text{ккал}/\text{ч}. \quad (21)$$

Здесь $B_{п.л}$ — количество пыли, подаваемое пылепитателями к горелкам, $\text{кг}/\text{ч}$, равное

$$B_{п.л} = B_{ком} \cdot \frac{Q_n^p}{(Q_n^p)_{п.л}} - \frac{100 - \eta_{цикл}}{100} \cdot z_m \cdot B_m \quad \text{кг}/\text{ч}, \quad (22)$$

где $\eta_{цикл}$ — к.п.д. циклона. Последний принимается равным:

для циклона типа ЦККБ — 80—90%, в среднем 85%.

для циклона типа НИИОГАЗ — 90—95%, в среднем 93%.

$(Q_n^p)_{п.л}$ — теплота сгорания пыли, $\text{ккал}/\text{кг}$, равная

$$(Q_n^p)_{п.л} = (Q_n^p + 6W^p) \cdot \frac{100 - W^{п.л}}{100 - W^p} - 6W^{п.л} \quad \text{ккал}/\text{кг} \quad (22a)$$

Учитывая, что температура пыли $t''_{п.л}$, нагретой транспортирующим горячим воздухом, может быть принята равной $t''_{п.л} = t_{см} - 10^{\circ}\text{C}$, получаем

$$V_{перв} \cdot c_{гв} \cdot t_{гв} - V_{перв} \cdot c_{см} \cdot t_{см} = B_{п.л} \cdot c_{п.л} \cdot (t_{см} - 10) - B_{п.л} \cdot c_{п.л} \cdot t'_{п.л},$$

откуда находим

$$t_{см} = \frac{V_{перв} \cdot c_{гв} \cdot t_{гв} + B_{п.л} \cdot c_{п.л} \cdot (t'_{п.л} + 10)}{V_{перв} \cdot c_{см} + B_{п.л} \cdot c_{п.л}} \quad ^{\circ}\text{C}. \quad (23)$$

Теплоемкость пыли $c_{п.л}$ определяется по формуле

$$c_{п.л} = \frac{W_{п.л}}{100} + \frac{100 - W_{п.л}}{100} \cdot c_{т.л} \text{ ккал/кг } ^\circ\text{C}, \quad (24)$$

причем теплоемкость сухой массы топлива $c_{т.л}$ берется равной:

для антрацита и тощих углей — 0,22 ккал/кг град
для каменных углей — 0,26 ккал/кг град
для бурых углей и фрезторфа — 0,27 ккал/кг град
для сланцев — 0,21 ккал/кг град.

Температура пыли, ($t'_{п.л}$), поступающей из пылевого бункера в пылепровод, берется равной

$$t'_{п.л} \approx t_2 - 20^\circ\text{C},$$

где t_2 — температура в конце установки.

Общее количество первичного и вторичного воздуха, поступающего в горелки и выходящего из них в топку, составляет

$$V_{гор\ общ} = V_{перв} + V_{возд\ II} \text{ н.м}^3 \text{ возд./ч.} \quad (25)$$

Суммарный расход по всем потокам, поступающим в топку, определяется по соотношению

$$V_{тпк} = V_{возд\ общ\ тпк} + V_{еп\ т.л} \text{ н.м}^3 \text{ ч.} \quad (26)$$

либо, для контроля, по формуле

$$V_{тпк\ общ} = V_{гор\ общ} + V_{возд\ прс\ тпк} + V_{вл\ см} \text{ н.м}^3/\text{ч.} \quad (27)$$

Действительный объем горячего вторичного воздуха равен

$$V_{II, t} = V_{II} \cdot \frac{273 + t_{28}}{273} \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (28)$$

Действительный объем сбросной влажной смеси равен

$$V_{i, см} = V_{вл\ см} \cdot \frac{273 + t_{сбр}}{273} \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (29)$$

где $t_{сбр}$ — температура сбросной влажной смеси, $^\circ\text{C}$, равная

$$t_{сбр} = t_2 = t'_{п.л} - 10^\circ\text{C}. \quad (30)$$

б) Схема № 2 (рис. 2)

Для схемы пылеприготовления с промбункером для ШБМ с подачей пыли отработавшим сушильным агентом при сушильном агенте — горячем воздухе (рис. 2) общее уравнение воздушного баланса выражается формулой (1), в которой $V_{возд\ орг\ общ}$ — общий расход организованно подаваемого в систему пылеприготовления и в топку горячего воздуха, представляет в общем случае сумму трех потоков воздуха, н.м³/ч

$$V_{возд\ орг\ общ} = V_{возд\ орг\ I} + V_{II} + V_{возд\ дооб\ I} \text{ н.м}^3/\text{ч.} \quad (31)$$

Величина общего количества воздуха, поступающего в топку, $V_{возд\ общ\ тпк}$ определяется по формуле (3), величина $V_{возд\ прс\ тпк}$ — по формуле (4), а величина $V_{возд\ прс\ п.л\ пр}$ — по формуле (5). Величина $V_{возд\ орг\ общ}$ может быть найдена по формуле (6).

В свою очередь, объемное количество $V_{возд\ орг\ I}$, организованно подаваемого в систему пылеприготовления горячего первичного воздуха, составляет

$$V_{возд\ орг\ I} = z_{ж} \cdot B_{ж} \cdot \frac{g_1}{100} \text{ н.м}^3/\text{ч.} \quad (32)$$

Общее объемное количество воздуха в отработанном сушильном агенте в конце мельничной установки составляет

$$V_{возд\ общ\ мел} = V_{возд\ орг\ I} + V_{возд\ прс\ п.л\ пр} \text{ н.м}^3/\text{ч.} \quad (33)$$

Полученное количество воздуха $V_{возд\ общ\ мел}$ является располагаемым количеством первичного воздуха $V_{расп\ перв}$

$$V_{возд\ общ\ мел} = V_{расп\ перв} \text{ н.м}^3/\text{ч.}$$

По этому значению располагаемого количества первичного воздуха должна быть вычислена располагаемая величина $r_{расп\ перв}$ — доли первичного воздуха [см. формулу (8)]

$$r_{расп\ перв} = \frac{V_{расп\ перв}}{V_{возд\ общ\ тпк}} \cdot 100\%, \quad (34)$$

причем полученное значение $r_{расп\ перв}$ должно быть увязано с рекомендуемыми значениями величины $r_{рек\ перв}$, пределы которой для разных типов топлива указаны в таблице 1 (см. стр. 13).

Если $r_{расп\ перв}$ оказывается в пределах рекомендуемых значений $r_{рек\ перв}$, то это означает, что выполненный расчет системы пылеприготовления является правильным и пересчету не подлежит. В этом случае никакого добавочного воздуха подавать ко всасу мельничного вентилятора не требуется $V_{возд\ доб\ I} = 0$, а следовательно, необходимое количество вторичного воздуха определяется из соотношения

$$V_{возд\ II} = V_{возд\ орг\ общ} - V_{возд\ орг\ I} \quad \text{н.м}^3/\text{ч.} \quad (35)$$

В тех случаях, когда полученное по формуле значение $r_{расп\ перв}$ не укладывается в пределы рекомендуемой величины $r_{рек\ перв}$, указанной в таблице 1, необходимо сделать соответствующие пересчеты. При этом могут быть два случая:

1-случай

$$r_{расп\ перв} < r_{треб\ перв},$$

то есть когда полученное (располагаемое) значение $r_{расп\ перв}$ меньше нижнего предела $r_{треб\ перв}$, рекомендуемого для данного топлива;

2-случай

$$r_{расп\ перв} > r_{треб\ перв}.$$

то есть когда $r_{расп\ перв}$ больше, чем верхний предел значения $r_{треб\ перв}$, указанного в таблице.

В первом случае, при $r_{расп\ перв} < r_{треб\ перв}$, количество $V_{расп\ перв}$ должно быть увеличено до $V_{треб\ перв}$, равного

$$V_{треб\ перв} = \frac{r_{треб\ перв}}{100} \cdot V_{возд\ общ\ тпк} \quad \text{н.м}^3/\text{ч.}, \quad (36)$$

что достигается добавлением ко всасу мельничного вентилятора соответствующего количества горячего воздуха (см. схему 2, рис. 2), равного

$$V_{возд\ доб\ I} = V_{треб\ перв} - V_{возд\ общ\ мел} \quad \text{н.м}^3/\text{ч.} \quad (37)$$

В этом случае общее количество первичного воздуха во влажной смеси (в отработавшем сушильном агенте) составит величину

$$V_{возд\ общ\ I} = V_{треб\ перв} = V_{возд\ общ\ мел} + V_{возд\ доб\ I} \quad \text{н.м}^3/\text{ч.} \quad (38)$$

Потребное количество вторичного воздуха в этом случае определяется из соотношения

$$V_{возд\ II} = V_{возд\ общ\ тпк} - V_{возд\ общ\ I} - V_{возд\ прс\ тпк} \quad \text{н.м}^3/\text{ч.}, \quad (39)$$

либо по формуле

$$V_{возд\ II} = V_{возд\ орг\ общ} - V_{возд\ орг\ I} - V_{возд\ доб\ I} \quad \text{н.м}^3/\text{ч.} \quad (40)$$

Во втором случае при $r_{расп\ перв} > r_{треб\ перв}$ должен быть сделан пересчет системы пылеприготовления (пересчет теплового баланса) с целью уменьшения величины $g_1 \left(\frac{\text{н.м}^3}{\text{кг}} \right)$ — расхода сушильного агента.

Для этого необходимо либо несколько уменьшить t_2 — температуру сушильного агента в конце установки, но не ниже, чем до величины

$$t_2^{мин} = t_{т\ p} - 5^\circ\text{C}, \quad (41)$$

где $t_{т\ p}$ — температура точки росы влажного сушильного агента, либо, если это возможно, повысить начальную температуру сушильного агента t_1 (то есть для данной схемы повысить температуру горячего воздуха, $t_{г\ в}$), либо, наконец, несколько повысить влажность пыли $W^{н.л}$, для каменных углей до

$$W^{н.л} = W^a + 1\%, \quad (42)$$

для бурых углей до

$$W^{н.л} = W^a + 8\%. \quad (43)$$

При пересчете должно быть выполнено условие равенства величины $V_{возд\ общ\ мел} = V_{возд\ общ\ I}$ величине $V_{треб\ перв}$, определяемой формулой (36) хотя бы для максимального из рекомендуемых в таблице 1 значений $r_{треб\ перв}$.

Естественно, что во втором случае (то есть при $r_{расп\ перв} > r_{треб\ перв}$) величина $V_{возд\ доб\ I} = 0$, и необходимое количество вторичного воздуха после произведенного пересчета системы пылеприготовления вычисляется по соотношению (39).

Объемное количество водяных паров, поступающих в топку с испаренной влагой топлива, определяется по формулам (14), (15), (16).

Объемное количество влажной смеси в конце мельничной установки (до всаса МВ) составляет

$$V_{\text{мел.1}}^{\text{вл. см}} = V_{\text{возд. мел.1}}^{\text{возд}} + V_{\text{пл.1}}^{\text{вл. пл}} \text{ нм}^3/\text{ч}. \quad (44)$$

Для контроля величина $V_{\text{мел.1}}^{\text{вл. см}}$ может быть подсчитана по формулам (18), (19).

Объемное количество первичной влажной смеси, подаваемой из короба первичного воздуха в пылепроводы и в горелки в общем случае при наличии потока $V_{\text{возд. доб.1}}^{\text{возд}}$ составляет

$$V_{\text{перв.1}}^{\text{вл. см}} = V_{\text{мел.1}}^{\text{вл. см}} + V_{\text{доб.1}}^{\text{возд}} \text{ нм}^3/\text{ч}. \quad (45)$$

В частном случае, при $V_{\text{доб.1}}^{\text{возд}} = 0$, получаем

$$V_{\text{перв.1}}^{\text{вл. см}} = V_{\text{мел.1}}^{\text{вл. см}} \text{ нм}^3/\text{ч}.$$

Общее объемное количество влажной первичной смеси и горячего вторичного воздуха, поступающих в горелки и выходящих из горелок в топку, составляет

$$V_{\text{общ.1}}^{\text{гор}} = V_{\text{перв.1}}^{\text{вл. см}} + V_{\text{II}}^{\text{возд}} \text{ нм}^3/\text{ч}. \quad (46)$$

Суммарный объемный расход по всем потокам, поступающим в топку, составляет

$$V_{\text{общ.1}}^{\text{тлх}} = V_{\text{общ.1}}^{\text{возд}} + V_{\text{тл.1}}^{\text{вл. пл}} \text{ нм}^3/\text{ч}; \quad (47)$$

для контроля может быть применено другое выражение

$$V_{\text{общ.1}}^{\text{тлх}} = V_{\text{общ.1}}^{\text{гор}} + V_{\text{прис. тлх}}^{\text{возд}} \text{ нм}^3/\text{ч}. \quad (48)$$

Действительные с учетом температуры объемы потоков, поступающих в горелки, — влажной первичной смеси $V_{\text{перв.1}}^{\text{вл. см}}$ и горячего вторичного воздуха $V_{\text{II}}^{\text{возд}}$, выраженные в $\text{м}^3/\text{ч}$, определяются по соотношениям

$$V_{\text{перв.1}}^{\text{вл. см}} = V_{\text{перв.1}}^{\text{вл. см}} \cdot \frac{273 + t_2}{273} \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (49)$$

а $V_{\text{II}}^{\text{возд}}$ — по формуле (28).

О рециркуляции части отработавшего сушильного агента

В тех случаях, когда расход сушильного агента недостаточен для обеспечения рекомендуемой скорости вентиляции в барабане, приходится осуществлять рециркуляцию части отработавшего сушильного агента из нагнетательного короба МВ к выходной горловине ШБМ.

Необходимое количество рециркулирующего сушильного агента $V_{\text{рец}}$ (в $\text{нм}^3/\text{ч}$) может быть найдено по соотношению

$$V_{\text{рец}} = V_{\text{МВ}}^{\text{треб}} - V_{\text{МВ}}^{\text{расч}} \text{ нм}^3/\text{ч}. \quad (50)$$

Здесь $V_{\text{МВ}}^{\text{треб}}$ — необходимый расход сушильного агента через барабан мельницы, или, что то же, требующаяся по условиям размола производительность мельничного вентилятора, обеспечивающая нормальную скорость воздуха в барабане (надлежащую его вентиляцию и вынос пыли из зоны размола), $\text{нм}^3/\text{ч}$

$$V_{\text{МВ}}^{\text{треб}} = \omega_6 \cdot 3600 \cdot f_6 \cdot \frac{273}{273 + t''_{\text{м}}} \text{ нм}^3/\text{ч}, \quad (51)$$

где ω_6 — необходимая скорость в мельнице, условная, то есть отнесенная ко всему поперечному сечению барабана, принимаемая для ШБМ обычных типоразмеров (производительностью до 16 т/ч по АШ): для АШ-1,2—1,7 м.сек , для тощего и каменных углей—1,5—2,0 м.сек , для бурых углей—2—3,5 м.сек .

Для ШБМ больших типоразмеров (производительностью по АШ $25 \div 50 \text{ т/ч}$ и выше) величина ω_6 принимается в 1,5—2 раза больше указанных величин.

$f_6 = \frac{\pi \cdot D_6^2}{4}$ — площадь поперечного сечения барабана мельницы, м^2 ;

$t''_{\text{м}}$ — температура сушильного агента за мельницей, $^{\circ}\text{C}$.

Практически для определения величины $V_{\text{МВ}}^{\text{треб}}$ применяется рекомендуемая Нормами пылеприготовления эмпирическая формула

$$V_{\text{МВ}}^{\text{треб}} = V_{\text{бар}} \cdot (1000 \sqrt{k_{10}} + 36 R_{90} \cdot \sqrt{k_{10}} \cdot \sqrt{\psi_6})^3 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (51a)$$

где $V_{\text{бар}}$ — объем барабана ШБМ, равный $V_{\text{бар}} = f_6 \cdot L_6 \cdot \text{м}^3$;
 k_{10} — лабораторный коэффициент размолоспособности топлива;

R_{90} — тонкость помола, $\%$;

ψ_6 — в долях единицы — степень заполнения барабана шарами;

$V_{расп\ MB}$ — располагаемый расход отработанного сушильного агента, определяемый соотношением,

$$V_{расп\ MB} = 1000 \cdot B_m \cdot v_{вл\ см} \text{ нм}^3/\text{ч}, \quad (52)$$

где $v_{вл\ см}$ — объем влажного сушильного агента на 1 кг сырого топлива [см. формулу (19)] (определяемый из теплового баланса сушильно-мельничной системы), $\text{нм}^3/\text{кг}$.

По найденной величине $V_{рец}$ может быть вычислено значение $r_{рец}$ — доли рециркулирующего отработанного агента, приходящейся на 1 кг сушильного агента (то есть на 1 кг смеси горячего воздуха и рециркулирующего отработанного агента)

$$r_{рец} = \frac{G_{рец}}{G_{гв} + G_{рец}} = \frac{V_{рец} \cdot \gamma_{орец}}{V_{гв} \cdot \gamma_{гв} + V_{рец} \cdot \gamma_{орец}} \text{ кг рец аг./кг с а(смеси)}, \quad (53)$$

$V_{гв}$ — расход горячего воздуха определяется по найденной при тепловом расчете системы пылеприготовления величине g_1 , $\text{кг г в./кг ср тл. нм}^3/\text{ч}$

$$V_{гв} = 1000 \cdot B_m \cdot \frac{g_1}{\gamma_{гв}} \text{ нм}^3/\text{ч}, \quad (54)$$

где $\gamma_{гв} = 1,285$ — удельный вес воздуха (при влагосодержании $d = 10 \text{ г/кг}$), кг/нм^3 ; $\gamma_{орец}$ — удельный вес рециркулирующего отработанного сушильного агента, кг/нм^3 , определяется по соотношению

$$\gamma_{орец} = \frac{g_{вл\ см}}{v_{вл\ см}} \text{ кг/нм}^3, \quad (55)$$

где $g_{вл\ см}$ — вес влажной смеси на 1 кг сырого топлива, $\text{кг вл см./кг ср тл.}$

$$g_{вл\ см} = (1 + k_{прс}) \cdot g_1 + \Delta W \text{ кг вл см./кг ср тл.} \quad (56)$$

Таким образом,

$$\gamma_{орец} = \frac{(1 + k_{прс}) g_1 + \Delta W}{\frac{1 + k_{прс}}{\gamma_{гв}} \cdot g_1 + 0,804} \text{ кг/нм}^3. \quad (55a)$$

При наличии рециркуляции начальная температура сушильного агента, поступающего в мельницу, t_1 , вычисленная как температура смеси — горячего воздуха и рециркулирующего отработанного агента, может быть найдена из соотношения

$$r_{рец} \cdot c_{рец}(t_1) + r_{гв} \cdot c_{гв}(t_1) = c_{са} \cdot t_1, \quad (57)$$

$$\text{где } r_{гв} = 1 - r_{рец} \quad (58)$$

доля горячего агента в сушильном агенте (в смеси горячего воздуха с рециркулирующим сушильным агентом), кг/кг ;

$c_{рец}(t_1)$ и $c_{гв}(t_1)$ — теплоемкость рециркулирующего агента и горячего воздуха при температуре t_1 , $\text{ккал/кг}^\circ\text{С}$.

Примечание. Для контроля значения $r_{рец}$ и $r_{гв}$ могут быть вычислены также из следующих соотношений: из уравнения теплосодержания смеси горячего воздуха с рециркулирующим агентом.

$$c_{рец} \cdot t_{рец} \cdot r_{рец} + c_{гв} \cdot t_{гв} \cdot (1 - r_{рец}) = c_{са} \cdot t_1 \text{ ккал/кг}$$

имеем

$$r_{рец} = \frac{c_{гв} \cdot t_{гв} - c_{са} \cdot t_1}{c_{гв} \cdot t_{гв} - c_{рец} \cdot t_{рец}} \text{ кг рец аг./кг ср тл.}, \quad (59)$$

причем $t_{рец} = t_2$ (температура в конце мельничной установки, то есть у мельничного вентилятора).

Доля горячего воздуха в смеси сушильного агента определяется соотношением (58).

в) Схема № 2а (рис. 2а)

Общее уравнение воздушного баланса выражается формулой

$$V_{возд\ орг\ так} = V_{возд\ орг\ общ} + (V_{возд\ прс\ тпк} + V_{возд\ прс\ п.л\ пр}) \text{ нм}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где $V_{возд\ орг\ общ}$ — общий расход организованно подаваемого воздуха в систему пылеприготовления и к горелкам, для данной схемы равен

$$V_{возд\ орг\ общ} = \frac{V_{возд\ орг\ I(гв)} + V_{возд\ орг\ I(хв)}}{V_{возд\ орг\ I}} + V_{возд\ II} + V_{возд\ дооб\ I} \text{ нм}^3/\text{ч}. \quad (31a)$$

Здесь $V_{орг I(гв)}^{возд}$ — количество горячего воздуха, органи-
ванно подаваемого в систему пылеп-
готовления в качестве сушильного аген-
та, $н.м^3/ч$;

$V_{орг I(хв)}^{возд}$ — количество холодного воздуха, пода-
емого в короб горячего сушильного
агента (см. схему № 2а, рис. 2а), $н.м^3/ч$,
определяемое по формулам

$$V_{орг I(гв)}^{возд} = \frac{z_m \cdot B_m}{\gamma_{ог}} \cdot g_1 \cdot r_{гв} \quad н.м^3/ч, \quad (а)$$

$$V_{орг I(хв)}^{возд} = \frac{z_m \cdot B_m}{\gamma_{ог}} \cdot g_1 \cdot r_{хв} \quad н.м^3/ч, \quad (б)$$

$$V_{орг I}^{возд} = \frac{z_m \cdot B_m}{\gamma_{ог}} \cdot g_1 \cdot (r_{гв} + r_{хв}) \quad н.м^3/ч. \quad (в)$$

Состав сушильного агента выражается формулой

$$r_{гв} + r_{хв} + r_{рец} = 1,$$

где $r_{гв}$, $r_{хв}$ и $r_{рец}$ — соответственно доля горячего, холод-
ного воздуха и рециркулирующего
агента в одном кг сушильного аген-
та, кг/кг.

При размоле относительно сухих каменных углей по
схеме № 2а ориентировочные значения $r_{хв}$ и $r_{рец}$ могут
быть оценены величинами

$$r_{хв} \approx 0,10 \div 0,30, \quad r_{рец} \approx 0,10 \div 0,20.$$

Рециркуляция сушильного агента применяется при необ-
ходимости увеличения скорости вентиляции в барабане
(ω_0), что имеет место при размоле относительно сухих
углей, когда расход горячего воздуха по условиям суши-
оказывается небольшим и является недостаточным для
обеспечения надлежащей вентиляции барабана. Определе-
ние доли рециркулирующего агента $r_{рец}$ — см. выше, в п. б.).

Добавка холодного воздуха к горячему, идущему на
сушку, применяется в тех случаях, когда необходимо
увеличить количество первичного воздуха путем сниже-
ния температуры сушильного агента t_1 . Величины $t_{гв}$, $t_{хв}$,
 $g_{пер}$, g_1 , t_1 бывают при этом известны из теплового ба-
ланса СМС. Искомые значения доли горячего и холодно-

го воздуха $r_{гв}$ и $r_{хв}$ находятся при этом из следующих
двух уравнений

$$r_{гв} \cdot c_{гв} \cdot t_{гв} + r_{хв} \cdot c_{хв} \cdot t_{хв} + r_{рец} \cdot c_{рец} \cdot t_{рец} = c_{са} \cdot t_1, \quad (д)$$

и

$$r_{гв} + r_{хв} + r_{рец} = 1. \quad (г)$$

Здесь $t_{рец} = t_2$ — температура отработанного сушильного
агента;

$c_{рец}$ — его теплоемкость, определяемая с уче-
том содержания водяных паров топлива,
ккал/кг град.

Величины $V_{общ тпк}^{возд}$, $V_{прс тпк}^{возд}$ и $V_{прс п.п. пр}^{возд}$, входящие
в формулу (1), определяются, соответственно, по формулам
(3), (4), (5):

общий часовой объем воздуха, поступающего в топку

$$V_{общ тпк}^{возд} = B_{кот} \cdot v^0 \cdot z_m \quad н.м^3/ч, \quad (3)$$

объем воздуха, поступающего в топку с присосами

$$V_{прс тпк}^{возд} = B_{кот} \cdot v^0 \Delta z_m \quad н.м^3/ч, \quad (4)$$

объем воздуха, поступающего в систему пылеприготовле-
ния с присосами

$$V_{прс п.п. пр}^{возд} = z_m \cdot B_m \frac{g_1 k_{прс}}{\gamma_{ог}} \quad н.м^3/ч. \quad (5)$$

Из формулы (1) можно найти величину $V_{орг общ}^{возд}$.

$$V_{орг общ}^{возд} = V_{общ тпк}^{возд} - (V_{прс тпк}^{возд} + V_{прс п.п. пр}^{возд}) \quad н.м^3/ч. \quad (6)$$

Теперь необходимо определить величину $V_{доб I}^{возд}$ — ко-
личество воздуха, добавочно подаваемого ко всасу МВ,
после чего можно вычислить по формуле (40) величину
расхода вторичного воздуха $V_{II}^{возд}$

$$V_{II}^{возд} = V_{орг общ}^{возд} - V_{орг I}^{возд} - V_{доб I}^{возд} \quad н.м^3/ч. \quad (40)$$

Определение величины $V_{доб I}^{возд}$ производится в том слу-
чае, если количество требуемого первичного воздуха
больше чем располагаемое по соотношению

$$V_{доб I}^{возд} = V_{перв}^{треб} - V_{перв}^{расп} \quad н.м^3/ч,$$

причем

$$V_{перв}^{треб} = \frac{r_{перв}^{треб}}{100} \cdot V_{общ\ тпк}^{возд} \text{ н.м}^3/\text{ч},$$

где $r_{перв}^{треб}$ — рекомендуемый нормами минимальный процент первичного воздуха.

Располагаемое количество первичного воздуха, равное количеству воздуха в конце мельничной системы (после отбора рециркулирующего агента), определяется по соотношению

$$\begin{aligned} V_{перв}^{расп} &= V_{общ\ мел}^{возд} = V_{орг\ I}^{возд} + V_{прс\ п.л\ пр}^{возд} = \\ &= \frac{z_m \cdot B_m}{\gamma_{ов}} [g_1 (r_{2s} + r_{xs}) + g_1 \cdot k_{прс}] = \\ &= \frac{z_m \cdot B_m}{\gamma_{ов}} [g_1 \cdot (r_{2s} + r_{xs} + k_{прс})] \text{ н.м}^3/\text{ч}. \end{aligned}$$

Располагаемая величина процента первичного воздуха

$$r_{перв}^{расп} = \frac{V_{перв}^{расп}}{V_{общ\ тпк}^{возд}} \cdot 100\%, \quad (34)$$

если полученная величина $r_{перв}^{расп}$ находится в пределах рекомендуемых значений $r_{перв}$ (см. таблицу 1), то в этом случае, очевидно

$$V_{доб\ I}^{возд} = 0,$$

и необходимый расход вторичного воздуха определяется из соотношения

$$V_{II}^{возд} = V_{орг\ общ}^{возд} - V_{орг\ I}^{возд} \text{ н.м}^3/\text{ч}. \quad (35)$$

Объемное количество водяных паров, поступающих в топку с испаренной влагой топлива, определяется по формуле (14),

$$V_{т.л}^{вп} = z_m \cdot B_m \cdot v_{т.л}^{вп} \text{ н.м}^3/\text{ч}, \quad (14)$$

где

$$v_{т.л}^{вп} = \frac{\Delta W}{0,804} \text{ н.м}^3/\text{кг}, \quad (15)$$

$$\Delta W = \frac{W^p - W_{п.л}}{100 - W_{п.л}} \text{ кг/кг}. \quad (16)$$

Объемное количество влажной смеси в конце мельничной установки (после отбора рециркуляции)

$$V_{мел}^{в.л\ см} = V_{общ\ мел}^{возд} + V_{т.л}^{вп} \text{ н.м}^3/\text{ч}. \quad (44)$$

Для контроля величина $V_{мел}^{в.л\ см}$ может быть подсчитана по формуле

$$V_{мел}^{в.л\ см} = z_m \cdot B_m \cdot v_{мел}^{в.л} \text{ н.м}^3/\text{ч},$$

где $v_{мел}^{в.л}$ — объем влажной смеси на 1 кг топлива после отбора рециркулирующего агента

$$v_{мел}^{в.л} = \frac{(r_{2s} + r_{xs} + k_{прс}) g_1}{\gamma_{ов}} + \frac{\Delta W}{0,804} \text{ н.м}^3/\text{кг}.$$

Объемное количество влажной первичной смеси, подаваемой из короба первичного воздуха в пылепроводы и в горелки, равно

$$V_{перв}^{в.л\ см} = V_{мел}^{в.л\ см} + V_{доб\ I}^{возд} \text{ н.м}^3/\text{ч}, \quad (45)$$

а при

$$V_{доб\ I}^{возд} = 0, \quad V_{перв}^{в.л\ см} = V_{мел}^{в.л\ см} \text{ н.м}^3/\text{ч}.$$

Общее объемное количество влажной первичной смеси и горячего вторичного воздуха, поступающего в горелки и далее в топку, равно

$$V_{общ}^{гор} = V_{перв}^{в.л\ см} + V_{II}^{возд} \text{ н.м}^3/\text{ч}. \quad (46)$$

Суммарный объемный расход по всем потокам, поступающим в топку,

$$V_{общ}^{тпк} = V_{общ\ тпк}^{возд} + V_{т.л}^{вп} \text{ н.м}^3/\text{ч}. \quad (47)$$

Для контроля имеем другое выражение

$$V_{общ}^{тпк} = V_{общ}^{гор} + V_{прс\ тпк}^{возд} \text{ н.м}^3/\text{ч}. \quad (48)$$

Действительные объемные расходы с учетом температуры составляют:

объем влажной первичной смеси

$$V_{перв\ t}^{в.л\ см} = V_{перв}^{в.л\ см} \cdot \frac{273 + t_2}{273} \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (49)$$

объем вторичного воздуха

$$V_{II\ t}^{возд} = V_{II}^{возд} \cdot \frac{273 + t_2}{273} \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (28)$$

г) Схема № 3 (рис. 3)

Для схемы № 3 пылеприготовления с промбункером размоле в ШБМ влажных топлив, при подаче пыли отработавшим сушильным агентом и применении в качестве сушильного агента смеси топочных газов с горячим воздухом (рис. 3) расчет воздушного баланса топки и системы пылеприготовления производится по нижеследующим формулам (обозначения потоков указаны на рис. 3).

Общее уравнение воздушного баланса имеет вид

$$V_{\text{возд общ тпк}} = V_{\text{возд орг общ}} + (V_{\text{возд прс тпк}} + V_{\text{возд прс п.л.пр}} + V_{\text{возд т.г.}}) \text{ н.м}^3/\text{ч.} \quad (60)$$

1. Общее количество воздуха, поступающего в топку час, определяется по формуле (3).
2. Количество воздуха, поступающего в топку с присосами, — по формуле (4).
3. Количество воздуха, поступающего в систему пылеприготовления с присосами, — по формуле (5).
4. Объемное количество топочных газов, отбираемых из топки и поступающих в систему пылеприготовления, равно

$$V_{\text{т.г.}} = z_{\text{т.г.}} \cdot B_{\text{т.г.}} \cdot \frac{g_1 \cdot r_{\text{газ}}}{\gamma_{\text{ог}}} \text{ н.м}^3 \text{ т.г.ч,} \quad (61)$$

где g_1 — весовое количество сушильного агента на 1 кг сырого топлива, кг с а/кг ср т.л.;
 $r_{\text{газ}}$ — доля топочных газов в сушильном агенте (в смеси топочных газов с горячим воздухом), определяемая по формуле

$$r_{\text{газ}} = \frac{c_{\text{с.а.}} \cdot t_1 - c_{\text{г.в.}} \cdot t_2}{c_{\text{г.в.}} \cdot \vartheta_{\text{отб}} - c_{\text{г.в.}} \cdot t_2} \text{ кг т.г./кг с а,} \quad (62)$$

$\vartheta_{\text{отб}}$ — температура отбираемых из топки топочных газов, обычно равная $900 \div 950^\circ\text{C}$, $^\circ\text{C}$;
 $\gamma_{\text{ог}}$ — удельный вес топочных газов, кг/н.м³, значения которого для типовых влажных топлив при избытке воздуха в пределах $1,2 \div 2$ составляют:
 подмосковный уголь — 1,283;
 богословский — 1,297;
 челябинский — 1,307;

канский — 1,297;
 кизил-кийский — 1,310;
 украинский — 1,230.

5. Объемное количество воздуха, содержащегося в отбираемых из топки топочных дымовых газах, составляет

$$V_{\text{т.г.}}^{\text{возд}} = z_{\text{т.г.}} \cdot B_{\text{т.г.}} \cdot v_{\text{т.г.}}^{\text{возд}} \text{ н.м}^3/\text{ч,} \quad (63)$$

здесь $v_{\text{т.г.}}^{\text{возд}}$ — объемное количество воздуха в отбираемых топочных газах, приходящееся на 1 кг сырого топлива, н.м³возд/кг ср т.л

$$v_{\text{т.г.}}^{\text{возд}} = \frac{g_1 \cdot r_{\text{газ}} \cdot r_{\text{в т.г.}}}{\gamma_{\text{ов}}} \text{ н.м}^3 \text{ возд/кг ср т.л,} \quad (64)$$

где $r_{\text{в т.г.}}$ — весовая доля воздуха в отбираемом топочном газе, определяемая по формуле.

$$r_{\text{в т.г.}} = \frac{(\gamma_{\text{отб}} - 1) \cdot \gamma_{\text{ог}} \cdot v^2}{1 - \gamma_{\text{ог}} \cdot \gamma_{\text{отб}} \cdot v^2} \text{ кг возд/кг т.г,} \quad (65)$$

$\gamma_{\text{отб}}$ — коэффициент избытка воздуха в отбираемом топочном газе может быть принят при отборе из нижней части топки равным $\sim 1,4$, а при отборе газов из верхней части топки $\sim 1,25 \div 1,30$;

$\gamma_{\text{ог}}$ — удельный вес воздуха, равный (при $d_{\text{с}} = 10 \text{ г/кг}$)

$$\gamma_{\text{ог}} = 1,285 \text{ кг/н.м}^3.$$

6. Объемное количество дымовых газов, содержащихся в отбираемых из топки продуктах сгорания, равно

$$V_{\text{т.г.}}^{\text{газ}} = z_{\text{т.г.}} \cdot B_{\text{т.г.}} \cdot v_{\text{т.г.}}^{\text{газ}} \text{ н.м}^3 \text{ газ/ч,} \quad (66)$$

здесь $v_{\text{т.г.}}^{\text{газ}}$ — объемное количество дымовых газов в отбираемых топочных газах, приходящееся на 1 кг сырого топлива, н.м³газ/кг ср т.л

$$v_{\text{т.г.}}^{\text{газ}} = \frac{g_1 \cdot r_{\text{газ}} \cdot (1 - r_{\text{в т.г.}})}{\gamma_{\text{ог}}} \text{ н.м}^3 \text{ газ/кг ср т.л.} \quad (67)$$

Примечание. Объемное количество топочных газов, отбираемых из топки, для контроля может быть подсчитано также по соотношению

$$V_{\text{т.г.}} = V_{\text{т.г.}}^{\text{возд}} + V_{\text{т.г.}}^{\text{газ}} \text{ н.м}^3 \text{ т.г.ч.} \quad (68)$$

7. Общее объемное количество воздуха, организованно подаваемого из воздухоподогревателя в систему пылеприготовления и в горелки топки, представляющее в общем случае сумму трех потоков, определяется соотношением (31) может быть подсчитано на основании формулы (60) соотношению

$$V_{возд\ орг\ общ} = V_{возд\ общ\ тпк} - (V_{возд\ прс\ тпк} + V_{возд\ прс\ п.л.\ пр} + V_{возд\ т.г}) \text{ нм}^3/\text{ч}, \quad (60)$$

в котором все величины уже определены выше.

8. Объемное количество организованно подаваемого горячего первичного воздуха в систему пылеприготовления равно

$$V_{возд\ орг\ I} = z_{\text{м}} \cdot B_{\text{м}} \cdot v_{возд\ орг\ I} \text{ нм}^3/\text{ч}, \quad (69)$$

здесь $v_{возд\ орг\ I}$ — количество организованно подаваемого горячего первичного воздуха в систему пылеприготовления, приходящееся на 1 кг сырого топлива, $\text{нм}^3/\text{г в кг ср тл}$

$$v_{возд\ орг\ I} = \frac{g_1 \cdot r_{2в}}{t_{0в}} \text{ нм}^3/\text{г в кг ср тл}, \quad (70)$$

$r_{2в}$ — доля горячего воздуха в сушильном агенте (в смеси топочных газов с горячим воздухом), определяемая из соотношения, кг г в кг с а

$$r_{2в} = 1 - r_{2аз} \text{ кг г в кг с а}. \quad (71)$$

9. Объемное количество вторичного горячего воздуха в общем случае при наличии потока $V_{возд\ доб\ I}$ определяется по соотношению (40).

В частном случае, когда поток $V_{возд\ доб\ I}$ отсутствует, $V_{возд\ II}$ определяется по формуле (35).

10. Общее объемное количество воздуха в отработавшем сушильном агенте в конце мельничной установки (для случая, когда $V_{возд\ доб\ I} = 0$) равно

$$V_{возд\ общ\ мел} = V_{возд\ орг\ I} + V_{возд\ т.г} + V_{возд\ прс\ п.л.\ пр} \text{ нм}^3/\text{ч}. \quad (72)$$

Примечание. Полученное количество воздуха $V_{возд\ общ\ мел}$ должно быть увязано с величиной требуемого расхода первичного воздуха $V_{треб\ перв}$, определяемого формулой (36).

Как и в схеме № 2, здесь также могут быть два случая:

1-случай

$$r_{расп\ перв} < r_{треб\ перв},$$

2-случай

$$r_{расп\ перв} > r_{треб\ перв},$$

где $r_{расп\ перв}$ определяется формулой (34), причем в данном случае

$$r_{расп\ перв} = V_{возд\ общ\ мел} \text{ нм}^3/\text{ч},$$

а $r_{треб\ перв}$ — рекомендуемое количество первичного воздуха, пределы колебания которого для разных топлив даны в таблице 1, %.

В первом случае при $r_{расп\ перв} < r_{треб\ перв}$ количество воздуха в отработанном сушильном агенте (в первичной влажной смеси) может быть увеличено до требующейся величины $V_{треб\ перв}$ путем добавления ко всасу мельничного вентилятора соответствующего добавочного количества горячего воздуха $V_{возд\ доб\ I}$, равного

$$V_{возд\ доб\ I} = V_{треб\ перв} - V_{возд\ общ\ мел} \text{ нм}^3/\text{ч}. \quad (73)$$

В этом случае общее количество первичного воздуха во влажной смеси (в отработавшем сушильном агенте) составляет величину

$$V_{возд\ общ\ I} = V_{треб\ перв} = V_{возд\ общ\ мел} + V_{возд\ доб\ I} \text{ нм}^3/\text{ч}. \quad (74)$$

Потребное количество вторичного воздуха в этом случае определяется из соотношения (39) либо по другой приведенной выше формуле (40).

При $r_{расп\ перв} < r_{треб\ перв}$ количество воздуха в потоке первичной влажной смеси может быть увеличено и другими способами (не за счет открытия добавочного воздуха ко всасу МВ), а путем увеличения доли горячего воздуха в сушильном агенте (в смеси топочного газа с горячим воздухом). Увеличение $r_{2в}$ означает увеличение содержания воздуха во влажной первичной смеси. Кроме того, при увеличении $r_{2в}$ понижается начальная температура сушильного агента t_1 , вследствие чего увеличивает-ся величина расхода сушильного агента g_1 .

В результате, общее количество воздуха в первичной смеси увеличивается как за счет увеличения r_{2a} , так и g_1 .

Задача проще всего решается подбором требуемого значения r_{2a} , при котором удовлетворяется условие

$$r_{расп} = (r_{перв мин}^{треб} \div r_{перв макс}^{треб})$$

или

$$r_{перв мин}^{треб} < r_{расп} < r_{перв макс}^{треб}$$

Во втором случае, при $r_{расп} > r_{перв}^{треб}$, должен быть сделан пересчет системы пылеприготовления, с целью уменьшения величины $g_1 \left[\frac{нм^3 с а}{кг ср тл} \right]$ — расхода сушильного агента,

что в данном случае при схеме пылеприготовления по рис. 3 может быть выполнено легче всего путем повышения температуры t_1 сушильного агента (смеси топочных газов с горячим воздухом), за счет уменьшения r_{2a} доли горячего воздуха в смеси, либо путем уменьшения t_2 или некоторого повышения $\omega_{н.л.}$. При этом должны быть учтены требования, выражаемые формулами (37), (38), (39). При этом пересчете, естественно, должно быть также выполнено условие равенства величины ($V_{возд общ мел}^{возд} = V_{возд I}^{возд}$) величине $V_{перв}^{треб}$, определяемой формулой (36) для максимального из рекомендуемых в таблице 1 значений $r_{перв}^{треб}$.

В этом случае, очевидно, $V_{возд доб I}^{возд} = 0$, а необходимое количество вторичного воздуха определяется по формуле (39) либо по формуле (35).

11. Объемное количество горячего сушильного агента, подаваемого в систему пылеприготовления, составляет

$$V_{ca} = V_{орг I}^{возд} + V_{тг} нм^3/ч. \quad (75)$$

12. Объемное количество водяных паров, поступающих в топку с испаренной влагой топлива, определяется по формулам (14), (15), (16).

13. Объемное количество влажной смеси, поступающей из системы пылеприготовления (от циклона ко всасу мельничного вентилятора), определяется соотношением

$$V_{мел см} = V_{ca} + V_{прс пл пр}^{возд} + V_{тл}^{ва} нм^3/ч, \quad (76)$$

для контроля может быть применено также другое соотношение

$$V_{мел см} = V_{общ мел}^{возд} + V_{тг}^{газ} + V_{тл}^{ва} нм^3/ч. \quad (77)$$

14. Объемное количество первичной влажной смеси, подаваемой из короба первичного воздуха в пылепроводы и в горелки в общем случае при наличии потока $V_{доб I}^{возд}$, составляет

$$V_{перв см} = V_{мел см}^{ва} + V_{доб I}^{возд} нм^3/ч, \quad (78)$$

в частном случае, при

$$V_{доб I}^{возд} = 0$$

получаем

$$V_{перв см} = V_{мел см}^{ва} нм^3/ч.$$

15. Общее объемное количество влажной первичной смеси и горячего вторичного воздуха, поступающих в горелки и выходящих из горелок в топку, определяется по формуле (46).

16. Суммарный объемный расход по всем потокам, поступающим в топку, составляет

$$V_{топк}^{ва} = V_{общ топк}^{возд} + V_{тг}^{газ} + V_{тл}^{ва} нм^3/ч, \quad (79)$$

для контроля может быть применено соотношение (48).

17. Действительные, с учетом температуры, объемы потоков, поступающих в горелки, — влажной первичной смеси $V_{перв см}^{ва(I)}$ и горячего вторичного воздуха $V_{II(I)}^{возд}$, выраженные в $м^3/ч$, определяются соответственно по формулам (49) и (28).

д) Схема № 4 (рис. 4)

Для схемы № 4 пылеприготовления с прямым вдуванием для ММ, при подсушке топлива горячим воздухом, так же как и для схемы № 2 с ШБМ, применяются нижеследующие расчетные формулы воздушного баланса топки и системы пылеприготовления.

1. Общее уравнение воздушного баланса системы пылеприготовления и топки имеет вид (см. рис. 4)

$$V_{общ топк}^{возд} = V_{орг общ}^{возд} + V_{доб хол}^{возд} + (V_{прс топк}^{возд} + V_{прс пл пр}^{возд}) нм^3/ч. \quad (80)$$

2. Общее количество организованно подаваемого горячего воздуха составляет

$$V_{орг\ общ}^{возд} = V_{орг\ I}^{возд} + V_{II}^{возд} \text{ нм}^3/\text{ч.} \quad (81)$$

3. В свою очередь, общее количество воздуха, поступающего в топку, определяется по формуле (3), а величины $V_{прс\ тпк}^{возд}$ и $V_{прс\ п.л\ пр}^{возд}$ определяются соответственно по формулам (4) и (5).

4. Величина $V_{орг\ общ}^{возд}$ определяется из соотношения (80) по формуле

$$V_{орг\ общ}^{возд} = V_{общ\ тпк}^{возд} - V_{доб\ хол}^{возд} - (V_{прс\ тпк}^{возд} + V_{прс\ п.л\ пр}^{возд}) \text{ нм}^3/\text{ч.}, \quad (82)$$

причем следует прежде всего проверить, нужно ли подводить в систему пылеприготовления добавочный холодный воздух $V_{доб\ хол}^{возд}$.

Для этой цели необходимо подсчитать величину располагаемого расхода первичного воздуха $V_{перв}^{расп}$ при условии, что $V_{доб\ хол}^{возд} = 0$

$$V_{перв}^{расп} = V_{орг\ I}^{возд} + V_{прс\ п.л\ пр}^{возд} \text{ нм}^3/\text{ч.}, \quad (83)$$

где $V_{орг\ I}^{возд}$ — расход организованно подаваемого в систему пылеприготовления первичного воздуха, определяется формулой (32).

Подсчитываем $r_{перв}^{расп}$ — располагаемую величину процента первичного воздуха по формуле (34).

Сравниваем полученное значение $r_{перв}^{расп}$ с требуемым значением $r_{перв}^{треб}$, пределы которого указаны для разных топлив в таблице 1.

В этом случае, если выполняется условие

$$r_{перв\ мин}^{треб} < r_{перв}^{расп} < r_{перв\ макс}^{треб}, \quad (84)$$

пересчет не требуется, а производится дальнейший расчет. В этом случае условие $V_{доб\ хол}^{возд} = 0$ вполне оправдывается, подсчитывается величина $V_{орг\ общ}^{возд}$ и далее вычисляется величина необходимого расхода вторичного воздуха по соотношению (35). Если же условие (84) не вы-

полняется, необходимо сделать пересчеты. При этом бывают два случая:

1-й случай

$$r_{перв}^{расп} < r_{перв\ мин}^{треб},$$

в этом случае величина $V_{перв}^{расп}$ должна быть увеличена до величины $V_{перв\ мин}^{треб}$, определяемой формулой

$$V_{перв\ мин}^{треб} = \frac{r_{перв\ мин}^{треб}}{100} \cdot V_{общ\ тпк}^{возд} \text{ нм}^3/\text{ч.} \quad (85)$$

Это достигается соответствующим увеличением g_1 путем понижения t_1 , либо за счет отбора горячего воздуха для сушки из промежуточного короба воздухоподогревателя, либо же путем добавления в короб горячего воздуха мельницы в нисходящий сушильный участок некоторого количества холодного воздуха (присадка холодного воздуха) в количестве

$$V_{доб\ хол}^{возд} = V_{перв\ мин}^{треб} - V_{перв}^{расп} \text{ нм}^3/\text{ч.} \quad (86)$$

В этом случае величина $V_{общ\ I}^{возд}$ общего количества воздуха в первичной смеси за мельницей ($V_{мел\ I}^{возд}$) равна

$$V_{общ\ I}^{возд} = V_{мел\ I}^{возд} = V_{перв\ мин}^{треб} \text{ нм}^3/\text{ч.}, \quad (87)$$

а количество вторичного воздуха определяется из соотношения (39), либо по другой формуле — (35);

2-й случай

$$r_{перв}^{расп} > r_{перв\ макс}^{треб},$$

в этом случае, во-первых, очевидно $V_{доб\ хол}^{возд} = 0$, и, во-вторых, должен быть сделан пересчет с целью уменьшения g_1 для уменьшения величины $V_{перв}^{расп}$, подсчитанной по формуле (83), до величины $V_{перв\ макс}^{треб}$ равной

$$V_{перв\ макс}^{треб} = \frac{r_{перв\ макс}^{треб}}{100} \cdot V_{общ\ тпк}^{возд} \text{ нм}^3/\text{ч.} \quad (88)$$

Этот пересчет с целью уменьшения g_1 может быть выполнен либо путем уменьшения t_2 (но не ниже, чем до $t_{2\ мин} = t_{т\ p} + 5^\circ\text{C}$), либо путем повышения t_1 , если это возможно (в существующем котлоагрегате), а при проектировании нового котла — соответствующим повышением t_2 , (то есть температуры подогрева воздуха в воздухоподогревателе, $t''_{вп}$), либо путем некоторого повыше-

ния $W^{n.1}$, но не выше чем до $W^{n.1} = W^a + 10\%$ у каменных углей и $W^{n.1} = W^a + 8\%$ — у бурых углей.

В этом, втором случае, имеем соотношение

$$V_{\text{возд общ } I} = V_{\text{возд мел}} = V_{\text{треб перв макс}} \text{ н.м}^3/\text{ч}, \quad (89)$$

и необходимое количество вторичного воздуха вычисляется либо по формуле (39), либо для контроля по выражению (35).

Объемное количество водяных паров, поступающих в топку с испаренной влагой топлива, определяется по формуле (14).

Объемное количество первичной влажной смеси, поступающей из шахты мельницы в горелочные устройства вместе с пылью, составляет

$$V_{\text{вл см перв}} = V_{\text{вл см мел}} = V_{\text{возд мел}} + V_{\text{вл т.л}} \text{ н.м}^3/\text{вл см ч} \quad (90)$$

либо для контроля эта величина может быть вычислена по формуле

$$V_{\text{вл см мел}} = z_{\text{м}} \cdot B_{\text{м}} \cdot v_{\text{вл см}} + V_{\text{возд общ х.д.1}} \text{ н.м}^3/\text{вл см ч} \quad (91)$$

[определение $v_{\text{вл см}}$ см. формулу (19)].

Общее объемное количество потоков, поступающих во все горелки топки как с первичной смесью, так и со вторичным воздухом (и выходящих из горелок в топку), определяется по формуле (46), суммарный расход по всем потокам, поступающим в топку, определяется по формуле (47) либо для контроля по формуле (48).

Действительные с учетом температуры объемы потоков, поступающих в горелки, — влажной первичной смеси $V_{\text{вл см перв } t}$ и горячего воздуха $V_{\text{возд II } t}$, выраженные в $\text{м}^3/\text{ч}$, — определяются по формулам (49) и (28).

е) Схема № 5 (рис. 5)

Для схемы № 5 пылеприготовления с прямым вдуванием для ММ при подсушке топлива смесью топочных газов с горячим воздухом, так же как и для схемы № 3 с ШБМ, применяются нижеследующие формулы расчета воздушного баланса топки и системы пылеприготовления.

1. Общее уравнение воздушного баланса для этой схемы (см. рис. 5) выражается формулой (60), причем общее количество организованно подаваемого воздуха в систему пылеприготовления и в топку, в общем случае, при наличии

потока $V_{\text{возд доб } I}$, определяется формулой (31), в которой $V_{\text{возд доб } I}$ ($\text{н.м}^3/\text{ч}$) — расход добавочного первичного воздуха, дополнительно добавляемого в смесь топочных газов с горячим воздухом (к сушильному агенту), что имеет место лишь в случаях, когда количество воздуха в первичной смеси оказывается меньшим, чем требуемое таблицей 1 количество первичного воздуха.

2. Общее количество воздуха, поступающего в топку, определяется по формуле (3), количество воздуха, поступающего в топку с присосами, — по формуле (4), количество воздуха, поступающего с присосами в систему пылеприготовления, — по формуле (5).

3. Объемное количество топочных газов, отбираемых из топки и поступающих в систему пылеприготовления, определяется по формулам (61), (62).

4. Количество воздуха, содержащегося в отбираемых из топки дымовых газах, $V_{\text{возд т.с}}$ определяется по формулам (63), (64), (65).

5. Объемное количество дымовых газов, содержащихся в отбираемых из топки продуктах сгорания, $V_{\text{газ т.с}}$ определяется по формулам (66), (67).

Примечание. Величина $V_{\text{т.с}}$ объемного количества отбираемых из топки газов для контроля может быть проверена по соотношению (68).

6. Общее объемное количество воздуха, организованно подаваемого в систему пылеприготовления, может быть подсчитано на основании формулы (60) по приводившейся выше формуле (60а).

7. Объемное количество организованно подаваемого в систему пылеприготовления горячего первичного воздуха определяется по формулам (69), (70), (71).

8. Определяем общее объемное количество воздуха в отработавшем сушильном агенте $V_{\text{возд общ мел } t}$ в конше мельничной установки для случая нормального режима, когда $V_{\text{возд доб } I} = 0$, по формуле (72) и производим сравнение этой величины $V_{\text{возд общ мел}}$ с требующимся количеством первичного воздуха $V_{\text{треб перв}}$, определяемым соотношением (36), причем значения максимального и минимального процента первичного воздуха, $r_{\text{треб перв макс}}$ и $r_{\text{треб перв мин}}$, берутся из таблицы 1, либо сравниваем с указанными предельны-

ми значениями величину $r_{перв}^{расп}$, располагаемую величину % первичного воздуха [см. формулу (34)]

$$r_{перв}^{расп} = \frac{V_{перв}^{расп}}{V_{общ\ мел}^{возд}} \cdot 100\%$$

где

$$V_{перв}^{расп} = V_{общ\ мел}^{возд} \quad \text{н.м}^3/\text{ч.}$$

Если выполняется условие

$$V_{перв\ мин}^{треб} < V_{общ\ мел}^{возд} < V_{перв\ макс}^{треб} \quad (92)$$

или, что то же

$$r_{перв\ мин}^{треб} < r_{перв}^{расп} < r_{перв\ макс}^{треб} \quad (93)$$

то это означает, что выполненный расчет системы пылеприготовления является удовлетворительным и пересчета не требуется, и условие $V_{доб\ I}^{возд} = 0$ вполне оправдано.

В этом случае необходимое количество вторичного воздуха определяется по формуле (35).

В тех же случаях, когда условие (92) или (93) не выполняется, приходится делать пересчет системы пылеприготовления.

При этом возможны два случая:

1-й случай

$$r_{перв}^{расп} < r_{перв\ мин}^{треб}$$

2-й случай

$$r_{перв}^{расп} > r_{перв\ макс}^{треб}$$

В первом случае приходится давать добавочное количество воздуха в мельницу, определяемое соотношением

$$V_{доб\ I}^{возд} = V_{перв\ мин}^{треб} - V_{общ\ мел}^{возд} \quad \text{н.м}^3/\text{ч.}, \quad (94)$$

причем в этом случае

$$V_{общ\ I}^{возд} = V_{перв\ мин}^{треб} = V_{общ\ мел}^{возд} + V_{доб\ I}^{возд} \quad \text{н.м}^3/\text{ч.} \quad (95)$$

Необходимое количество вторичного воздуха в этом случае определяется по формуле (39) либо для контроля по другому соотношению — (40).

Другим вариантом увеличения величины $r_{перв}^{расп}$, без добавочного расхода воздуха (то есть при сохранении условия $V_{доб\ I}^{возд} = 0$) до необходимой величины $r_{перв\ мин}^{треб}$ являет-

ся увеличение доли горячего воздуха $r_{г.в.}$ в сушильном агенте, что дает уменьшение начальной температуры сушильного агента t_1 с соответствующим увеличением расхода сушильного агента g_1 .

Во втором случае, то есть при $r_{перв}^{расп} > r_{перв\ макс}^{треб}$, необходимо сделать пересчет системы пылеприготовления с целью уменьшения g_1 путем повышения t_1 (за счет увеличения доли газов r_2 в сушильном агенте) либо путем некоторого уменьшения t_2 или повышения $W_{пл}$.

В этом случае, естественно, $V_{доб\ I}^{возд} = 0$, а необходимое количество вторичного воздуха определяется по формуле (39) либо по формуле (35).

9. Объемное количество горячего сушильного агента, подаваемого в систему пылеприготовления, определяется по формуле (75).

10. Объемное количество водяных паров, поступающих в топку с испаренной влагой топлива, вычисляется по формулам (14), (15), (16).

11. Объемное количество влажной первичной смеси, поступающей из шахты мельницы в горелочные устройства, определяется:

а) при $V_{доб\ I}^{возд} = 0$ по формуле (76) либо по формуле (77);

б) при $V_{доб\ I}^{возд} > 0$ по формуле (78).

12. Общий объем потоков, поступающих в горелки и из последних в топку, определяется по формуле (46).

13. Суммарный объемный расход по всем потокам, поступающим в топку, определяется по формуле (79) либо для контроля по формуле (48).

14. Действительные с учетом температуры объемы потоков, поступающих в горелки, влажной смеси $V_{перв\ I}^{в.л.см}$ и горячего вторичного воздуха $V_{II}^{возд}$, выраженные в $\text{м}^3/\text{ч}$, определяются по формулам (49) и (25).

ж) Схема № 6 (рис. 6)

Для схемы № 6, разомкнутой схемы пылеприготовления для ММ с подсушкой топлива отходящими дымовыми газами, общее уравнение воздушного баланса топki и системы пылеприготовления выражается следующей формулой

$$V_{общ\ сист}^{возд} = V_{общ\ тлк}^{возд} + V_{обр}^{возд} = V_{орг\ общ}^{возд} + V_{прс\ тлк}^{возд} + V_{прс\ п.л\ пр}^{возд} + V_{ог}^{возд} \quad \text{н.м}^3/\text{ч.}, \quad (96)$$

причем общий расход организованно подаваемого в топку и систему пылеприготовления горячего воздуха выражается суммой двух величин [см. формулу (81)]

$$V_{орг\ общ}^{возд} = V_{орг\ I}^{возд} + V_{II}^{возд} \text{ н.м}^3/\text{ч.}$$

Общее количество воздуха, поступающего в топку, определяется формулой (3), количество воздуха, поступающего в топку с присосами, определяется по формуле (4), а количество воздуха, поступающего с присосами в систему пылеприготовления, определяется по формуле (5).

Количество воздуха, вносимого в систему пылеприготовления с отходящими горячими дымовыми газами котлоагрегата, определяется по следующей формуле

$$V_{\partial z}^{возд} = B_{кот} \cdot (\alpha_{yx} - 1) \cdot v^\circ \text{ н.м}^3/\text{ч}, \quad (97)$$

где α_{yx} — коэффициент избытка воздуха в уходящих дымовых газах, определяемый из соотношения

$$\alpha_{yx} = \alpha_m + \Delta\alpha_{ne} + \Delta\alpha_{эк} + \Delta\alpha_{en}. \quad (98)$$

Учитывая, что для шахтно-мельничных топок $\alpha_m = 1,25$ и принимая (для обычной компоновки котлоагрегата) на основании норм теплового расчета $\Delta\alpha_{ne} = 0,05$, $\Delta\alpha_{эк} = 2 \cdot 0,02 = 0,04$ для двухступенчатой компоновки $\Delta\alpha_{en} = 2 \cdot 0,05 = 0,10$ хвостовых поверхностей, получаем

$$\alpha_{yx} = 1,25 + 0,05 + 0,04 + 0,10 = 1,44,$$

$B_{кот}$ — часовой расход сырого топлива котлоагрегатом, кг/ч;

v° — теоретически необходимое количество воздуха на 1 кг сырого топлива, н.м³ возд/кг ср тл;

Общее объемное количество воздуха, организованно подаваемого в систему пылеприготовления, может быть найдено на основании соотношения (96) по формуле

$$V_{орг\ общ}^{возд} = V_{орг\ тпк}^{возд} - V_{прс\ тпк}^{возд} \text{ н.м}^3/\text{ч.} \quad (99)$$

Объемное количество организованно подаваемого для транспортировки пыли к горелкам горячего первичного воздуха определяется по формуле (8), причем доля первичного воздуха $r_{перв}$ в % от общего расхода воздуха, поступающего в топку, берется по данным таблицы 1.

Объемное количество горячего вторичного воздуха, подаваемого к горелкам, определяется по формуле (35).

Общий объемный расход отходящих дымовых газов, поступающих из котельного агрегата в систему пылеприготовления в качестве сушильного агента, определяется по формуле

$$V_{\partial z} = B_{кот} \cdot v_{yx} \text{ н.м}^3 \text{ д г/ч}, \quad (100)$$

где v_{yx} — объем дымовых газов на 1 кг сырого топлива при коэффициенте избытка воздуха α_{yx} , н.м³/кг, определяемый по соотношению

$$v_{yx} = v_{RO_2} + v_{N_2} + v_{H_2O} + (\alpha_{yx} - 1) v^\circ, \text{ н.м}^3/\text{кг}, \quad (101)$$

причем

$$v_{H_2O} = v_{H_2O}^\circ + 0,0161 (\alpha_{yx} - 1) v^\circ \text{ н.м}^3/\text{кг}, \quad (102)$$

либо по другой формуле

$$v_{yx} = v_i + 1,0161 (\alpha_{yx} - 1) v^\circ \text{ н.м}^3/\text{кг}, \quad (103)$$

где v_i — теоретический объем дымовых газов на 1 кг сырого топлива при $\alpha = 1$, н.м³/кг, определяемый по формуле

$$v_i = v_{R_2O} + v_{N_2}^\circ + v_{H_2O}^\circ \text{ н.м}^3/\text{кг}. \quad (104)$$

Значения v_{RO_2} , $v_{N_2}^\circ$, $v_{H_2O}^\circ$ и v_i , а также v° — для различных топлив могут быть определены по соответствующим формулам, либо взяты из таблицы РН 4-02, (см. Нормы теплового расчета котлоагрегатов, стр. 167).

Объемное количество газов в отходящих дымовых газах может быть определено по формуле

$$V_{\partial z}^{газ} = \frac{V_{\partial z}^{возд}}{\gamma_{газ}} \cdot (1 - r_{\partial z}) \text{ н.м}^3 \text{ газ/ч}, \quad (105)$$

или, с учетом того, что

$$\frac{\gamma_{возд}}{\gamma_{газ}} \approx 1,$$

$$V_{\partial z}^{газ} = V_{\partial z} (1 - r_{\partial z}) \text{ н.м}^3 \text{ газ/ч}, \quad (105a)$$

где $r_{\partial z}$ — доля воздуха в уходящих дымовых газах, кг возд/кг д г, определяемая соотношением

$$r_{\partial z} = \frac{(\alpha_{yx} - 1) \cdot \gamma_{возд} \cdot v^\circ}{1 - \frac{A^p}{100} + 1,306 \cdot \alpha_{yx} \cdot v^\circ} \text{ кг возд/кг д г}. \quad (106)$$

Для контроля может быть применено соотношение

$$V_{\partial_2}^{газ} = V_{\partial_2} - V_{\partial_2}^{возд} \text{ нм}^3 \text{ газ/ч.} \quad (107)$$

Объемное количество водяных паров, поступающих в топку с испаренной влагой топлива, определяется по формулам (14), (15), (16). Общий объемный расход влажной смеси, поступающей из системы пылеприготовления в дымососы, определяется по соотношению

$$V_{в.см} = V_{д.с} = V_{\partial_2} + V_{т.л}^{пл} + V_{пр.п.л.пр}^{возд} \text{ нм}^3/\text{ч.} \quad (108)$$

Объем воздуха в отработанной влажной смеси, сбрасываемой в атмосферу,

$$V_{сбр}^{возд} = V_{\partial_2}^{возд} + V_{пр.п.л.пр}^{возд} \text{ нм}^3/\text{ч.} \quad (109)$$

Общий объем потоков первичного и вторичного воздуха, поступающих в горелки и выходящих из последних в топку, составляет

$$V_{гор}^{общ} = V_{орг.общ}^{возд} = V_{перв}^{возд} + V_{II}^{возд} \text{ нм}^3/\text{ч.} \quad (110)$$

Суммарный объемный расход по потокам, поступающим в топку, определяется формулой (99).

Действительные с учетом температуры объемы потоков, поступающих в горелки, горячего первичного воздуха $V_{перв}^{возд}$ и горячего вторичного воздуха $V_{II}^{возд}$, выраженные в $\text{м}^3/\text{ч}$, определяются по следующим формулам:

действительный объем первичного воздуха, смешиваемого в пылепроводах с пылью, определяется по формуле (20), в которой $t_{см}$ — температура горячей пылевоздушной смеси после смешения пыли с горячим воздухом, $^{\circ}\text{C}$ определяется по формуле (23). Входящая в последнюю величина $B_{п.л}$ — количество пыли, подаваемой пылепитателями к горелкам, кг/ч определяется по формулам (22), (22а).

Температура пыли $t'_{п.л}$, поступающей из пылевого бункера в пылепровод, берется равной

$$t'_{п.л} \cong t_2 - 20^{\circ}\text{C},$$

где t_2 — температура в конце установки, $^{\circ}\text{C}$.

Действительный объемный расход вторичного воздуха определяется по формуле (28).

Часть II

РАСЧЕТ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

1. Введение (задача расчета горелок)

Расчет горелочных устройств базируется на результатах предварительного выполненного расчета воздушного баланса топki и системы пылеприготовления. Задачей расчета горелочных устройств является, помимо выбора типа горелок, количества их на котел и способа компоновки в топке, определение необходимого сечения горелок по первичному и вторичному воздуху, а также определение основных геометрических размеров горелки. Так, в горелках шелевого типа по расчетным значениям сечения первичного f_I и вторичного воздуха f_{II} с учетом рекомендуемого соотношения сторон прямоугольника должны быть определены ширина и высота щели.

Для круглых турбулентных горелок того или иного типа по данным f_I и f_{II} , учитывая рекомендуемое значение диаметра внутренней трубы, должен быть подсчитан диаметр наружной трубы.

В шахтно-мельничных топках с горелочными устройствами в виде амбразур со вставками того или иного типа, ширина амбразуры обычно бывает известна из расчета системы пылеприготовления (по ширине сепарационной шахты) и расчету подлежит после вычисления f_I и f_{II} , во-первых, высота амбразуры, а, во-вторых, размеры сопел для вторичного воздуха.

Расположение или компоновка горелок в топочной камере производится в зависимости от выбранного способа компоновки с учетом рекомендаций о расстояниях между горелками.

2. Выбор типа и числа горелок и схемы компоновки

В современных пылеугольных и шахтно-мельничных топках применяются нижеследующие конструкции горелочных устройств.

Для пылеугольных топок

1. Круглые турбулентные — двухулиточные типа ТКЗ-ЦКТИ (иногда их называют «Бабкок-ТКЗ»), рис. 7 [2].
2. Круглые турбулентные — с рассекателем типа Оргрэс, рис. 8 [2].
3. Круглые горелки ВТИ с завихрывающими поворотными лопатками, рис. 9 [2].
4. Щелевые горелки Оргрэс — БПК с рассекателем, рис. 10 [2].
5. Щелевые горелки БПК с узко вытянутыми щелями (перчаточного типа), рис. 11 [3].
6. Щелевые угловые поворотные горелки Подольского завода:
 - а) с поворачивающимися вокруг горизонтальной оси соплами первичного и вторичного воздуха, рис. 12 [2];
 - б) с поворачивающимися соплами первичного воздуха и заслонками вторичного воздуха, рис. 13 [2, 3].
7. Щелевая горелка МЭИ сжигания в тонких струях, рис. 14 [2].

Для шахтно-мельничных топок

1. Горелочные устройства простейшей формы в виде открытых амбразур в фронтной стене топки, рис. 15, [2, 3].
2. Амбразуры с горизонтальными рассекателями конструкции Подольского завода, рис. 16 [2].
3. Эжекционные амбразуры ЦКТИ, рис. 17 [2].
4. Горелочные устройства МЭИ для сжигания топлива в тонких струях, рис. 18 [2, 4].
5. Угловое размещение вертикальных амбразур с подачей вторичного воздуха через вертикальные щели, размещаемые в амбразурах, рис. 19 [3].

Ниже даны указания относительно области применения отдельных видов горелочных устройств (для каких углей) и количества горелок на котел $Z_{гор}$, какими и можно руководствоваться при выборе горелок для сжигания заданного вида топлива.

а) Рекомендации по применению горелок для пылеугольных топок

1. Круглые турбулентные горелки ТКЗ—ЦКТИ (рис. 7) и Оргрэс (рис. 8) применимы для сжигания всех углей в пылеугольных топках как с малым, так и с большим выходом летучих. В горелках Оргрэс (рис. 8) угол раскрытия рассекателя берется равным:

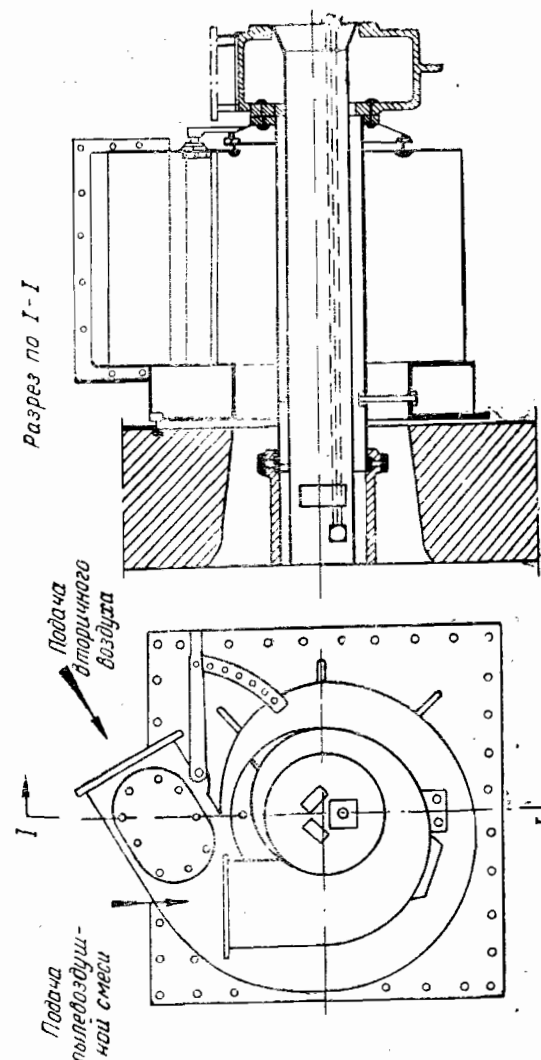


Рис. 7. Круглая турбулентная двухулиточная горелка ТКЗ—ЦКТИ

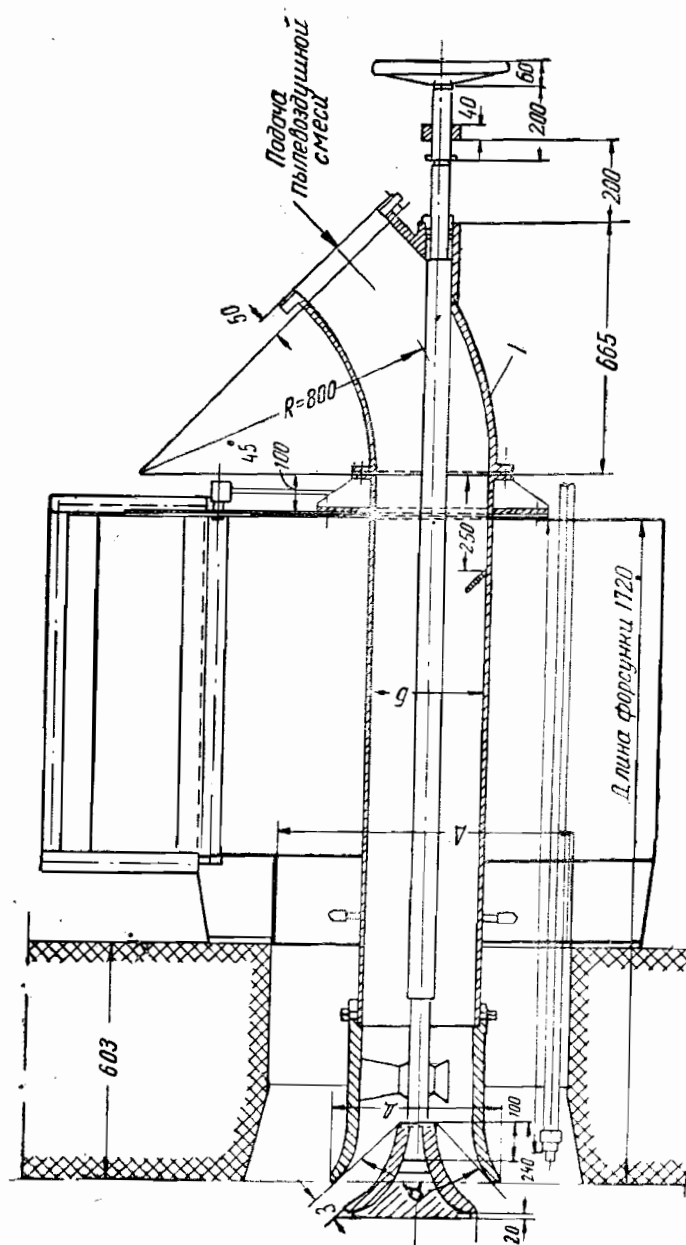


Рис. 8. Круглая турбулентная горелка Оргрэн

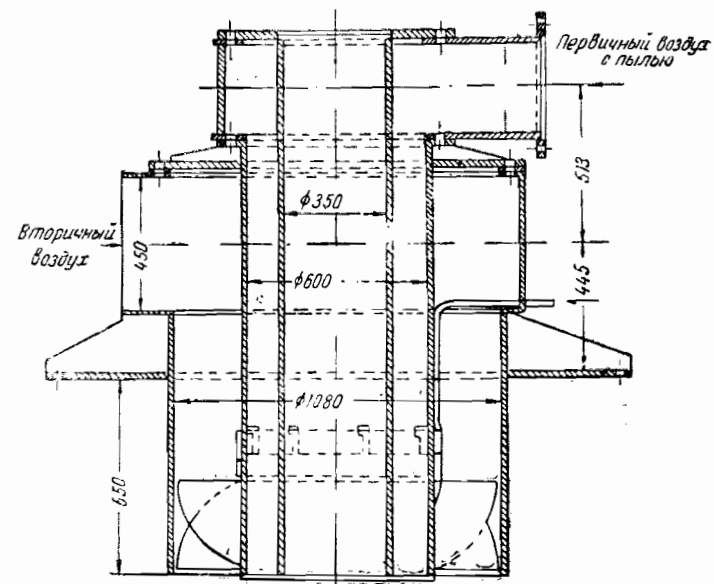


Рис. 9. Круглая горелка ВТИ с завихрывающими поворотными лопатками

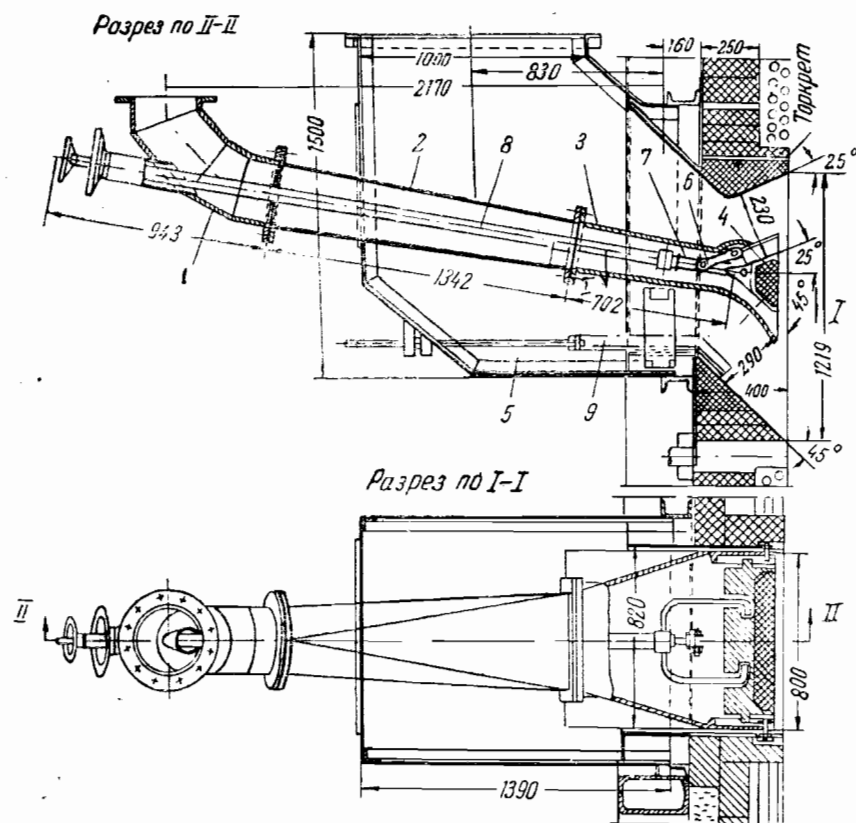


Рис. 10. Щелевая горелка Оргрэс—БПК с рассекателем: 1—подводящее колено; 2—переходной патрубков; 3—чугунный раструб; 4—рассекатели; 5—короб вторичного воздуха; 6—рычажная передача; 7—шток; 8—труба; 9—шибер

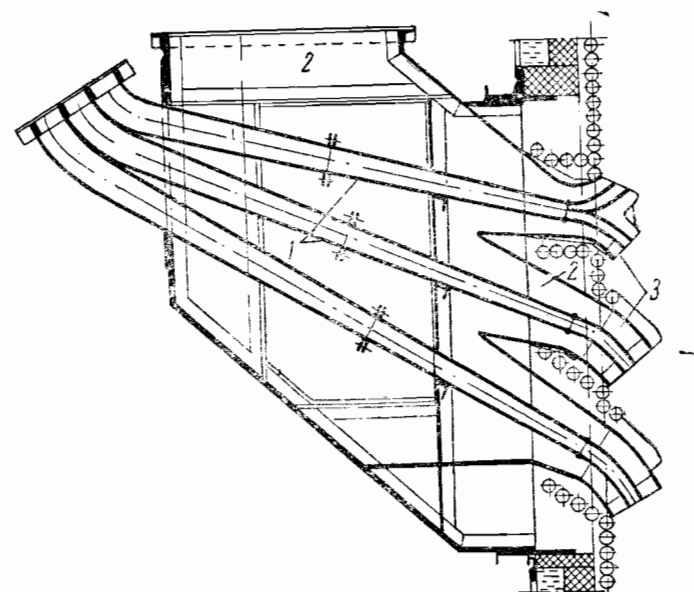


Рис. 11. Щелевая горелка БПК «перчаточного» типа: 1—каналы аэросмеси; 2—подача вторичного воздуха; 3—выходные насадки вторичного воздуха

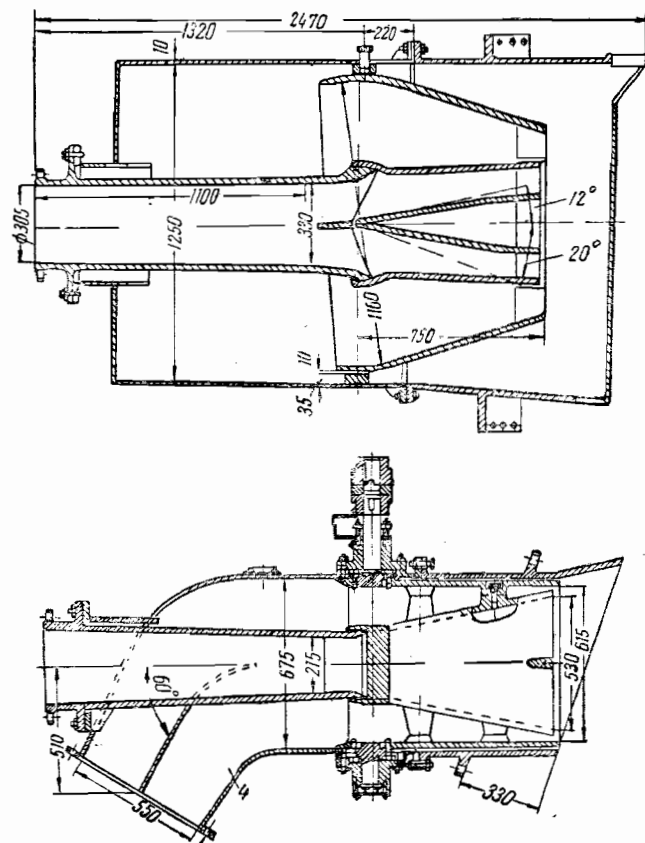


Рис. 12. Угловая поворотная горелка Подольского завода

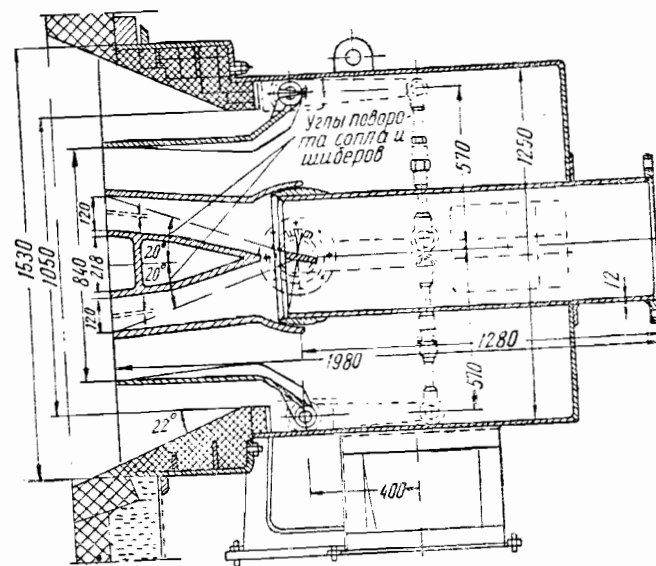


Рис. 13. То же с поворачивающимися заслонками вторичного воздуха

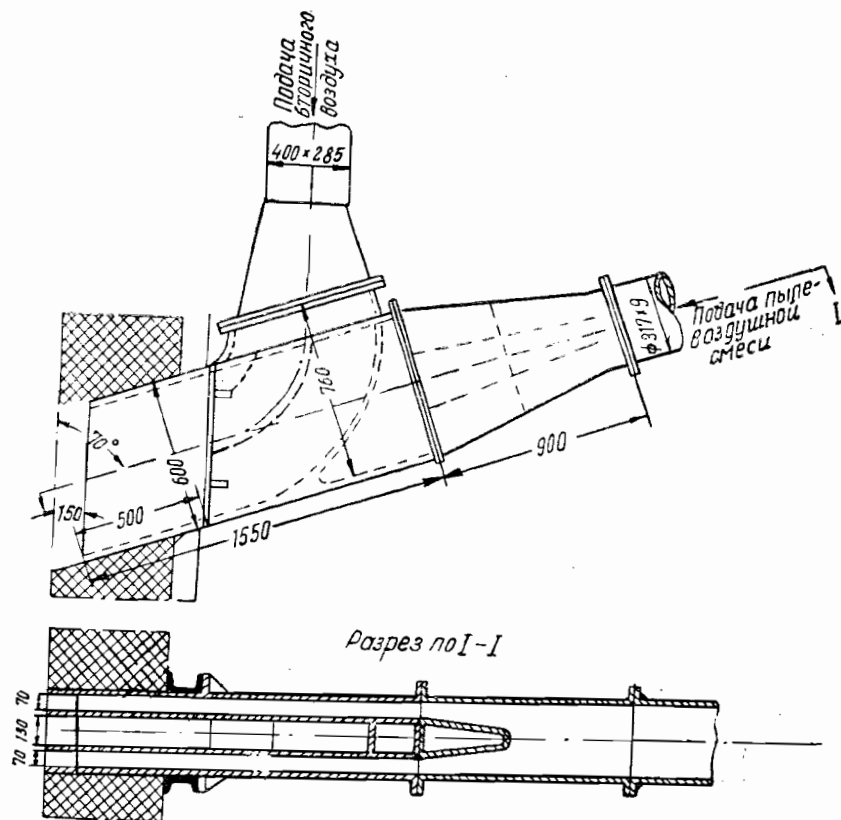


Рис. 14. Щелевая горелка МЭИ сжигания в тонких струях

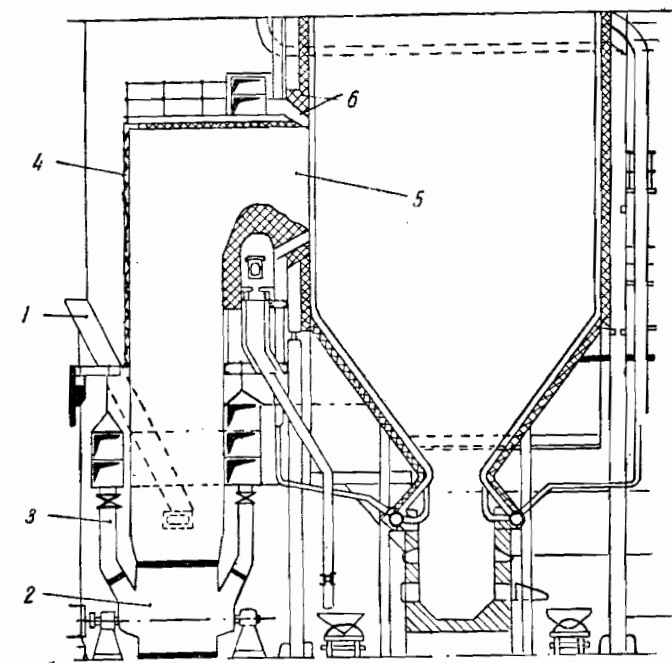


Рис. 15. Горелочное устройство с открытой амбразурой для шахтно-мельничной топки: 1—течка сырого топлива; 2—ММ; 3—воздухопровод; 4—шахта мельницы; 5—амбразура; 6—сопла вторичного воздуха

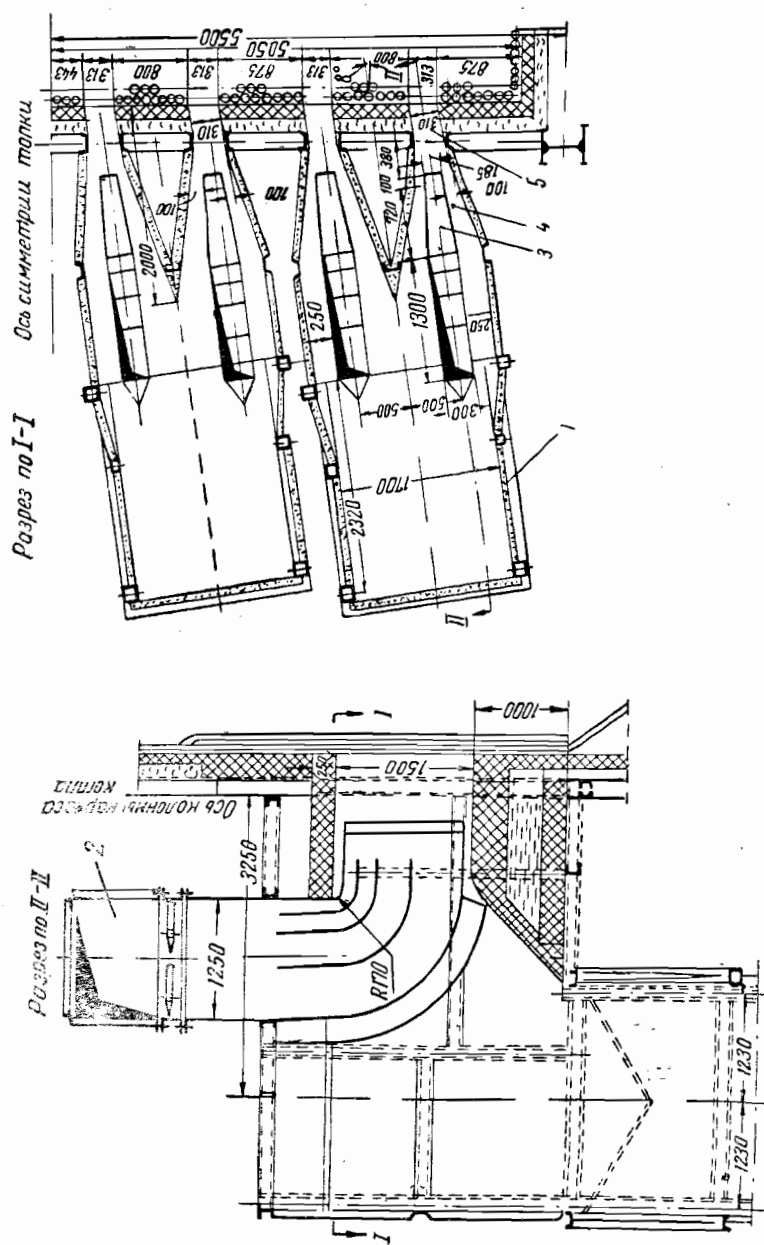


Рис. 18. Горелочное устройство МЭИ для сжигания в тонких струях в шахтно-мельничной топке: 1 — шахта мельницы; 2 — корб вторичного воздуха; 3 — сопла вторичного воздуха; 4 — каналы первичного воздуха; 5 — амбразуры в виде вертикальных щелей

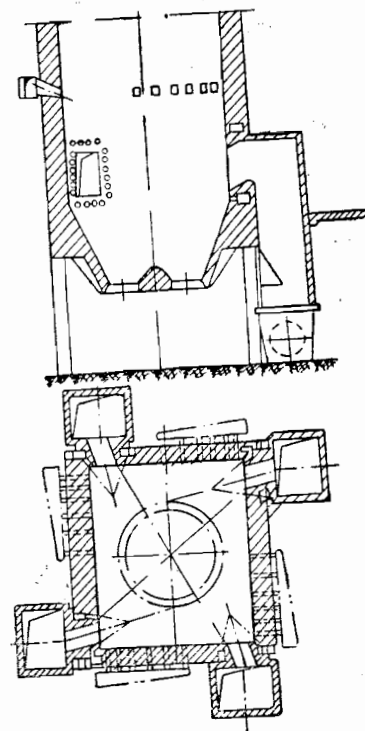


Рис. 19. Угловое размещение вертикальных амбразур в шахтно-мельничной топке

для АШ—120°, для тощих углей—90°,
для каменных (пламенных) углей—60°.

Круглые горелки ТКЗ и Оргрэс устанавливаются для котлов с $D \leq 50$ т/ч—на фронтальной стене топки, в количестве $z_{гор} = 2$ шт.; для котлов с $D = 75 + 120$ т/ч—на фронтальной стене топки, с количеством горелок $z_{гор} = 3 + 4$ шт. (три горелки располагаются треугольником с вершиной вниз для лучшего заполнения топки факелом). При $D = 150 + 230$ т/ч применяется встречное боковое расположение горелок, при количестве их на котел $z_{гор} = 2 \times 3 = 6$ шт. При $D > 230$ т/ч, круглые горелки рекомендуется устанавливать на фронтальной и задней стенках топки, а количество горелок—брать из расчета 30—50 т/ч на одну горелку.

2. Круглые горелки ВТИ с завихряющими поворотными лопатками в выходных каналах (рис. 9) [5] применяются для сжигания каменных и бурых углей в вертикальных предтопках ВТИ с высоким шлакоулавливанием для котлов с $D \geq 170 + 230$ т/ч.

Число горелок на котел берется из расчета условной паропроизводительности на один вертикальный круглый предтопок ВТИ или на одну горелку $\frac{D}{z_{гор}} = 60$ т пара/ч. Для крупных котлов ($D = 950 + 2400$ т/ч) с топкой ВТИ величина $\frac{D}{z_{гор}}$ берется равной 100 т/ч и более.

3. Щелевые горелки Оргрэс—БПК с рассекателем (рис. 10) применяются для сжигания всех видов твердых топлив—каменных, бурых углей, а также АШ и Т, преимущественно в топках прямоточных котлов, и komponуются по схеме фронтального, а чаще всего встречного бокового расположения горелок.

При $D = 150 + 230$ т/ч при встречном расположении горелок $z_{гор} = 6 + 8$ шт. При $D > 230$ т/ч число горелок принимается из расчета $\sim 25 + 50$ т/ч на одну горелку.

Щелевые горелки БПК с узко вытянутыми горизонтальными щелями (перчаточного типа) (рис. 11) применяются иногда для сжигания каменных и бурых углей главным образом в топках прямоточных котлов Рамзина, в которых экранные трубы располагаются горизонтально или слабонаклонно. Для сжигания АШ и Т эти горелки не пригодны вследствие затрудненного воспламенения в этих горелках топлив с малым выходом летучих.

4. Щелевые угловые поворотные горелки Подольского завода применяются для сжигания бурых и каменных углей,

а также тощих углей и komponуются по схеме углового расположения горелок в количестве:

при $D = 230$ т/ч, $z_{гор} = 8$ шт., расположение горелок в 2 яруса,

при $D = 420$ т/ч, при топке с одним двухсветным экраном число горелок составляет $z_{гор} = 2 \times 8$ шт. (в 2 яруса).

Применяется и фронтное расположение щелевых горелок ПКЗ; так, для прямоточного котла на буром угле при $D = 640$ т/ч предусмотрено фронтное расположение горелок в количестве $z_{гор} = 18$ шт. в 3 яруса.

5. Щелевые пылеугольные горелки МЭИ с сжиганием пыли в тонких параллельных струях (рис. 14) рекомендуются для сжигания различных топлив (фрезторф, бурые, каменные угли) как на барабанных, так и прямоточных котлах. Горелки МЭИ komponуются следующим образом:

при $D = 75 + 120$ т/ч, $z_{гор} = 4 + 6$ шт., с расположением на фронтальной стене топки;

при $D = 150 + 230$ т/ч рекомендуется применение встречного расположения на фронтальной и задней либо на боковых стенках: количество горелок на котел должно быть взято $z_{гор} = 8 + 12$ (8—в 1 ярус, 12—в 2 яруса);

при $D = 420 + 540$ т/ч рекомендуется применение топки с двухсветным экраном, расположение горелок—на фронтальной и задней стенке, число горелок—2 по 12 + 16, в 2 яруса по высоте;

при $D = 660 + 900$ т/ч рекомендуются топки с двумя двухсветными экранами, расположение горелок—на фронтальной и задней стенках, в 2 яруса, число горелок— $3 \times (12 + 16)$;

при $D \geq 420$ т/ч может быть рекомендовано применение двухкамерных топок с предтопком МЭИ, с подсосом $\sim 10\%$ газов из второй камеры через окна к корню факела с расположением горелок МЭИ в один или два ряда на потолке предтопка, количество горелок на котел берется из расчета паропроизводительности на одну горелку $\frac{D}{z_{гор}} \approx 16 + 20$ т/ч.

6) Рекомендации по применению горелочных устройств для шахтно-мельничных топок

1. Горелочные устройства в виде открытых амбразур (рис. 15) могут выполняться лишь для котлов малой производительности, $D \leq 35$ т/ч.

2. Амбразуры с горизонтальными рассекателями Подольского завода (рис. 16) рекомендуются к применению на котлах с паропроизводительностью $D > 35$ т/ч, но не более 230 т/ч, так как при большой производительности котлов ШМ топки с простыми амбразурами с рассекателями работают недостаточно удовлетворительно.

3. Эжекционные амбразуры ЦКТИ (рис. 17) применяются на котлах средней и большой паропроизводительности (для $D > 75$ т/ч).

При установке эжекционных амбразур, осуществляемой на фронтальной стене топки для защиты задней стенки топки от шлакования, обычно предусматривается размещение на задней стенке сопел для подачи части вторичного воздуха со скоростями выхода 35–45 м/сек.

4. Горелочные устройства МЭИ сжигания в тонких струях (рис. 18) рекомендуются к применению на котлах как малой, так и средней и большой производительности.

5. Угловое размещение вертикальных амбразур с подачей вторичного воздуха через вертикальные щели, расположенные в амбразурах (рис. 19), применяется при угловом расположении шахтных мельниц для котлов паропроизводительностью 120–230 т/ч.

в) Компоновка горелок в полуоткрытой топке

В практике советского и зарубежного котлостроения в последнее время стали применять так называемые полуоткрытые топки, в которых процесс выжигания пыли отделяется от процесса охлаждения топочных газов. Конструктивно это осуществляется пережимом экранных труб, за счет чего в топке создается две камеры: предтопок и камера охлаждения. Имеется много примеров установки различных видов горелочных устройств в этих топках. Так, например, применяется фронтальное или встречное расположение круглых турбулентных горелок или угловое тангенциальное расположение щелевых поворотных и горелок с тонкими струями.

Полуоткрытые топки обеспечивают хороший выжиг топлива, жидкое шлакоудаление и необходимое охлаждение топочных газов при небольших конструктивных усложнениях в сравнении с обычными топками.

Существенным в развитии полуоткрытых топок является разработанный на кафедре парогенераторостроения МЭИ метод сжигания в пересекающихся струях [6], суть ко-

торого видна из рассмотрения схемы рис. 20 и 21. Пылевоздушная смесь, выходя из узких прямоугольных горелок с тонкими струями с вертикальным расположением щелей, направляется в предтопок под углом 20–30° к горизонту.

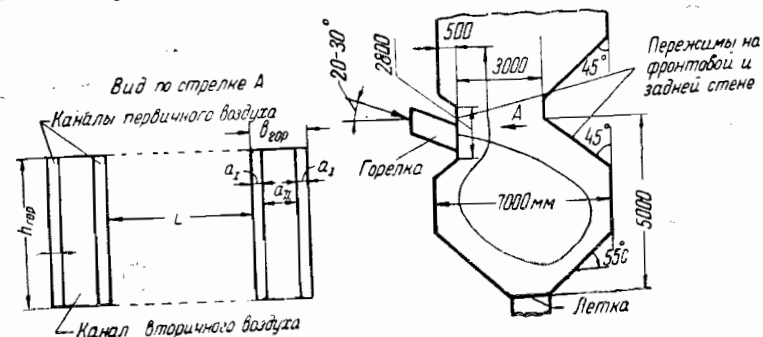


Рис. 20. Схема полуоткрытой топки с пересекающимися струями с фронтальным расположением горелок

В связи с особым соотношением кинетических энергий струй, когда энергия выходящей из горелок пылевоздушной смеси примерно в 3–4 раза больше таковой у топочных газов, выходящих из предтопка, вся масса топочных газов заходит в предтопок и совершает там один оборот, в течение которого происходит полный выжиг топлива. При этом создаются весьма благоприятные условия для воспламенения пылевоздушной струи. Соотношение энергии струй определяется из геометрического критерия M по следующей формуле

$$M = \left[\frac{(B')^2}{h_{гор}'} \right]^2 \cdot T', \quad (111)$$

где M — критерий соотношений кинетической энергии; B' , $h_{гор}'$ — безразмерные величины простенка и высоты горелки;

T' — безразмерная температура

$$B' = \frac{L}{b_{гор}}; \quad h_{гор}' = \frac{h_{гор}}{b_{гор}}; \quad T' = \frac{273 + t_{2в}}{273 + t_{фак}}$$

В топке с пересекающимися струями применяются щелевые горелки конструкции МЭИ с подачей первичного воз-

духа по наружным каналам и вторичного — по внутреннему. Горелки получаются примерно следующих размеров: $h_{гор} = 1000-1200$ мм, ширина щели для первичного воздуха $a_I \approx 50-70$ мм, общая ширина горелки $b_{гор} \approx 400$ мм. Величина критерия M должна быть больше 3,5, причем для котлов паропроизводительностью до 240 т/ч возможно расположение горелок на фронтальной стене (рис. 20), а для котлов большой паропроизводительности — встречное расположение на фронтальной и задней стенах по схеме на рис. 21.

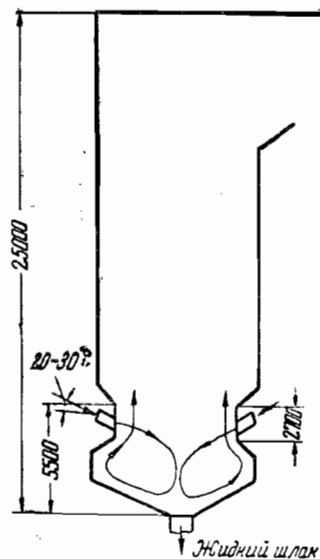


Рис. 21. Схема полуткрытой топки с пересекающимися струями с встречным расположением горелок

Теоретическое решение задачи о зажигании в топке с пересекающимися струями, подтвержденное экспериментальными исследованиями, показывает, что зажигание струй не зависит от скоростей истечения. Это позволяет создать горелки со скоростями истечения до 100 м/сек и единичной производительностью более 10 т/ч условного топлива. Обычно скорость первичного и вторичного воздуха выбирается в этих горелках равной ~50 м/сек.

3. Определение сечения горелки по первичному и вторичному воздуху

Для определения необходимого сечения одной горелки по первичному воздуху f_I и по вторичному f_{II} применяются нижеследующие соотношения.

а) Для пылеугольных топок сечение одной горелки по первичному воздуху равно

$$f_I = \frac{V_{сек\ перв}}{z_{гор} \cdot w_I} \text{ м}^2, \quad (112)$$

где $V_{сек\ перв}$ — секундный расход на котел первичного воздуха (при подаче пыли горячим воздухом) либо се-

кундный расход влажной первичной смеси (при подаче пыли отработавшим сушильным агентом), м³/сек

$$V_{сек\ перв} = \frac{V_{перв\ t}}{3600} \text{ м}^3/\text{сек} \quad (113)$$

или

$$V_{сек\ перв} = \frac{V_{вл\ перв\ см\ t}}{3600} \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (113a)$$

$V_{перв\ t}$ и $V_{вл\ перв\ см\ t}$ — часовой расход первичного воздуха или влажной первичной смеси, м³/ч;

$z_{гор}$ — число горелок на котел;

w_I — рекомендуемая скорость первичного воздуха, принимаемая по данным таблицы 2 в зависимости от типа горелок и рода топлива, м/сек.

Таблица 2
Рекомендуемые значения w_I и w_{II} (в м/сек) для разных типов горелок и видов топлива

№ п/п	Тип горелок	Антрацитовый штыв		Тощие угли		Каменные и бурые угли	
		w_I , м/сек	w_{II} , м/сек	w_I , м/сек	w_{II} , м/сек	w_I , м/сек	w_{II} , м/сек
1	Круглые горелки ТКЗ (двухулиточные) и Оргрэс (с рассекателем)	12—16	18—22	16—20	20—25	20—26	25—30
2	Круглые горелки ВТИ (с завихривающими лопатками)	—	—	—	—	25—30	30—35
3	Щелевые угловые поворотные горелки Подольского завода	—	—	22—27	27—32	27—32	32—37
4	Щелевые горелки Оргрэс-БПК (с рассекателем)	—	—	14—20	19—29	14—20	19—29
5	Щелевые горелки БПК перчаточного типа	—	—	14—20	19—29	14—20	19—29
6	Щелевые горелки МЭИ сжигания в тонких струях [отношение высоты горелки МЭИ (h) к ее ширине (b) рекомендуется принимать равным $h/b=3-4$]	25—30	30—35	25—30	30—35	25—30	30—35

Примечание. Для котлов малой мощности $D \leq 50$ т/ч рекомендуются следующие значения скоростей

$$w_I = 15 \text{ м/сек}, \quad w_{II} = 18-20 \text{ м/сек}.$$

Сечение одной горелки по вторичному воздуху определяется по соотношению

$$f_{II} = \frac{V_{сек II}}{z_{гор} \cdot w_{II}} \text{ м}^2. \quad (114)$$

Здесь $V_{сек II}$ — секундный расход на котел горячего вторичного воздуха, $\text{м}^3/\text{сек}$, равный

$$V_{сек II} = \frac{V_{II t}^{возд}}{3600} \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (115)$$

где $V_{II t}^{возд}$ — часовой расход вторичного воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$;

w_{II} — рекомендуемая скорость вторичного воздуха, принимается по таблице 2, $\text{м}/\text{сек}$.

По найденным значениям f_I и f_{II} вычисляются основные габаритные размеры горелки.

Для сбросных горелок, служащих для подачи в топку отработавшего сушильного агента при подаче пыли горячим воздухом (схема № 1, рис. 1) скорость выхода из горелок берется равной $w_{сбр} = 30-40 \text{ м}/\text{сек}$, а число сбросных горелок ($z_{сбр}$) берется равным или несколько меньше числа основных горелок ($z_{гор}$), сечение одной сбросной горелки находится из соотношения

$$f_{сбр} = \frac{V_{сек сбр}}{z_{сбр} \cdot w_{сбр}} \text{ м}^2, \quad (116)$$

где $V_{сек сбр}$ — секундный расход отработанной влажной смеси сбрасываемого (сушильного агента), $\text{м}^3/\text{сек}$,

$$V_{сек сбр} = \frac{V_{сбр t}}{3600} = \frac{V_{сбр}}{3600} \cdot \frac{273 + t_2}{273} \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (117)$$

где $V_{сбр}$ — объемный расход сбрасываемого сушильного агента, выраженный в $\text{нм}^3/\text{ч}$.

б) Для шахтно-мельничных топок определение сечений для прохода первичного и вторичного воздуха производится по нижеследующим формулам.

Сечение одного горелочного устройства для прохода первичного воздуха определяется по формуле

$$f_I = \frac{V_{перв t}}{3600 \cdot z_{гор} \cdot w_I} \text{ м}^2, \quad (118)$$

где $V_{перв t}$ — расход первичного воздуха (влажной смеси), выраженный в $\text{м}^3/\text{ч}$;

$z_{гор}$ — число горелочных устройств в топке, которое для шахтно-мельничных топок первых четырех типов, то есть для открытых амбразур с горизонтальными рассекающими эжекционных амбразур ЦКТИ и вертикальных амбразур, расположенных по углам топки, принимается равным числу амбразур или числу шахтных мельниц на котле, то есть

$$z_{гор} = z_{амбр} = z_{мел}.$$

Для шахтно-мельничных топок с горелочными устройствами МЭИ с тонкими струями, в которых применяется расположение в каждой амбразуре от двух (при малых и средних мельницах) до трех горелочных устройств (при больших типоразмерах мельниц), число горелочных устройств в топке получается соответственно большим числа амбразур

$$z_{гор} = z_{амбр} \cdot m, \quad (119)$$

где $m = 2-3$ — число горелок в амбразуре.

Скорость w_I первичного воздуха в горелочных устройствах шахтно-мельничных топок берется по данным таблицы 3.

Сечение одного горелочного устройства для прохода вторичного воздуха f_{II} определяется следующим образом.

В топках с открытыми амбразами вторичный воздух подается прежде всего через шлицы — сопла, расположенные выше и ниже амбразуры (верхние сопла выполняются с уклоном вниз под углом $45-55^\circ$, а нижние — вверх под углом $25-35^\circ$). Однако кроме этого основного потока вторичного воздуха, небольшая часть его в количестве $10-15\%$ воздуха, идущего на горение, подается через сопла на задней стене топки, располагаемые на уровне амбразур горизонтально или с наклоном вниз на 15° ,

$$V_{II з ст}^{возд} = (0,10 + 0,15) \cdot V_{общ топ}^{возд} \text{ нм}^3/\text{ч}, \quad (120)$$

со скоростью

$$w_{II з ст} = 35 + 45 \text{ м}/\text{сек}.$$

Таблица 3

Рекомендуемые значения w_I и w_{II} в горелочных устройствах шахтно-мельничных топок

№ п/п	Тип горелочного устройства	Скорость первичного воздуха, м/сек	Скорость вторичного воздуха, м/сек	Скорость на выходе из сопел на задней стенке, м/сек	Скорость на выходе из сопел в устье холодной воронки, м/сек
1	Открытая амбразура	4÷6	20÷40	35÷45	4÷6
2	Амбразура с горизонтальным рассекателем Подольского завода	4÷6	20÷40	35—45	(5—6)*
3	Эжекционная амбразура ЦКТИ	4÷6	$w_{II}^{верх соп} = 15÷20$ $w_{II}^{ниж соп} = 25÷30$	35÷45	(5—6)*
4	Вертикальные амбразурные по углам топки	15÷18	30÷35	—	(5—6)*
5	Горелочные устройства МЭИ с тонкими струями (при установке в виде вертикальных амбразур по углам топки)	25÷30	30÷35**	—	—

Кроме того, 5÷15% воздуха подается через устье холодной воронки (при сжатии фрезторфа 10—15%)

$$V_{II \text{ х в}}^{возд} = (0,05 \div 0,10) \cdot V_{общ \text{ тпк}}^{возд} \text{ н.м}^3/\text{ч} \quad (121)$$

с небольшой скоростью

$$w_{II}^{х в} = 4 \div 6 \text{ м/сек.}$$

* Нижнее дутье вторичного воздуха через устье холодной воронки для горелочных устройств пп. 2, 3, 4 рекомендуется лишь при сжигании фрезерного торфа, для остальных топлив — не требуется.

** Для малых котлов ($D \leq 50 \text{ м/ч}$) значения w_I и w_{II} берутся равными $w_I = 15 \text{ м/сек}$, $w_{II} = 18 \div 20 \text{ м/сек}$.

Таким образом, общий поток вторичного воздуха распределяется на несколько потоков

$$V_{II}^{возд} = V_{II \text{ гор}}^{возд} + V_{II \text{ э ст}}^{возд} + V_{II \text{ х в}}^{возд} \text{ н.м}^3 \text{ возд/ч}, \quad (122)$$

при этом расход вторичного воздуха через сопла горелки (то есть через шлицы над и под амбразурой) определяется из соотношения

$$V_{II \text{ гор}}^{возд} = V_{II}^{возд} - V_{II \text{ э ст}}^{возд} - V_{II \text{ х в}}^{возд} \text{ н.м}^3 \text{ возд/ч}. \quad (123)$$

Необходимое выходное сечение сопла вторичного воздуха определяется по нижеследующим соотношениям:

а) шлицы над и под амбразурой (для амбразур)

$$f_{II \text{ гор}} = \frac{V_{II \text{ гор}}^{возд} \cdot \frac{273 + t_{2 \text{ в}}}{273}}{3600 \cdot z_{гор} \cdot w_{II \text{ гор}}} \text{ м}^2, \quad (124)$$

где $z_{гор}$ — число амбразур;
 $w_{II \text{ гор}}$ — рекомендуемая скорость вторичного воздуха на выходе из сопел (шлиц), которая берется по рекомендациям таблицы 3, м/сек;

б) сопла на задней стенке

$$f_{II \text{ э ст}} = \frac{V_{II \text{ э ст}}^{возд} \cdot \frac{273 + t_{2 \text{ в}}}{273}}{3600 \cdot z_{гор} \cdot w_{II \text{ э ст}}} \text{ м}^2; \quad (125)$$

в) сопла, расположенные в устье холодной воронки.

$$f_{II \text{ х в}} = \frac{V_{II \text{ х в}}^{возд} \cdot \frac{273 + t_{2 \text{ в}}}{273}}{3600 \cdot z_{гор} \cdot w_{II \text{ х в}}} \text{ м}^2. \quad (126)$$

В топках с амбразурами с горизонтальными рассекателями Подольского завода и с эжекционными амбразурами ЦКТИ поток вторичного воздуха распределяется таким образом, что основная масса идет через сопла у амбразур ($V_{II \text{ гор}}^{возд}$), а небольшая часть поступает через сопла, расположенные на задней стенке топки. Через сопла в устье холодной воронки в указанных горелочных устройствах вторичный воздух подается лишь при сжигании фрезерного торфа. Следовательно, в последнем случае для фрезторфа расчет сечений $f_{II \text{ гор}}$, $f_{II \text{ э ст}}$ и $f_{II \text{ х в}}$ производится по приведенным формулам для простой открытой амбразуры. При сжигании же углей каменных и бурых, а также сланцев зна-

чения $f_{II \text{ гор}}$ и $f_{II \text{ з ст}}$ также определяются по приведенным выше формулам для открытой амбразуры, а расход вторичного воздуха через горелки (амбразуры) определяется по соотношению

$$V_{II \text{ гор}}^{\text{возд}} = V_{II}^{\text{возд}} - V_{II \text{ з ст}}^{\text{возд}} \text{ н.м}^3/\text{ч.} \quad (127)$$

В амбразуре с рассекателем ввод основной массы вторичного воздуха $V_{II \text{ гор}}^{\text{возд}}$ осуществляется через шлицы — сопла, расположенные над и под амбразурой, под углом встречи с потоком первичного воздуха в $10 \div 15^\circ$ над и $15 \div 18^\circ$ под амбразурой.

В эжекционной амбразуре ЦКТИ угол между воздушными соплами берется в зависимости от вида сжигаемого топлива в пределах $45 \div 90^\circ$ (большой угол для углей с меньшим выходом летучих).

В горелочных устройствах в виде вертикальных амбразур, располагаемых по углам топki, а также в случае применения горелочных устройств МЭИ с тонкими струями, располагаемых обычно на фронтальной стене топki в устье амбразур, весь поток вторичного воздуха подается только через горелочные устройства, и сечение одной горелки для прохода вторичного воздуха определяется по соотношению

$$f_{II} = \frac{V_{II}^{\text{возд}}}{3600 \cdot z_{\text{гор}} \cdot w_{II}} \text{ м}^2, \quad (128)$$

где $V_{II}^{\text{возд}}$ — общий расход горячего вторичного воздуха, $\text{м}^3/\text{сек}$;

$z_{\text{гор}}$ — число горелочных устройств на котел, равное для вертикальных амбразур по углам топki

$$z_{\text{гор}} = z_{\text{амбр}} = z_{\text{м.л.}}$$

а для горелочных устройств МЭИ с тонкими струями

$$z_{\text{гор}} = z_{\text{амбр}} \cdot m,$$

где $m=2 \div 3$ — число горелок в одной амбразуре.

Примечание. При угловом расположении шахтных мельниц по углам топki (при $z_{\text{м}}=4$ или 8 шт.) может быть рекомендована установка по углам топki горелок МЭИ с тонкими струями с наружной подачи пыли и внутренней подачи воздуха с расположением горелочных устройств в один или два яруса ($z_{\text{гор}}=4$ или 8 шт.).

в) Расчет горелочных устройств МЭИ с тонкими струями при установке в амбразуре шахтных мельниц. Расчет горелочных устройств МЭИ с тонкими струями, устанавливаем

ых в амбразуре шахтной мельницы, рекомендуется производить с учетом того обстоятельства, что вторичный воздух, выходящий из сопел с большой скоростью ($w_{II}=30 \div 40 \text{ м/сек}$ и выше), обладает значительной эжектирующей способностью и подсасывает (эжектирует) пылевоздушную смесь, несомую потоком первичного и вторичного воздуха.

Общий поток после смешения первичного и вторичного воздуха поступает в топку через выходные отверстия амбразур, имеющие форму вертикальных узких щелей с выходной скоростью порядка (в среднем) $w_{\text{вых}}=20 \div 35 \text{ м/сек}$.

При этом расчет сечений горелочных устройств МЭИ с тонкими струями ведется по приведенным ниже формулам и в следующей последовательности.

Определение сечения $f_{\text{вых}}$ для выходящей смеси из горелки

1) Принимаем величину выходной скорости смеси $w_{\text{вых}}$ в зависимости от паропроизводительности по нижеследующим рекомендациям [4]:

Паропроизводительность котла D , т/ч	до 35	$50 \div 75$	$90 \div 120$	230 и выше
Скорость смеси, м/сек	$14 \div 16$	$15 \div 20$	$20 \div 25$	$25 \div 35$

2) Определяем среднюю температуру пылевоздушной смеси на выходе из горелки, учитывая, что смешиваются, с одной стороны, потоки влажной первичной смеси и угольной пыли, температуры t_1 и, с другой стороны, поток горячего вторичного воздуха, температуры t_2 , для схем № 4, № 5, либо как в случае схемы № 6, что происходит смешение потока горячего первичного воздуха (t_1) потока пыли температуры $t_{\text{п.л.}} \approx t_2 - 20^\circ\text{C}$ и потока горячего вторичного воздуха температуры t_2 .

Для замкнутых схем пылеприготовления № 4 и № 5 формула для $t_{\text{см}}$ имеет вид.

$$t_{\text{см}} = \frac{(V_{\text{в.л. см}} - V_{\text{м.л.}}^{\text{вн}}) \cdot c_{\text{возд}} \cdot t_2 + V_{\text{м.л.}}^{\text{вн}} \cdot c_{\text{вн}} \cdot t_2 +}{(V_{\text{в.л. см}} - V_{\text{м.л.}}^{\text{вн}}) \cdot c_{\text{возд}} + V_{\text{м.л.}}^{\text{вн}} \cdot c_{\text{вн}} +} + \frac{100 - W^{\text{п}}}{100 - W^{\text{п.л.}}} \cdot B_{\text{кот}} \cdot c_{\text{п.л.}} \cdot t_2 - V_{II}^{\text{возд}} \cdot c_2 \cdot t_2}{+ \frac{100 - W^{\text{п}}}{100 - W^{\text{п.л.}}} \cdot B_{\text{кот}} \cdot c_{\text{п.л.}} + V_{II}^{\text{возд}} \cdot c_2} \cdot t_2 \quad (129)$$

а для разомкнутой схемы пылеприготовления № 6 с подачей пыли горячим первичным воздухом формула для $t_{см}$ принимает другой вид

$$t_{см} = \frac{V_{перв} \cdot c_{2в} \cdot t_{2в} + \frac{100 - W^p}{100 - W^{п.л}} \cdot B_{кот} \cdot c_{п.л} \cdot t'_{п.л} + V_{II}^{возд} \cdot c_{2в} \cdot t_{2в}}{V_{перв} \cdot c_{2в} + \frac{100 - W^p}{100 - W^{п.л}} \cdot B_{кот} \cdot c_{п.л} + V_{II}^{возд} \cdot c_{2в}} \text{ } ^\circ\text{C.} \quad (130)$$

В этих формулах обозначения большинства величин были указаны выше [$V_{б.л.см}$; $V_{перв}$; $V_{п.л}^{ан}$; $V_{II}^{возд}$ — $\text{н.м}^3/\text{ч}$; $B_{кот}$ — кг тл/ч];

$c_{возд}$ и $c_{2в}$ — теплоемкость воздуха соответственно при температуре t_2 и $t_{2в}$, $\text{ккал н.м}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$c_{в.п.}$ — теплоемкость водяных паров, $\text{ккал н.м}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$c_{п.л.}$ — теплоемкость пылевидного топлива, определяемая по формуле, $\text{ккал кг } ^\circ\text{C}$

$$c_{п.л.} = \frac{100 - W^{п.л.}}{11.0} \cdot \left(c_{сух} + \frac{W^{п.л.}}{100 - W^{п.л.}} \right) \text{ ккал/кг град,} \quad (131)$$

$t'_{п.л.}$ — температура пыли, поступающей из промбункера в пылепровод (схема № 6), $^\circ\text{C}$, может быть взята равной

$$t'_{п.л.} \approx t_2 - 20^\circ\text{C.}$$

3) Определяем необходимую площадь выходного сечения одной горелки $f_{вых}$ по формуле

$$f_{вых} = \frac{(V_{перв} + V_{II}^{возд}) \cdot \frac{273 - t_{см}}{273}}{3600 \cdot z_{гор} \cdot w_{вых}} \text{ м}^2, \quad (132)$$

где $z_{гор}$ — общее число горелок, равное

$$z_{гор} = z_{амбр} \cdot m,$$

где m — число горелок (вертикальных щелей) в одной амбразуре, принимаемое обычно равным от 2 до 3, исходя из условия получения простенка между соседними горелками размером ~ 700 — 1000 мм (большин простенок получается для котлов большой паропроизводительности).

Определение сечения f_I для прохода первичного воздуха

Сечение одной горелки для прохода первичного воздуха определяется по соотношению

$$f_I = \frac{V_{перв} t}{3600 z_{гор} \cdot w_I} \text{ м}^2, \quad (133)$$

где $V_{перв} t$ — часовой расход влажной первичной смеси (схемы №№ 4, 5) либо горячего первичного воздуха (схема № 6), $\text{м}^3/\text{ч}$;

w_I — скорость первичного воздуха или влажной первичной смеси в каналах первичного воздуха горелки (по бокам от сопла вторичного воздуха), м/сек , значение w_I рекомендуется принимать в пределах

$$w_I = 7 + 12 \text{ м/сек.}$$

Определения сечения f_{II} для прохода вторичного воздуха и необходимой скорости вторичного воздуха

Необходимая скорость истечения вторичного воздуха из сопел определяется из условия равенства суммы количества движения смешивающихся потоков первичного воздуха с пылью и вторичного воздуха — количеству движения смеси на выходе из устья горелки

$$\frac{(g_{перв см} - 1) w_I}{g} + \frac{g_{втор} \cdot w_{II}}{g} = \frac{(g_{перв см} - g_{втор} - 1) \cdot w_{вых}}{g} \text{ кг сек,} \quad (134)$$

где $g_{перв}$ и $g_{втор}$ — количество первичной влажной смеси (схемы №№ 4, 5) или первичного горячего воздуха (схема № 6) на 1 кг топлива, кг ч или кг сек ;

w_I ; w_{II} ; $w_{вых}$ — соответственно скорости первичного, вторичного воздуха и смеси на выходе из горелки в топку, м сек ;

g — ускорение силы тяжести, м сек^2 .

Это уравнение для практических расчетов удобнее представить в таком виде

$$\begin{aligned} & (V_{перв}^{возд} \cdot \gamma_{возд} + B_{кот}) \cdot w_I + V_{II}^{возд} \cdot \gamma_{возд} \cdot w_{II} = \\ & = [(V_{перв}^{возд} + V_{II}^{возд}) \cdot \gamma_{возд} + B_{кот}] \cdot w_{вых} \end{aligned} \quad (135)$$

решение этого уравнения относительно w_{II} дает значение необходимой скорости вторичного воздуха w_{II}

$$w_{II} = \frac{[(V_{перв}^{возд} + V_{II}^{возд}) \cdot \gamma + B_{кот}] w_{вых} - (V_{перв}^{возд} \cdot \gamma_{возд} + B_{кот}) w_I}{V_{II}^{возд} \cdot \gamma_{возд}} \text{ м/сек,} \quad (136)$$

в этой формуле через $V_{перв}^{возд}$ обозначено количество воздуха (либо воздуха с топочными газами) во влажной первичной смеси без водяных паров топлива (см. схемы №№ 4 и 5), то есть

$$V_{перв}^{возд} = V_{в.л.см} - V_{т.л} \text{ н.м}^3/\text{ч},$$

$V_{II}^{возд}$ — расход вторичного воздуха на котел в час, $\text{н.м}^3/\text{ч}$;

$B_{кот}$ — часовой расход топлива на котел, $\text{кг}/\text{ч}$;

$\gamma_{возд}$ — удельный вес воздуха, равная $1,285 \text{ кг н.м}^3$.

По найденному значению w_{II} вычисляем необходимую площадь выходного сечения сопла вторичного воздуха на одну горелку по формуле

$$f_{II} = \frac{V_{II}^{возд}}{3600 \cdot z_{гор} \cdot w_{II}} \text{ м}^2, \quad (137)$$

где $V_{II}^{возд}$ — часовой расход горячего вторичного воздуха на котел, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$z_{гор} = z_{амбр} \cdot m$ — число горелок на котел;

$m = 2 \div 3$ — число горелок в одной амбразуре.

По найденным значениям f_I ; f_{II} ; $f_{вых}$ подсчитываются основные размеры горелочного устройства.

Учитывая рекомендуемое отношение высоты одной горелки к ее ширине в выходном сечении $b_{вых}$

$$\frac{h_{гор}}{b_{вых}} = 3 \div 4,5,$$

задавшись значением $\left(\frac{h_{гор}}{b_{вых}}\right)$, вычисляем необходимую ширину выходного сечения одной горелки по формуле

$$b_{вых} = \sqrt{\frac{f_{вых}}{\left(\frac{h_{гор}}{b_{вых}}\right)}} \text{ м} \quad (138)$$

и далее находим высоту горелки $h_{гор}$ по соотношению

$$h_{гор} = b_{вых} \cdot \left(\frac{h_{гор}}{b_{вых}}\right) \text{ м.} \quad (139)$$

Примечание. Обычно высота горелки принимается в пределах $h_{гор} = 1000-1500 \text{ мм}$, а ширина ее $b_{вых} = 250 \div 400 \text{ мм}$.

Высоту сопла вторичного воздуха рекомендуется брать по соотношению

$$h_c = h_{гор} - a, \quad (140)$$

где $a = 0 \div 200 \text{ мм}$.

Ширина сопла вторичного воздуха составляет

$$b_{II} = \frac{f_{II}}{h_c} \text{ м.} \quad (141)$$

Ширина каналов первичного воздуха b_I (по бокам от сопла вторичного воздуха) определяется с учетом соотношения

$$f_I = 2b_I \cdot h_{гор} + b_{II} \cdot a$$

по формуле

$$b_I = \frac{f_I - b_{II} \cdot a}{2 \cdot h_{гор}} \text{ м,} \quad (142)$$

а при $a = 0$,

$$b_I = \frac{f_I}{2 \cdot h_{гор}} \text{ м.} \quad (143)$$

4. Расчет сопротивления горелок

Сопротивление горелки по первичному воздуху определяется по формуле

$$\Delta p_{перв} = \xi_0_{перв} \cdot (1 + \mu) \cdot \frac{w_I^2}{2g} \cdot \gamma_I \text{ кг м}^2 (\text{мм вод ст}), \quad (144)$$

где w_I — скорость первичного воздуха, м/сек ;
 γ_I — удельный вес первичного воздуха или влажной первичной смеси, кг м^3 ;
 μ — концентрация пыли (топлива) в пылевоздушном потоке определяется по соотношению

$$\mu = \frac{B_{кот}}{V_{перв} \cdot \gamma_I} \text{ кг т.л./кг возд,} \quad (145)$$

$\xi_0_{перв}$ — коэффициент сопротивления горелки по первичному воздуху на незапыленном потоке. Значения $\xi_0_{перв}$ см. в таблице 4.

Таблица 4

Значения коэффициента сопротивления горелочных устройств по первичному воздуху (на незапыленном потоке) и по вторичному воздуху

№ п/п	Тип горелочного устройства	$\xi_{\text{перв}}$	$\xi_{\text{втор}}$
I. Горелки пылеугольных топок			
1	Круглая горелка ТКЗ	2,8	2,8
2	Круглая горелка Оргрэс при угле рассекателя = 120° при угле рассекателя = 90°	3 2	2,8
3	Круглая горелка ВТИ с завихривающими лопатками	~2,8	~2
4	Щелевая угловая поворотная горелка Подольского завода	~2	~2
5	Щелевая горелка Оргрэс—БПК с рассекателем	1,7	1,5
6	Щелевая горелка БПК перчаточного типа	2,0	2,2
7	Щелевая горелка МЭИ с тонкими струями	1,1÷1,2	1,3
II. Горелочные устройства шахтно-мельничных топок			
1	Открытая амбразура	1,0	шлицы —1,5
2	Амбразура с горизонтальным рассекателем Подольского завода	1,0	шлицы —1,5
3	Эжекционная амбразура ЦКТИ	1,0	1,3
4	Вертикальные амбразуры по углам топки	~1,5	1,3÷1,5
5	Горелочные устройства МЭИ с тонкими струями в вертикальных угловых амбразурах	~1,0	1,3
6	Горелочные устройства МЭИ с тонкими струями в амбразурах шахтных мельниц	~1,0	1,3

Сопротивление горелки по вторичному воздуху или давление в коробе вторичного воздуха перед горелкой составляет

$$\Delta p_{\text{втор}} = \xi_{\text{втор}} \cdot \frac{w_{II}^2}{2g} \cdot \gamma_{II}, \text{ кг/м}^2 \text{ (мм вод ст)}, \quad (146)$$

где w_{II} — скорость вторичного воздуха, м/сек;
 γ_{II} — удельный вес горячего вторичного воздуха, кг/м³;

$\xi_{\text{втор}}$ — коэффициент сопротивления горелки по вторичному воздуху на незапыленном потоке, значения которого даны в таблице 4.

5. Расчет эжекторных устройств в топках котлоагрегатов

Существенным элементом ряда современных топок котлоагрегатов являются эжекторные устройства либо в чистом виде, либо в качестве части горелочного устройства.

Для эффективного размолла и сжигания высоковлажных бурых углей в шахтно-мельничных топках необходима предварительная подсушка топлива до мельницы с помощью высокотемпературного сушильного агента. Для этой цели предусматривается использование отбираемых из топки дымовых газов, направляемых к расположенной до мельницы опускной сушильной шахте. При этом существенным является вопрос о том, каким образом осуществить отсос топочных газов. Разрежения, создаваемые молотковыми мельницами, для этого явно недостаточно. В разработанной ВТИ схеме [7] дано достаточно простое решение вопроса: необходимое разрежение создается одним эжекторным устройством, расположенным в горелках, за счет напора поступающего в них вторичного воздуха. При простоте этой схемы во избежание значительного повышения напора вторичного воздуха приходится применять низкие скорости на выходе из горелок порядка 10—12 м/сек, что не благоприятствует интенсификации сжигания.

В разработанной в МЭИ схеме используется напор обоих потоков горячего воздуха как первичного, так и вторичного с помощью двух эжекторных устройств: одного — на потоке первичного воздуха, и другого — в горелочных устройствах. Поток горячего первичного воздуха направляется в качестве рабочего агента в специальный газовый эжектор, устанавливаемый в верхней части сушильной шахты, и за счет его на-

пора создается необходимое разрежение для отсоса топочных газов из топки, и преодоления сопротивления участков тракта, расположенных до мельницы (газопровод топочных газов, опускная сушильная шахта). Сопротивление же сепаратора того или иного типа, установленного после мельницы, и горелок преодолевается за счет разрежения, развиваемого эжекторными горелочными устройствами МЭИ с тонкими струями.

Как показали специально выполненные в МЭИ расчеты для котла 210 т/ч, необходимый напор горячего воздуха получился равным: перед газовым эжектором — 122, перед горелочным устройством — 80 мм вод ст, при скоростях на выходе из горелок 27 м/сек. Таким образом, потребный напор горячего воздуха за воздухоподогревателем получается небольшим, при возможности иметь эффективные горелочные устройства.

На основании закона импульсов, выражающего равенство изменения количества движения — изменению импульса сил давления потоков до и после камеры смешения эжекторного устройства, можно написать [8]

$$\frac{G_p}{g} \cdot w_{p2} + \frac{G_n}{g} w_{n2} - \frac{G_p + G_n}{g} w_3 = p_3 f_3 - (p_{p2} f_{p2} + p_{n2} f_{n2}) \text{ кг сек/сек}, \quad (147)$$

где w_{p2} , w_{n2} , w_3 (м/сек), p_{p2} , p_{n2} , p_3 (кг/м²), f_{p2} , f_{n2} , f_3 (м²) — суть соответственно скорости, статические (абсолютные) давления и сечения рабочего и инжектируемого потоков во входном сечении камеры смешения и смешанного потока — в выходном сечении этой камеры (рис 22); G_p , G_n , G_c — весовые расходы соответственно рабочего, инжектируемого и смешанного потоков ($G_c = G_p + G_n$), кг/сек, причем очевидно

$$f_{p2} + f_{n2} = f_3 \text{ м}^2. \quad (148)$$

На рис. 22 б показано изменение давлений вдоль эжекторного устройства, — статическое давление рабочего потока сильно падает от значения p_p перед соплом эжектора до минимального давления p_2 в начальном сечении (2—2) камеры смешения; статическое давление инжектируемого потока незначительно уменьшается от давления p_n в приемной камере эжекторного устройства до того же значения

p_2 в начальном сечении (2—2) камеры смешения, причем практически вполне можно принять, что

$$p_2 \approx p_n. \quad (149)$$

В камере смешения происходит значительный рост статического давления от p_2 — в начальном, до величины p_3 — в конечном ее сечении; в диффузорном участке эжекторного

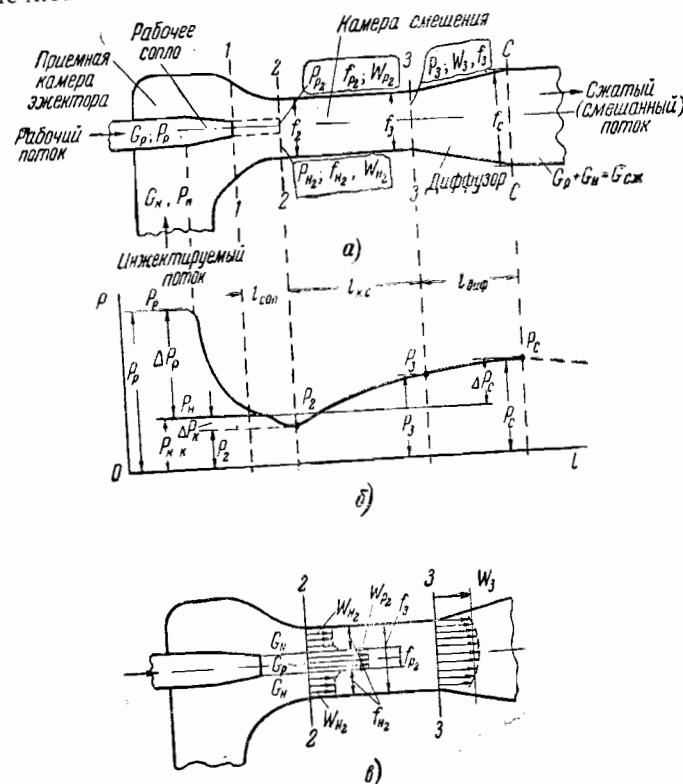


Рис. 22. Схема струйного аппарата

устройства происходит дальнейшее, более замедленное увеличение давления, до величины p_c в конце диффузора. При отсутствии диффузорного участка, как это имеет место в приведенных схемах рис. 23, 24, расширение потока и рост статического давления будет наблюдаться и после камеры смешения, но с значительно худшим диффузорным эффек-

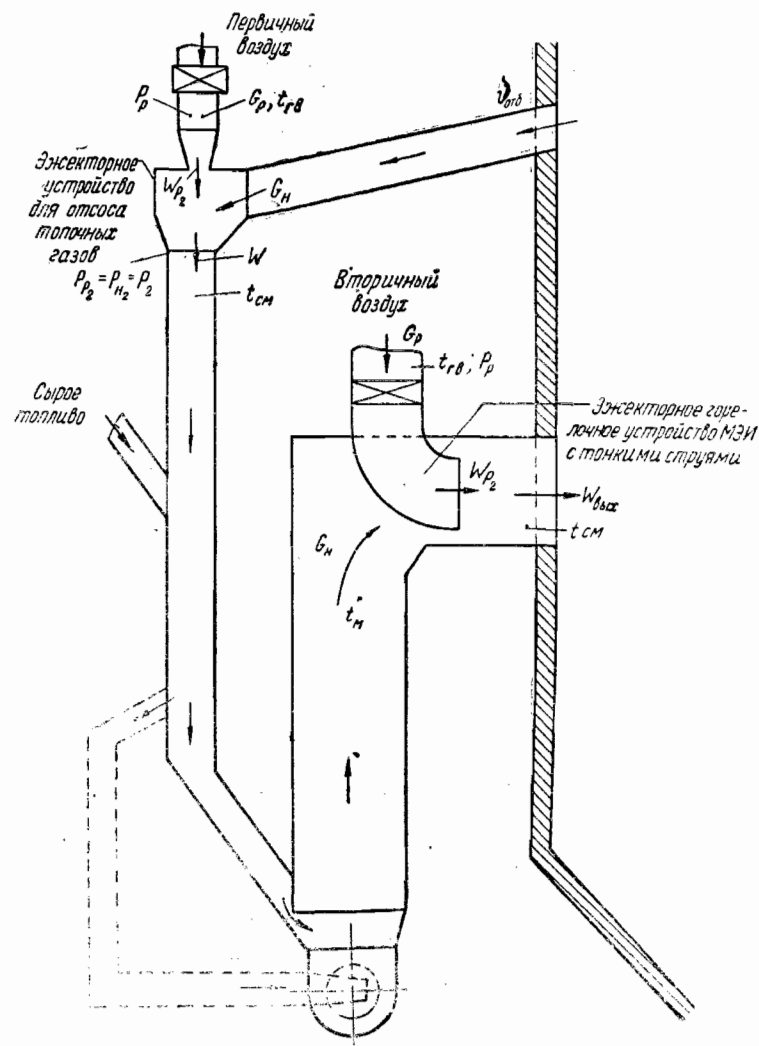


Рис. 23. Схема эжекторного устройства для отсоса газов из топки

том, при более низком росте статического давления. Эпюры скоростей во входном и выходном сечениях камеры смешения показаны на рис. 22 в.

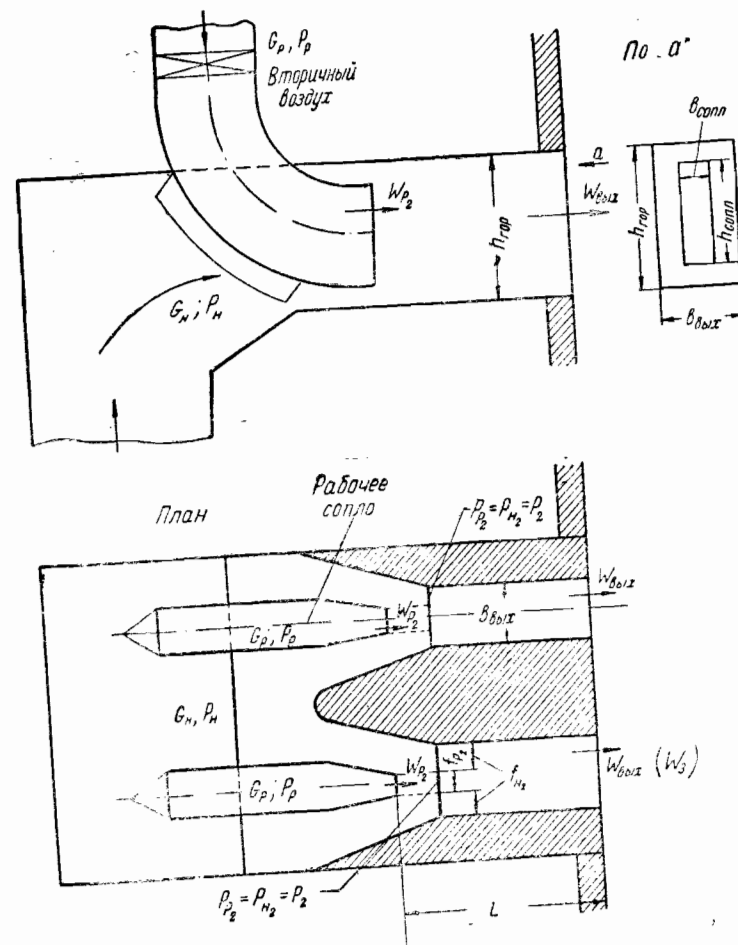


Рис. 24. Схема горелочного устройства МЭИ с тонкими струями

Для практического пользования уравнением закона импульсов (147) правую часть его можно несколько упростить. Учитывая, что статические давления P_p и P_{H2} рабочего и инжектируемого потоков в начальном сечении камеры сме-

шения практически одинаковы и равны давлению p_2 , и учитывая, далее, что начальное f_2 и конечное f_3 сечения камеры смешения также равны между собою с учетом соотношения (148), получим нижеследующее выражение для изменения импульса сил давления

$$\Sigma p f = p_3 f_3 - p_2 f_2 = p_3 f_3 - p_2 f_3$$

или

$$\Sigma p f = (p_3 - p_2) \cdot f_3 \text{ кг сек/сек.} \quad (150)$$

В результате формула (147) может быть переписана с учетом соотношения (149) в виде нижеследующего расчетного уравнения

$$\frac{G_p}{g} w_{p2} + \frac{G_n}{g} w_{n2} - \frac{G_p + G_n}{g} w_3 = (p_3 - p_n) \cdot f_3^* \text{ кг сек/сек.} \quad (151)$$

В полученном уравнении величины расходов G_p и G_n определяются на основании воздушного баланса топки и системы пылеприготовления. Скорость w_3 — в эжекторном устройстве для отбора газов из топки принимается из конструктивных соображений (в пределах 20—25 м/сек), а в горелочном устройстве $w_3 = w_{вых}$ — это выходная скорость смеси из горелки, принимаемая в соответствии с существующими рекомендациями (см. § 3, II части, стр. 69). Величина f_3 вычисляется по принятому значению w_3 . Давление p_n инжектируемого потока и давление p_3 смешанного потока в конце камеры смешения рассчитываются по приведенным ниже формулам. Величина скорости w_{n2} инжектируемого потока в начальном сечении камеры смешения вычисляется по расходу и величине f_{n2} [см. формулу (148)].

Наконец, скорость w_{p2} рабочего потока подсчитывается по уравнению (151). Она является искомой величиной в расчете эжекторного устройства, и на ее основе затем определяется необходимый напор горячего воздуха.

Величина конечного сечения камеры смешения эжектора для отбора газов из топки определяется по соотношению

$$f_3 = \frac{(V_{p0} + V_{n0}) \cdot \frac{273 + t_{с.ж}}{273}}{w_3} \text{ м}^2, \quad (152)$$

* Так как в правую часть уравнения входит разность давлений, то вместо абсолютных можно брать манометрические давления.

где V_{p0} и $V_{н0}$ — секундный расход рабочего и инжестируемого потока на одну шахтную мельницу, определяемые из воздушного баланса системы пылеприготовления, $\text{нм}^3/\text{сек}$;

$t_{см}$ — температура смеси в конце камеры смешения

$$t_{см} = \frac{V_{p0} \cdot c_{в} \cdot t_{в} + V_{н0} \cdot c_{тг} \cdot t_{тг}}{V_{p0} \cdot c_{в см} + V_{н0} \cdot c_{тг см}} \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (153)$$

где $c_{в}$ и $c_{тг}$ — теплоемкость рабочего потока (воздуха) и инжестируемого потока (топочных газов) при соответствующих температурах, $\text{ккал}/\text{нм}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$c_{в см}$ и $c_{тг см}$ — то же при температуре смеси, которой предварительно приходится задаваться с последующей проверкой, $\text{ккал}/\text{нм}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Величина f'_3 или $f_{вых}$ выходного сечения одной горелки определяется по формуле

$$f'_3 = f_{вых} = \frac{f_3}{z_{гор}} \text{ м}^2, \quad (154)$$

а f_3 — по формуле (152).

Здесь $z_{гор}$ — число горелочных устройств на одну шахтную мельницу, равное обычно $2 \div 3$.

Температура смеси за камерой смешения (на выходе из горелок) определяется по формуле

$$t_{см} = \frac{(V_I^{гозд} \cdot c_{в} \cdot t''_{м} + V_{тг}^{газ} \cdot c_{г} \cdot t''_{м} + V_{вп} \cdot c_{вп} \cdot t''_{м} + B_{сек пл} \cdot c_{пл} \cdot t''_{м}) +}{(V_I^{гозд} \cdot c_{в см} + V_{тг}^{газ} \cdot c_{г см} + V_{вп} \cdot c_{вп см} + B_{сек пл} \cdot c_{пл см}) +} \\ + \frac{V_{II}^{гозд} \cdot c_{гв} \cdot t_{гв}}{+ V_{II}^{гозд} \cdot c_{гв см}} \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (155)$$

в которой теплоемкости первичного воздуха $c_{в}$, топочных газов $c_{г}$, водяных паров $c_{вп}$ и угольной пыли $c_{пл}$ берутся для выражения в числителе — при температуре за мельницей $t''_{м}$, а для выражений в знаменателе — для предварительно оцененной температуры смеси $t''_{см}$. Точно также $c_{гв}$ берется для выражения в числителе в температуре горячего воздуха $t_{гв}$, а для выражения в знаменателе — по величине $t''_{см}$.

Входящие в формулу для $t_{см}$ величины $V_{возд}$, $V_{газ}$, $V_{сп}$, $V_{II}^{возд}$ ($лм^3/сек$) и $B_{сек пл}$ ($кг/сек$) относятся к одной мельнице и берутся из расчета воздушного баланса системы пылеприготовления, а секундный весовой расход пыли на одну мельницу определяется по формуле

$$B_{сек пл} = \frac{100 - W^p}{100 - W^{пл}} \cdot B_{сек кг сек}, \quad (156)$$

где W^p , $W^{пл}$ — влага рабочего топлива и пыли, %;

$B_{сек}$ — секундный расход сырого топлива на одну мельницу, $кг/сек$.

Манометрическое давление инжектируемого потока, то есть необходимое разрежение p_n в приемной камере эжектора для отбора топочных газов, определяется по формуле

$$p_n = -(S_{тпк}^{отб}) - \Delta p_{вс з к} \text{ мм вод ст}, \quad (157)$$

где $(S_{тпк}^{отб})$ — абсолютное значение разрежения в топке, в месте отбора топочных газов, зависящее от расстояния $H^{отб}$ (м) от места отбора топочных газов до верхней точки топки, $мм вод ст$

$$S_{тпк}^{отб} = 2 + 0,95 \cdot H^{отб} \text{ мм вод ст}, \quad (158)$$

$\Delta p_{вс з к}$ — сопротивление всасывающего короба от места отбора топочных газов до приемной камеры газового эжектора, $мм вод ст$.

Величина $w_{н 2}$ определяется из соотношения

$$w_{н 2} = \frac{V_n}{f_{н 2}} \text{ м/сек}, \quad (159)$$

где V_n в $м^3/сек$; величина $f_{н 2}$ в $м^2$ — по соотношению

$$f_{н 2} = f_2 - f_{p 2} \text{ м}^2, \quad (160)$$

а $f_{p 2}$ — по формуле

$$f_{p 2} = \frac{V_p}{w_{p 2}} \text{ м}^2, \quad (161)$$

где V_p — в $м^3/сек$.

В связи с тем, что величина $w_{p 2}$ является искомой, приходится решать задачу методом последовательного приближения. На основании предварительных подсчетов оцениваем величину $w_{p 2}^{np}$, затем по формуле (161) — пред-

варительно оцениваемое значение $f_{p 2}^{np}$, по формуле (160) — величину $f_{н 2}^{np}$ и по формуле (159) — величину $w_{н 2}^{np}$, которая затем подлежит уточнению по найденной из последующего расчета величине $w_{p 2}$.

Давление p_3 в конце камеры смешения газового эжектора определяется с учетом степени эффективности диффузорного участка эжектора μ

$$\mu = \frac{p_c - p_3}{p_c - p_2}, \quad (162)$$

то есть отношения повышения давления $(p_c - p_3)$ в диффузорной части к суммарному повышению давления $(p_c - p_2)$ в эжекторе (см. рис. 20б). Из (162) получаем с учетом (149)

$$p_3 = p_c - \mu \cdot (p_c - p_n) \text{ кг м}^2, \quad (163)$$

где p_c — давление смешанного потока за диффузорным участком эжектора, $кг м^2$.

При эжекторном устройстве для отбора газов из топки (рис. 23) давление p_c определяется из условия преодоления сопротивления опускной сушильной шахты $\Delta p_{оп ш}$ с тем, чтобы в месте входа смешанного потока сушильного агента с топливом в молотковую мельницу абсолютное давление было равно атмосферному, то есть абсолютное давление

$$p_c^{abs} = \Delta p_{оп ш} + 1 \text{ ат},$$

а манометрическое

$$p_c = \Delta p_{оп ш} \text{ кг м}^2. \quad (164)$$

Величина μ определяется соотношением [8]

$$\mu = \frac{\varphi_3^2}{2 - \varphi_3^2}, \quad (165)$$

где φ_3 — коэффициент скорости диффузорного участка эжектора, принимаемый равным в зависимости от степени совершенства диффузора от $\varphi_3 = 0,9$ до $\varphi_3 = 0,75$, чему соответствуют по формуле (165) значения μ от 0,76 до 0,39.

При отсутствии специального диффузорного участка доля μ восстановления давления в коробе смешения эжектора будет невысокой, отвечающей значению

$$\varphi_3 \approx 0,5 \text{ и } \mu = 0,14.$$

При расчете эжекторных горелочных устройств с тонкими струями определение величин p_n , p_3 и w_{n2} , входящих в основную расчетную формулу (151), имеет следующие особенности.

Абсолютное давление инжектируемого потока первичной пылевоздушной смеси p_n^{abc} или манометрическое, то есть необходимое разрежение p_n , определяется из условия

$$p_n^{abc} = 1 - \Delta p_{сеп} \text{ ата},$$

или

$$p_n = - \Delta p_{сеп} \text{ мм вод ст.}, \quad (166)$$

где $\Delta p_{сеп}$ — сопротивление сепаратора мельницы.

Скорость w_{n2} инжектируемого потока в начальном сечении камеры смешения определяется как и при расчете эжектора для отбора топочных газов по формуле (159) с определением величины f_{n2}^{np} по формуле (160) с предварительной оценкой на основании выполненных ранее прикидочных расчетов величины w_{p2}^{np} и определением f_{p2}^{np} по формуле (161).

Величина w_{n2}^{np} уточняется затем по найденной из последующего расчета величине w_{p2} .

Давление p_3 в конце камеры смешения находится, как и в расчете газового эжектора, по формуле (163), причем в данном случае p_c — это давление смешанного потока первичной смеси с горячим вторичным воздухом на выходе из горелки в топку. Указанное давление — абсолютное — p_c^{abc} или манометрическое p_c (или $p_{вмх}$), очевидно, должно быть равно статическому давлению на уровне горелочных устройств, то есть

$$p_c^{abc} = 1 - (S_{тнк}^{гор}) \text{ ата} \text{ или } p_c = S_{тнк}^{гор} \text{ кг/м}^2. \quad (167)$$

В свою очередь разрежение в топке на уровне расположения горелок определяется по формуле

$$S_{тнк}^{гор} = - (2 + H_{гор} \cdot 0,95) \text{ мм вод ст.}, \quad (168)$$

где $H_{гор}$ — расстояние от верхней точки топки до уровня расположения горелок (число 2 — разрежение в верхней точке топки, $S_{тнк}^{верх} = -2 \text{ мм вод ст.}$), м.

В горелках с тонкими струями (рис. 24) диффузорный участок отсутствует, что связано с высокими, порядка 30 м/сек, значениями выходной скорости смеси в топку, а пылевоздушная смесь из камеры смешения сразу поступает в топку, при этом коэффициент μ в формуле (163) будет равен нулю, и давление в конце камеры смешения составляет

$$p_3 \approx p_c \text{ мм вод ст.}$$

Скорость рабочего потока в начальном сечении камеры смешения w_{p2} или, что то же, скорость истечения рабочего потока из сопла эжектора для отсоса газов из топки, определяется по формуле (151), решение которой относительно w_{p2} дает

$$w_{p2} = \frac{g}{G_p} \left[(p_3 - p_n) \cdot f_3 - \frac{G_n}{g} w_{n2} + \frac{G_p + G_n}{g} w_3 \right] \text{ м/сек}, \quad (151 \text{ а})$$

где G_p и G_n — расход рабочего и инжектируемого потока на одну шахтную мельницу, кг/сек;
 f_3 — площадь сечения камеры смешения также для одной мельницы, м².

При расчете эжекторного устройства горелки с тонкими струями необходимо учесть запыленность потока инжектируемой пылевоздушной смеси и в формулу (151а) подставить величину G_n , найденную из соотношения

$$G_n = G_{газ см} + B_{сек пл} = V_f^{возд} \cdot \gamma_{0 в} + V_{т2}^{газ} \cdot \gamma_{0 г} + V_{тл}^{вп} \cdot \gamma_{0 вл} + B_{сек пл}, \text{ кг/сек.} \quad (169)$$

Вместо f_3 — подставляется значение $z_{гор} \cdot f_3$, см. формулу (154).

Необходимое давление рабочего потока p_p как при расчете эжектора для отбора газов из топки, так и при расчете эжекторной горелки с тонкими струями, определяется по соотношению (см. рис. 22б)

$$p_p = \Delta p_p + p_n \text{ кг/м}^2, \quad (170)$$

где Δp_p — необходимый перепад давлений между рабочим p_p и инжектируемым потоком p_n , определяемый по формуле

$$\Delta p_p = \left(\frac{w_{p2}^2}{2g} \gamma_p \right) \cdot k. \quad (171)$$

Здесь γ_p — удельный вес рабочего потока (горячего воздуха из воздухоподогревателя), кг/м³;

k — коэффициент, учитывающий потерю скорости в рабочем сопле,

$$k = \frac{1}{\varphi_1^2}, \quad (172)$$

где φ_1 — коэффициент скорости рабочего сопла, принимаемый равным 0,95, что дает значение $k \approx 1,1$.

В эжекторе отбора топочных газов оптимальное расстояние $l_{\text{сопл}}$ от выходного сечения сопла до входного сечения камеры смешения (см. рис. 22 а) рекомендуется принимать равным [8],

$$l_{\text{сопл}} = (1 \div 1,5) \cdot b_3, \quad (173)$$

где b_3 — ширина (меньший размер) камеры смешения, длину камеры смешения

$$l_{\text{к.с}} = (6 \div 10) \cdot b_3 \quad (174)$$

и длину диффузора (исходя из угла раствора конуса на обе стороны в $8 \div 10^\circ$)

$$l_{\text{диф}} = (6 \div 7) \cdot (b_{\text{сж}} - b_3), \quad (175)$$

где $b_{\text{сж}}$ — узкая сторона короба в конце диффузорного участка.

Для эжекторного горелочного устройства с тонкими струями — расстояние $l_{\text{сопл}}$ также определяется по формуле (173), а общая длина L от выходного сечения сопла вторичного воздуха до выходного сечения горелки выбирается из условия полного заполнения камеры смешения струей вторичного воздуха при ее расширении с углом раскрытия $\alpha = 18 \div 20^\circ$, то есть

$$L = \frac{b_{\text{вых}} - b_{\text{сопл}}}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + l_{\text{прям}}, \quad (176)$$

где $l_{\text{прям}} = 0,3 \div 0,4$ м — длина прямого участка от места, где расширяющаяся струя достигает вертикальных стенок камеры смешения (шириною $b_{\text{вых}}$), и до выходного сечения горелки.

Для предотвращения обгорания сопла необходимо устранить омывание его топочными газами путем размещения вы-

ходного сечения сопла заподлицо с потолочной стенкой эжектора (см. рис. 23).

Проверка работы разработанного эжекторного устройства для отсоса топочных газов на модели, проведенная на кафедре котлостроения МЭИ, показала достаточную его эффективность при параметрах, близких к расчетному режиму.

ЛИТЕРАТУРА

1. ВТИ, ЦКТИ, Нормы расчета и проектирования пылеприготовительных установок, ГЭИ, 1958.
2. Теплотехнический Справочник, ГЭИ, 1957, гл. 9 — «Горение топлива и топочные устройства», авторы главы П. П. Елизаров и Д. М. Хзмалян.
3. М. А. Стырикович, К. Я. Катковская, Е. П. Серов, Котельные агрегаты, ГЭИ, 1959.
4. А. П. Ковалев, Я. М. Островский, Д. М. Хзмалян, Опыт организации сжигания фрезерного торфа в тонких струях, ЦБ Технической Информации Совнархоза Москвы, 1958.
5. В. П. Ромадин, Ю. Л. Маршак, Топки, ВТИ, ГЭИ, 1958.
6. А. П. Ковалев, А. С. Ипполитов, «Энергомашиностроение», № 11, 1960.
7. М. Л. Кисельгоф и Ю. В. Пономаренко, Аэродинамическое испытание эжекторных горелок, «Теплоэнергетика», № 1, 1961.
8. Е. Я. Соколов и Н. М. Зингер, Струйные аппараты, ГЭИ, 1960.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие

Часть I. Воздушный баланс топки и системы пылеприготовления

1. Введение	5
2. Расчет воздушного баланса топки и системы пылеприготовления	11
а) Схема № 1 (рис. 1)	11
б) Схема № 2 (рис. 2)	17
в) Схема № 2а (рис. 2а)	23
г) Схема № 3 (рис. 3)	28
д) Схема № 4 (рис. 4)	33
е) Схема № 5 (рис. 5)	36
ж) Схема № 6 (рис. 6)	39

Часть II. Расчет горелочных устройств

1. Введение (задача расчета горелок)	43
2. Выбор типа и числа горелок и схемы компоновки	43
а) Рекомендации по применению горелок для пылеугольных топок	44
б) Рекомендации по применению горелочных устройств для шахтно-мельничных топок	59
в) Компоновка горелок в полуоткрытой топке	60
3. Определение сечения горелки по первичному и вторичному воздуху	62
а) для пылеугольных топок	62
б) для шахтно-мельничных топок	64
в) расчет горелочных устройств МЭИ с тонкими струями при установке в амбразуре шахтных мельниц	68
4. Расчет сопротивления горелок	73
5. Расчет эжекторных устройств в топках котлоагрегатов	75
Литература	87

Замеченные опечатки

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
20	1 снизу	к выходной	к входной
24	7 снизу	В этом случае	В том случае
68	3 снизу	Примечание.	Примечание к п. 6.
68	10 снизу	(при сжатии фрезторфа 10 — 15%)	(при сжатии фрезторфа)
	9 снизу	$(0,05 \div 0,10)$	$(0,05 \div 0,15)$
69	10 снизу	t_{20}	t_2
70	9 сверху	t_2	t_2
71	13 снизу	кг сек,	кг сек/сек,
	10 снизу	(схема №6) на 1 кг	(схема №6) и вторичного воздуха на 1 кг
72	11 сверху	равная 1,285 кг/м ³	равный 1,285 кг/м ³
83	11 сверху	(см. рис. 20б)	(см. рис. 22б)

Зак. 1896. Тир. 500.

Автор Яков Александрович Каган.

Редактор А. П. Ковалев.

Л87243 31/X 1962 г. Объем 5 1/2 п. л. Зак. 1896. Тир. 500. Цена 22 коп.

Типография МЭИ