

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

ГОРЕЛКИ ВИХРЕВЫЕ ПЫЛЕУГОЛЬНЫЕ, ПЫЛЕГАЗОВЫЕ И КОМПОНОВКА ИХ С ТОПКАМИ

МЕТОДЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ОСТ 24.030.26—72

Издание официальное

МИНИСТЕРСТВО ТЯЖЕЛОГО, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Москва

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАН Центральным научно-исследовательским и проектно-конструкторским котлотурбинным институтом им. И. И. Ползунова

Директор	МАРКОВ Н. М.
Заведующий базовым отраслевым отделом стандартизации	БАРАНОВ А. П.
Заведующий топочным отделом	КОВРИГИН А. Н.
Заведующий лабораторией сжигания твердого топлива	КАЦНЕЛЬСОН Б. Д.
Заведующий лабораторией сжигания жидкого и газообразного топлива	СТОРОЖУК Я. П.
Руководитель темы	ШАГАЛОВА С. Л.
Исполнители:	ШНИЦЕР И. Н., КУСТАНОВИЧ И. С., МОРОШКИНА Г. М., ПАВЛОВ В. А., ТОРОПЫГИНА В. П.

Всесоюзным теплотехническим институтом им. Ф. Д. Дзержинского

Директор	ДОРОЩУК В. Е.
Начальник топочного отдела	ПОЛФЕРОВ К. Л.
Начальник лаборатории сжигания твердого топлива	МАРШАК Ю. Л.
Руководитель темы	РОМАДИН В. П.
Исполнители:	МОРОЗОВ И. Н., ПАВЛОВА Г. И.

Таганрогским котельным заводом «Красный котельщик»

Главный инженер	ПАРШИН А. А.
Главный конструктор	ЩУКИН Е. М.
Начальник котельной лаборатории	КАМЕНСКИЙ Б. С.
Исполнители:	ПАРПАРОВ Д. И., ИВАНОВ В. С.

ВНЕСЕН Центральным научно-исследовательским и проектно-конструкторским котлотурбинным институтом им. И. И. Ползунова

Директор	МАРКОВ Н. М.
Заведующий базовым отраслевым отделом стандартизации	БАРАНОВ А. П.

ПОДГОТОВЛЕН К УТВЕРЖДЕНИЮ Главным управлением атомного машиностроения и котлостроения Министерства тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения

Главный инженер	САПОЖНИКОВ А. И.

УТВЕРЖДЕН Министерством тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения

Первый заместитель министра	КРОТОВ В. В.

УДК 662.933.12 : 662.951.2 (083.75) Группа Е02

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

ГОРЕЛКИ ВИХРЕВЫЕ ПЫЛЕУГОЛЬНЫЕ, ПЫЛЕГАЗОВЫЕ И КОМПОНОВКА ИХ С ТОПКАМИ

ОСТ 24.030.26—72

МЕТОДЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Введен впервые

Указанием Министерства тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения от 23 октября 1972 г. № ВК-002/19160 срок введения установлен

с 1 июля 1973 г.

Срок действия до 1 июля 1978 г.

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на горелки круглые вихревые пылеугольные и пылегазовые для стационарных паровых котлов паропроизводительностью 75 *т/ч* и более.

Стандарт устанавливает методы расчета и проектирования горелок, работающих на антрацитовом штыбе, полуантрацитах, каменных и бурых углях с влажностью не более 40%, природном газе, а также размещение горелок на стенах открытых и полуоткрытых топок с жидким и твердым шлакоудалением, работающих под разрежением или под наддувом.

1. ПРИНЯТЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

1.1. Перечень основных условных обозначений, принятых в тексте, приведен в табл. 1.

Таблица 1

Наименование	Обозначение	Единица измерения	
		СИ	МКГСС
Ширина подводящих патрубков (размер, перпендикулярный оси горелки) соответственно пылевоздушной смеси (первичного воздуха) и вторичного воздуха	$b_{п_1}$, $b_{п_2}$	м	*м*
Глубина топки — расстояние между стенами, на которых расположены горелки (в свету)	$a_{тп}$	»	»
Высота щели сбросной горелки	$a_с$	»	»
Ширина щели сбросной горелки	$b_с$	»	»
Длина подводящих патрубков (вдоль оси горелки) соответственно пылевоздушной смеси (первичного воздуха) и вторичного воздуха	$l_{п_1}$, $l_{п_2}$	»	»
Ширина топки по фронту горелок (в свету)	$b_{тп}$	»	»
Количество топлива, подаваемого в горелку в единицу времени (производительность горелки)	$B_г$	кг/с	*кг/ч*
Расход топлива на котел	B	»	»
Производительность мельницы	$B_м$	»	»
Расход сбросного воздуха	$B_с$	»	»
Теплоемкость воздуха при t_1 и t_2	C_1, C_2	Дж/кг·К	*ккал/кг·град*
Теплоемкость пыли	$C_{пл}$	»	»
Теплоемкость сушильного агента	$C_с$	»	»
Внешний и внутренний диаметры внутренней (центральной) трубы вихревой горелки	D_0, d_0	м	*м*
Внешний и внутренний диаметры трубы пылевоздушной смеси (первичного воздуха)	D_1, d_1	»	»
Внешний и внутренний диаметры трубы вторичного воздуха	D_2, d_2	»	»

Продолжение табл. 1

Наименование	Обозначение	Единица измерения	
		СИ	МКГСС
Диаметр амбразуры горелки	D_A	м	*м*
Гидравлический диаметр для кольцевых каналов	$D_{гидр}$	»	»
Диаметр круга, равновеликого сечению кольцевого канала	$D_{рв}$	»	»
Выходное сечение каналов пылевоздушной смеси (первичного воздуха) и вторичного воздуха	F_1, F_2	$м^2$	$м^2$
Сечение подводящих патрубков пылевоздушной смеси (первичного воздуха) и вторичного воздуха	$F_{п_1}$, $F_{п_2}$	»	»
Сечение амбразуры горелки	F_A	»	»
Сечение топки	$F_т$	»	»
Выходное сечение сбросной горелки	F_c	»	»
Количество сушильного агента на 1 *кг* сырого топлива	g_1	кг/кг	*кг/кг*
Количество влажного сушильного агента в конце установки при сушке горячим воздухом	$g_{вл.в}$	»	»
Высота топки от середины холодной воронки или утепленной воронки (или начала ската в топках со слабо наклонным подом) до конца зоны дожигания	$H_{т.з.д}$	м	*м*
Высота зоны дожигания (от оси верхнего яруса горелок до конца зоны дожигания)	$h_{з.д}$	»	»
Высота камеры горения от верхней отметки шлаковых леток до пережима	$h_{к.г}$	»	»
Расстояние между осями горелок по вертикали (между ярусами)	$h_{яр}$	»	»
Расстояние по вертикали между нижней кромкой сбросных горелок и верхней кромкой основных горелок	h_c	»	»

Продолжение табл. 1

Наименование	Обозначение	Единица измерения	
		СИ	МКГСС
Расстояние от оси нижнего яруса горелок до начала ската холодной воронки или шлакового пода	$h_г$	м	*м*
Расстояние от начала ската до середины холодной воронки	$h_в$	»	»
Тепловая мощность горелки	$Q_г$	МВт	*Гкал/ч*
Теоретическое тепловыделение на 1 $м^3$ воздуха	$q_{вз}$	МДж/м³	*ккал/м³*
Теплота сгорания топлива	$Q_н^р$	МДж/*кг*	*ккал/кг*
Условное удельное тепловыделение (удельная мощность) на 1 *м* фронта горелок	q_L	МВт/м	*Гкал/м·ч*
Условное удельное тепловыделение (удельная мощность) на 1 $м^2$ горизонтального сечения топки	q_F	МВт/м²	*Гкал/м²·ч*
Условное удельное тепловыделение (удельная мощность) на 1 $м^3$ топочного объема	q_V	МВт/м³	*Гкал/м³·ч*
Тепловая мощность топки	$Q_{т.т}$	МВт	*Гкал/ч*
Условное удельное тепловыделение (тепловая мощность) на 1 $м^3$ камеры горения (до пережима — для полуоткрытых топок; до конца ошипованного пояса — в открытых топках)	$q_V^{к.г}$	МВт/м³	*Гкал/м³·ч*
Коэффициент присоса воздуха в пылесистеме, отнесенный к начальному количеству сушильного агента	$K_{прс}$	—	—
Втулочное отношение	m	—	—
Параметр крутки	n	—	—
Параметр крутки струй пылевоздушной смеси (первичного воздуха)	n_1	—	—
Параметр крутки струй вторичного воздуха	n_2	—	—
Результирующий параметр крутки сложной струи	$n_г$	—	—

Продолжение табл. 1

Наименование	Обозначение	Единица измерения	
		СИ	МКГСС
Статическое давление на входе в патрубок горелки	$p_п$	Н/м²	*кгс/м²*
Статическое давление в топке на уровне горелок	$p_т$	»	»
Статическое давление перед сбросной горелкой	$p_с$	»	»
Разность статических давлений на входе в горелку и на выходе из нее	$\Delta p_{ст}$	Н/м²	*кгс/м²*
Гидравлическое сопротивление каналов горелки	Δp	»	»
Расстояние по горизонтали между осями горелок	$s_г$	м	*м*
Расстояние от осей крайних горелок до примыкающих стен	$s_{ст}$	»	»
Температура горячего воздуха	$t_{г.в}$, $T_{г.в}$	К	°С, К
Температура пылевоздушной смеси (первичного воздуха) перед горелкой	t_1, T_1	»	»
Температура вторичного воздуха	t_2, T_2	»	»
Температура сбросного воздуха	$t_с$, $T_с$	»	»
Теоретическая температура горения	$\vartheta_{теор}$, $T_{теор}$	»	»
Температура газов в конце зоны дожигания	$\vartheta''_{з.д}$, $T''_{з.д}$	»	»
Температура газов в конце топки	$\vartheta''_т$, $T''_т$	»	»
Расход пылевоздушной смеси (первичного воздуха) через горелку при t_1 и вторичного воздуха при t_2	V_1, V_2	м³/с	*м³/сек*
Расход сбросного воздуха на котел при $t_с$	$V_с$	»	»
Расход воздуха через центральный канал при t_2	$V_ц$	»	»
Теоретическое количество воздуха, необходимое для сжигания 1 *кг* топлива	V°	м³/кг	*м³/кг*
Количество дымовых газов на 1 *кг* топлива	$V_{д.г}$	»	»

Продолжение табл. 1

Наименование	Обозначение	Единица измерения	
		СИ	МКГСС
Объем зоны дожигания	$V_{з.д}$	м³	*м*³
Объем топки до конца зоны дожигания	$V_{т.з.д}$	»	»
Геометрический объем топки	$V_т$	»	»
Среднерасходная скорость пылевоздушной смеси (первичного воздуха) на выходе из горелки при t_1	W_1	м/с	*м/сек*
То же, вторичного воздуха при t_2	W_2	»	»
Скорость в подводящем патрубке пылевоздушной смеси (первичного воздуха) при t_1 и вторичного воздуха при t_2	$W_{п_1}$, $W_{п_2}$	»	»
Скорость воздуха на выходе из сбросных горелок	$W_с$	»	»
Число основных горелок на котел, число ярусов	$z_г$, $z_{яр}$	—	—
Число сбросных горелок на котел	$z_с$	—	—
Коэффициент подачи центрального воздуха при t_2	$\alpha_ц$	—	—
То же, пылевоздушной смеси (первичного воздуха)	α_1	—	—
То же, вторичного воздуха	α_2	—	—
Коэффициент избытка воздуха в основной горелке	$\alpha_г$	—	—
То же, в сбросной горелке	$\alpha_с'$	—	—
То же, в сбросном канале основной горелки	$\alpha_с$	—	—
Коэффициент подачи охлаждающего воздуха в сбросные горелки	$\alpha_{охл}$	—	—
Коэффициент избытка воздуха в топке	$\alpha_т$	—	—
Доля присосанного в топку воздуха	$\Delta\alpha_т$	—	—
Доля воздуха, присосанного в системе пылеприготовления	$\Delta\alpha_{пл}$	—	—
Толщина стенок каналов первичного и вторичного воздуха	s_1, s_2	м	*м*

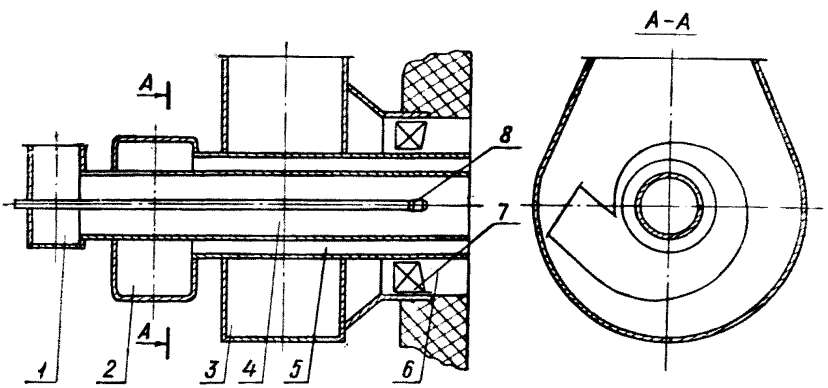
Продолжение табл. 1

Наименование	Обозначение	Единица измерения	
		СИ	МКГСС
Коэффициент гидравлического сопротивления каналов горелки	ζ	—	—
Концентрация пыли в пылевоздушной смеси	μ	кг/кг	*кг/кг*
К. п. д. пылевого циклона	$\eta_{ц}$	—	—
Доля воздуха во влажной пылевоздушной смеси	$\varphi_{вз}$	—	—
Плотность среды при стандартных параметрах	ρ_0	кг/м^3	*кгс·сек^2/м^4*
Плотность среды	ρ	»	»
Кинематическая вязкость	ν	м^2/с	*м^2/сек*

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ВИХРЕВЫХ ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ И ПЫЛЕГАЗОВЫХ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

2.1. Горелка, у которой потоки воздуха (первичный и вторичный или только вторичный) закручиваются с помощью завихрителя, называется вихревой.

Горелка улиточно-лопаточная с аксиальным лопаточным завихрителем



1 — короб центрального воздуха; *2* — завихритель улиточный первичного воздуха; *3* — короб вторичного воздуха; *4* — канал центрального воздуха; *5* — канал первичного воздуха; *6* — канал вторичного воздуха; *7* — завихритель лопаточный; *8* — устройство растопочное

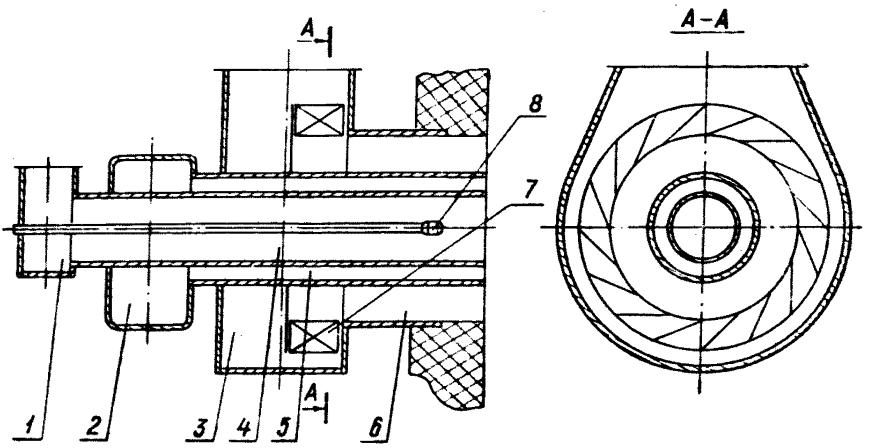
Черт. 1

2.2. По способу подачи первичного и вторичного воздуха в зависимости от конструкции завихрителей пылеугольные горелки классифицируются следующим образом:

— улиточно-лопаточные — с улиточным завихрителем первичного воздуха и лопаточным завихрителем вторичного воздуха (черт. 1,2).

Примечание. Улиточно-лопаточные горелки в зависимости от конструкции лопаточных завихрителей подразделяются на горелки с аксиальными лопаточными завихрителями (см. черт. 1) и горелки с тангенциальными лопаточными завихрителями с неподвижными или поворотными лопатками (см. черт. 2);

Горелка улиточно-лопаточная с тангенциальным лопаточным завихрителем



1 — короб центрального воздуха; *2* — завихритель улиточный первичного воздуха; *3* — короб вторичного воздуха; *4* — канал центрального воздуха; *5* — канал первичного воздуха; *6* — канал вторичного воздуха; *7* — завихритель лопаточный; *8* — устройство растопочное

Черт. 2

— двухулиточные — с улиточными завихрителями первичного и вторичного воздуха (черт. 3);

— лопаточно-лопаточные — с лопаточными завихрителями первичного и вторичного воздуха (черт. 4);

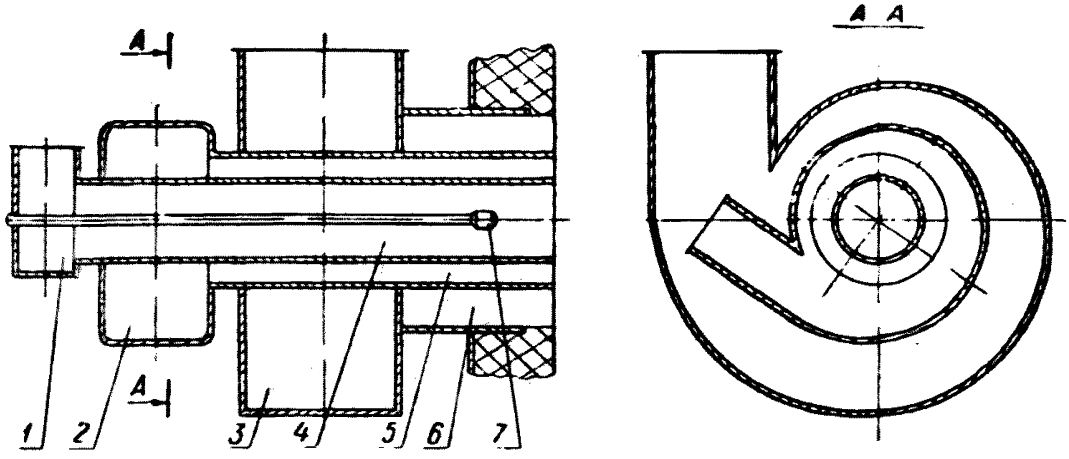
— прямоточно-улиточные или прямоточно-лопаточные — с прямоточным вводом первичного воздуха и с улиточным или лопаточным завихрителем вторичного воздуха (черт. 5);

— прямоточно-улиточные или прямоточно-лопаточные — с подачей первичного воздуха по центральной трубе, с рассекателем на выходе и с улиточным или лопаточным завихрителем вторичного воздуха (черт. 6).

2.3. Вихревые пылеугольные и пылегазовые горелки в зависимости от количества каналов первичного и вторичного воздуха подразделяются на следующие типы:

— одноканальные по первичному и вторичному воздуху (см. черт. 1, 2, 3, 4);

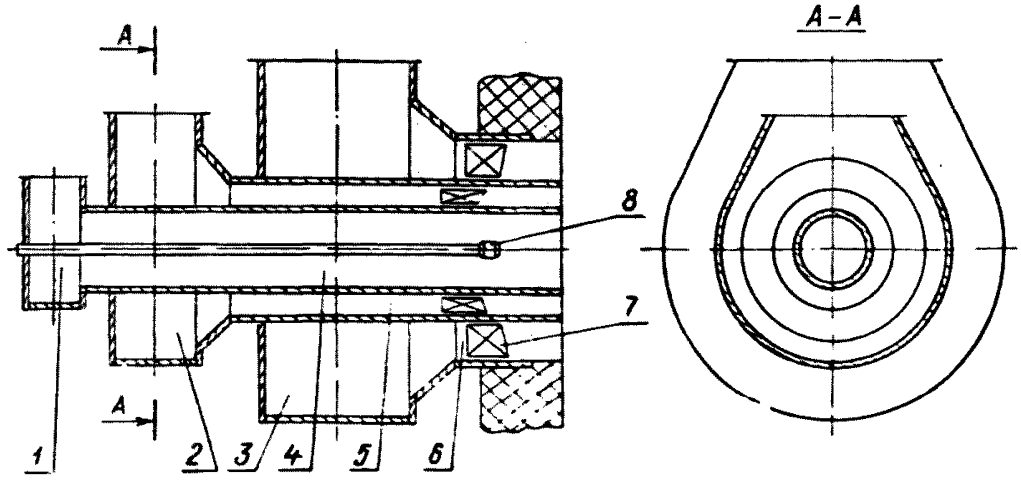
Горелка двухулиточная



1 — короб центрального воздуха; *2* — завихритель улиточный первичного воздуха; *3* — завихритель улиточный вторичного воздуха; *4* — канал центрального воздуха; *5* — канал первичного воздуха; *6* — канал вторичного воздуха; *7* — устройство растопочное

Черт. 3

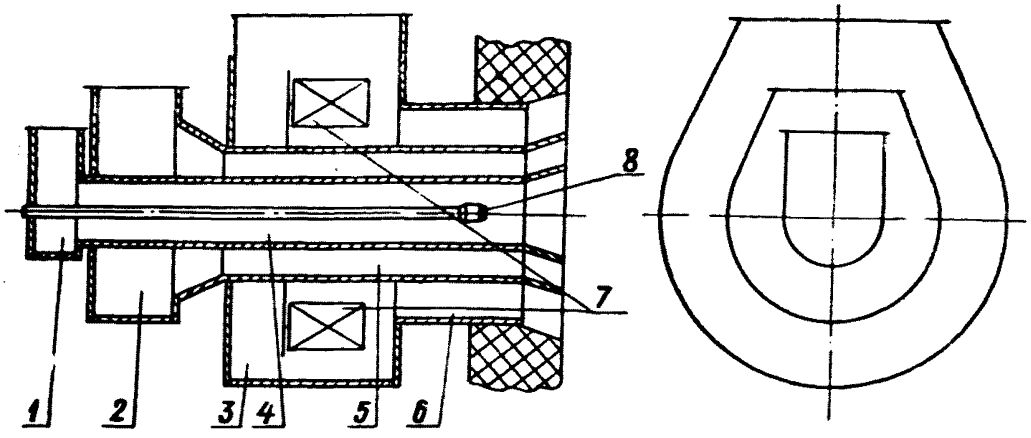
Горелка лопаточно-лопаточная



1 — короб центрального воздуха; *2* — короб первичного воздуха; *3* — короб вторичного воздуха; *4* — канал центрального воздуха; *5* — канал первичного воздуха; *6* — канал вторичного воздуха; *7* — завихритель лопаточный; *8* — устройство растопочное

Черт. 4

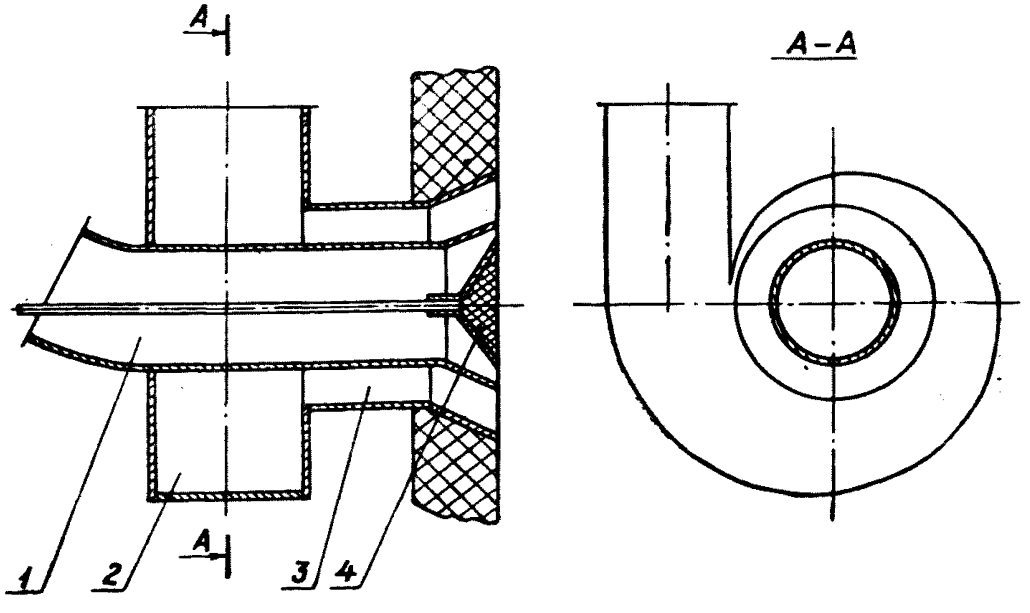
Горелка прямоточно-лопаточная



1 — короб центрального воздуха; *2* — короб первичного воздуха; *3* — короб вторичного воздуха; *4* — канал центрального воздуха; *5* — канал первичного воздуха; *6* — канал вторичного воздуха; *7* — завихритель лопаточный; *8* — устройство растопочное

Черт. 5

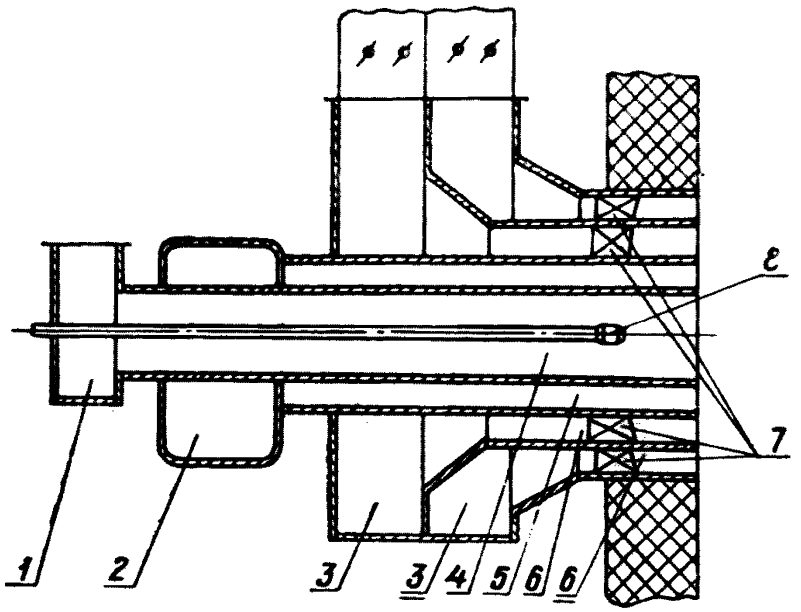
Горелка прямоточно-улиточная с рассекателем



1 — канал первичного воздуха; *2* — завихритель улиточный вторичного воздуха; *3* — канал вторичного воздуха; *4* — рассекатель

Черт. 6

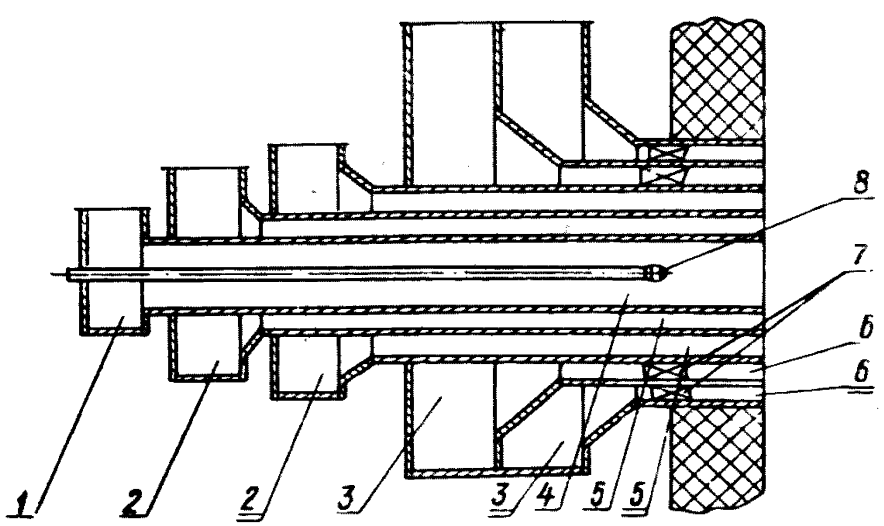
Горелка одноканальная по первичному и двухканальная по вторичному воздуху (двухлопаточная)



1 — короб центрального воздуха; *2* — завихритель улиточный первичного воздуха; *3* — короб вторичного воздуха; *4* — канал центрального воздуха; *5* — канал первичного воздуха; *6* — канал вторичного воздуха; *7* — завихритель лопаточный *8* — устройство растопочное

Черт. 7

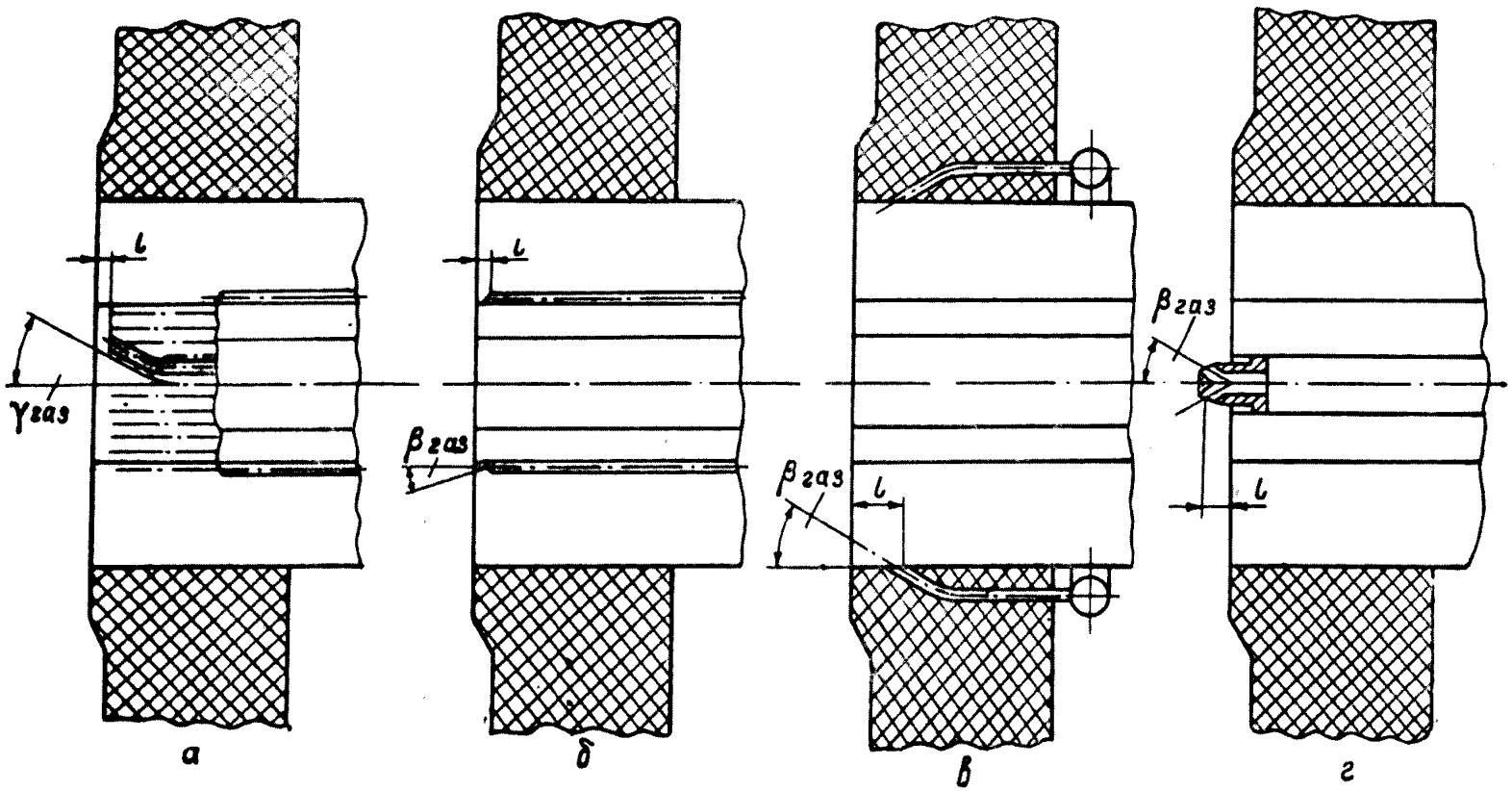
Горелка двухканальная по первичному и вторичному воздуху (сдвоенная)



1 — короб центрального воздуха; *2* — завихритель улиточный первичного воздуха; *3* — короб вторичного воздуха; *4* — канал центрального воздуха; *5* — канал первичного воздуха; *6* — канал вторичного воздуха; *7* — завихритель лопаточный; *8* — устройство растопочное

Черт. 8

Способы подачи газа в вихревые пылегазовые горелки



а, б — промежуточная подача газа; *в* — периферийная подача газа; *г* — центральная подача газа

Черт. 9

— одноканальные по первичному и двухканальные по вторичному воздуху (двухпоточные) с независимой регулировкой и отключением любого из каналов вторичного воздуха (черт. 7);

— двухканальные по первичному и вторичному воздуху (сдвоенные) с независимой регулировкой любого из каналов (черт. 8).

2.4. По способу подачи газа вихревые пылегазовые горелки подразделяются следующим образом:

— с промежуточной подачей газа, в которых выход газовых струй осуществляется между потоками первичного и вторичного воздуха в спутный (черт. 9, *а*) или сносящий потоки воздуха (черт. 9, *б*). При подаче газа в спутный поток воздуха направление газовых и воздушных струй совпадает, при этом газовые струи могут быть наклонены под углом $\gamma_{газ}$ к образующим трубы пылевоздушной смеси (см. черт. 9, *а*). При подаче газа в сносящий поток газовые струи пересекают воздушные потоки и образуют угол $\beta_{газ}$ с осью горелки (см. черт. 9, *б*);

— с периферийной подачей газа; выход газовых струй осуществляется от периферии горелки к центру в сносящий поток воздуха (черт. 9, *в*);

— с центральной подачей газа; выход газовых струй осуществляется от центра горелки к периферии в сносящий поток воздуха (черт. 9, *г*).

3. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

3.1. Горелки при соответствующем размещении их на стенах топки должны обеспечивать:

— подачу в топку твердого или газообразного топлива и соответственно воздуха для работы котла в эксплуатационном диапазоне нагрузок;

— эффективное смешение топлива с воздухом, устойчивое воспламенение и заданную экономичность сжигания твердого топлива и газа без сепарации пыли при отсутствии шлакования поверхностей нагрева, размещенных в топочной камере.

3.2. Все элементы горелок должны надежно работать не менее 7000 *ч*.

3.3. Горелки должны быть просты в изготовлении и удобны при ремонте и монтаже.

3.4. Горелки должны быть приспособлены для автоматического регулирования и управления процессом горения, а также должны допускать безостановочный переход с одного топлива на другое.

3.5. Одновременное сжигание твердого топлива и газа в одной пылегазовой горелке не допускается.

3.6. Допускается одновременная работа одной части пылегазовых горелок только на твердом топливе, а другой — только на газе. При одноярусном расположении рекомендуется чередовать горелки, а при многоярусном — ярусы горелок, через которые подается

газ или пыль (нижние ярусы с пылью при жидком шлакоудалении, нижние ярусы с газом при твердом шлакоудалении).

3.7. Одноканальные горелки по вторичному воздуху должны обеспечивать снижение нагрузок котла до 70% $D_{ном}$ без отключения части горелок.

В двухканальных горелках по вторичному воздуху при снижении нагрузок ниже 70% $D_{ном}$ должен отключаться один из каналов, а в сдвоенных горелках — один из каналов первичного и один из каналов вторичного воздуха, при этом все горелки должны находиться в работе вплоть до нагрузки ~50% $D_{ном}$.

3.8. Должно быть обеспечено равномерное распределение воздуха и топлива на каждую горелку (или группу горелок) путем моделирования пылевоздухопроводов при проектировании котлов или путем выравнивания расходов воздуха и топлива на каждую горелку (или группу горелок) при наладке и эксплуатации котельного агрегата.

Примечание. Каждая из горелок должна продуваться на аэродинамическом стенде завода. Допускаемое расхождение по коэффициенту сопротивления ±5%.

4. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВИХРЕВЫХ ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ И ПЫЛЕГАЗОВЫХ ГОРЕЛОК

4.1. Конструкция пылегазовых горелок выбирается из условий сжигания основного твердого топлива.

4.2. Газовые элементы пылегазовых горелок не должны искажать аэродинамику пылевой части и ухудшать условия зажигания и горения пылевидного топлива.

4.3. Горелки мощностью 50 МВт и более должны выполняться двухпоточными (см. черт. 7) или сдвоенными (см. черт. 8).

Примечание. В схемах с прямым вдуванием пыли при разделении каналов первичного воздуха каждый из этих каналов присоединяется к разным мельницам.

4.4. В каналах первичного воздуха преимущественно должны устанавливаться улиточные завихрители (см. черт. 1, 2, 3).

Примечания:

1. Допускается устанавливать аксиальные лопаточные завихрители для заданного пылеугольного топлива после накопления положительного опыта работы лопаток в среде, запыленной этим топливом.

2. Для бурых и каменных углей допускается применять прямоточную подачу первичного воздуха без рассекающего конуса (см. черт. 5).

4.5. В каналах вторичного воздуха пылеугольных и пылегазовых горелок преимущественно должны устанавливаться аксиальные лопаточные завихрители с профилированными лопатками.

Примечания:

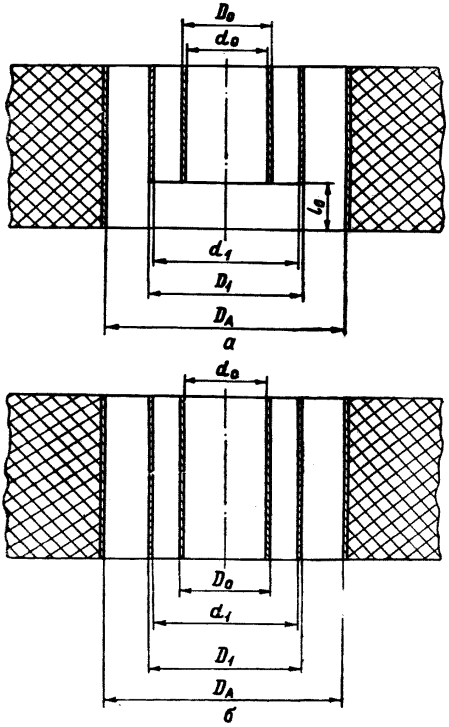
1. В каналах вторичного воздуха пылегазовых горелок, устанавливаемых на котлах, работающих на твердом топливе разных марок, допускается устанавливать поворотные тангенциальные лопаточные завихрители.

2. В каналах вторичного воздуха пылегазовых горелок мощностью до 50 МВт допускается устанавливать улиточные завихрители.

4.6. Для котлов, работающих только на твердом топливе при паропроизводительности не более 120 *т/ч*, допускается применять прямоточно-улиточные или прямоточно-лопаточные горелки с рассекателями с углом рассекающего конуса не более 90°.

4.7. Устья улиточно-лопаточных и двухулиточных горелок следует оформлять в соответствии с черт. 10. Для горелок, работающих на бурых углях и каменных углях с выходом летучих $V^r \geqslant 30\%$, рекомендуется заглубление пылевого и центрального насадков на величину $l_0 = (0{,}2 \div 0{,}3) D_A$.

Оформление амбразур горелок



а — для бурых и каменных углей при $V^r > 30\%$;
б — для антрацитового штыба, полуантрацитов и тощих углей

Черт. 10

4.8. При схемах пылеприготовления с воздушной сушкой и при транспортировке пыли горячим воздухом сушильный агент целе-

сообразно подавать в топку через специальный сбросной канал основной горелки.

При расположении сбросного канала между центральной трубой и трубой аэросмеси степень закручивания и скорость сушильного агента принимаются такими же, как в канале аэросмеси. При расположении сбросного канала снаружи канала вторичного воздуха и между каналами первичного и вторичного воздуха скорость и степень закручивания сушильного агента принимаются такими же, как в канале вторичного воздуха.

Примечание. Подача сбросного воздуха в основные горелки при сжигании антрацитового штыба требует экспериментальной проверки.

4.9. При конструировании подводящих пылевоздуховодов к горелкам, а также патрубков и коробов самих горелок должны быть приняты меры, обеспечивающие равномерность потока на входе в горелку и отсутствие предварительного закручивания потоков во входных коробах (установка лопаток, перегородок и т. п.).

4.10. При выборе материалов насадков горелок необходимо учитывать температурный режим работы насадков горелок. При работе на газе следует ориентироваться на следующие температуры насадков:

— для горелок с периферийной подачей газа — от 1250 до 1300° С;

— для горелок с промежуточной подачей газа в спутный поток воздуха — от 900 до 950° С.

При работе на пыли температура торцов насадков 700—800° С.

4.11. Углы выхода газовых струй по отношению к оси горелки следует принимать:

— для периферийной подачи газа $\beta_{газ}=30\div60°$ (черт. 9, *в*);

— для промежуточной подачи газа в сносящий поток $\beta_{газ}=30\div60°$ (черт. 9, *б*);

— для промежуточной подачи газа в спутный поток $\beta_{газ}=0$, $\gamma_{газ}=0\div50°$ (черт. 9, *а*).

Чтобы повысить надежность элементов пылегазовых горелок, следует стремиться к минимальным из указанных значений $\beta_{газ}$.

4.12. При встречном расположении пылегазовых горелок следует применять промежуточную подачу газа в спутный поток воздуха. При однофронтовом расположении можно применять промежуточную подачу газа в спутный поток или в сносящий с углом $\beta_{газ} \geqslant 30°$, а также периферийную подачу газа.

Примечание. Применение в горелках промежуточной подачи газа с углом выхода газовых струй $\beta_{газ}>30°$, а также периферийной подачи газа требует разработки специальных мероприятий по защите горелок от обгорания.

4.13. Для сохранения крутки вторичного воздуха и повышения надежности газовых труб при промежуточной подаче газа рекомендуется заключать эти трубы в кожух.

4.14. При промежуточной подаче газа расстояние от места выхода газовых струй до среза трубы аэросмеси $l=30\div50$ *мм*, а при периферийной подаче газа $l=200\div250$ *мм* (см. черт. 9).

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА ГОРЕЛОК И ТОПОЧНОЙ КАМЕРЫ

5.1. Тепловая мощность топки, горелок и количество горелок на топку

5.1.1. Тепловая мощность топки (количество тепла, вводимое в топку с топливом в единицу времени, в мегаваттах или гигакалориях в час) определяется по формуле

$$Q_{т.т}=BQ^{р}_{и}.$$

5.1.2. Тепловая мощность горелки при заданной ее производительности определяется по формуле

$$Q_{г}=B_{г}Q^{р}_{и}.$$

5.1.3. Тепловая мощность и количество горелок, устанавливаемых на топку, выбираются в зависимости от мощности топки, расположения горелок на стенах, марки топлива и способа шлакоудаления по табл. 2.

5.1.4. Горелки на стенах топок с жидким шлакоудалением располагаются с учетом следующих указаний:

— необходимо стремиться к одноярусному встречному расположению наиболее мощных горелок;

— однофронтовое расположение горелок допускается для котлов паропроизводительностью не более 420 *т/ч*;

— встречное расположение горелок треугольником вершиной вниз допускается для котлов паропроизводительностью менее 320 *т/ч*.

5.1.5. Число ярусов горелок выбирается с учетом рекомендаций табл. 5 справочного прилож. 3.

5.2. Коэффициенты подачи и избытка воздуха

5.2.1. Коэффициенты подачи воздуха определяются как отношение количества воздуха, проходящего через какой-либо канал горелки, к количеству воздуха, теоретически необходимому для полного сгорания топлива, поступающего через горелку.

5.2.2. Коэффициент избытка воздуха в горелке (основной или сбросной) или топке определяется как отношение количества воздуха, поступающего в горелку или топку, к количеству воздуха, теоретически необходимому для полного сгорания топлива, поданного в горелку или топку.

5.2.3. Коэффициенты подачи и избытка воздуха при сжигании пыли рассчитываются по формулам:

а) при сжигании пыли, получаемой с пылезавода, или при разомкнутой схеме пылеприготовления

$$\alpha_{г}=\alpha_{1}+\alpha_{2},$$

Таблица 2

Тепловая мощность и количество горелок

Мощность блоков, МВт	Обозначение типоразмера котла	Паропроизводительность котла, *т/ч*	Мощность топки для данного типа котла $Q_{т.т}$, МВт(*Гкал/ч*)	Способ шлакоудаления					
				Жидкое			Твердое		
				Вид сжигаемого топлива					
				Антрацитовый штыб, полуантрацитовый и каменный			Бурые и каменные угли		
				Расположение горелок					
				Однофронтовое		Встречное	Однофронтовое		Встречное
				Количество горелок на котел	Тепловая мощность одной горелки, МВт (*Гкал/ч*)	Количество горелок на котел	Тепловая мощность одной горелки, МВт (*Гкал/ч*)	Количество горелок на котел	Тепловая мощность одной горелки, МВт (*Гкал/ч*)	Количество горелок на котел	Тепловая мощность одной горелки, МВт (*Гкал/ч*)
—	Е-75-40	75	58 (50)	2—3	25—20 (20—17)	2—4	25—15 (20—13)	2—3	25—20 (20—17)	4—6	15—10 (13—9)
—	Е-120-100	120	93 (80)	4	25 (20)	4	25 (20)	4	25 (20)	4—6	25—15 (20—13)
—	Е-160-100	160	124 (107)	4	35 (30)	4	35 (30)	4	35 (30)	4	35 (30)
—	Е-220-100	220	168 (145)	4—6	35—25 (30—20)	4—6	35—25 (30—20)	4—6	35—25 (30—20)	4—6	35—25 (30—20)
—	Е-210-140	210	191 (164)	4—6	50—35 (45—30)	4—6	50—35 (45—30)	4—6	50—35 (45—30)	4—6	50—35 (45—30)
—	Е-320-140	320	290 (250)	8	35 (30)	8	35 (30)	8—12	35—25 (30—20)	6—8	50—35 (45—30)
—	Е-420-140	420	370 (318)	8	50 (45)	8	50 (45)	8—12	50—35 (45—30)	8—12	50—35 (45—30)
200	Пп-640-140	640	580 (500)	—	—	8—16	75—35 (65—30)	—	—	12—16	75—35 (65—30)
300	Пп-950-250	950	810 (696)	—	—	8—12	100—75 (86—65)	—	—	16—24	75—35 (65—30)
500	Пп-1600-255	1600	1280 (1100)	—	—	12—16	100—75 (86—65)	—	—	24—32	75—50 (65—45)
800	Пп-2500-255	2500	2000 (1720)	—	—	16—24	125—75 (107—65)	—	—	32—48	75—50 (65—45)
1200	Пп-3200-255	3200	2560 (2200)	—	—	24—36	150—100 (129—86)	—	—	48—64	50—45

Примечания:
1. В таблице указываются номинальные тепловые мощности горелок рекомендуемых типоразмеров.
2. Допускаемое отклонение от номинальной мощности для данного типоразмера ±15%. Для производства рекомендуются горелки мощностью 25; 35; 50; 75 и 100 МВт.
3. Горелки мощностью 125 и 150 МВт требуют предварительной проверки в эксплуатационных условиях.
4. Для котлов паропроизводительностью 75—120 *т/ч* допустимо применять горелки мощностью 10; 15 и 20 МВт.

где $\alpha_г$ и α_1 принимаются по табл. 3, в которой приведены режимные параметры пылеугольных и пылегазовых горелок;

$$\alpha_2 = \alpha_г - \alpha_1;$$

$$\alpha_т = \alpha_г + \Delta\alpha_т;$$

б) при сушке топлива горячим воздухом и подаче пыли сушильным агентом

$$\alpha_г = \alpha_1 + \alpha_2,$$

где $\alpha_г$ принимается по табл. 3;

$$\alpha_1 = \frac{(1 + 1{,}5K_{прс})\, g_1}{\rho V^0};$$

полученное значение α_1 не должно отличаться от приведенного в табл. 3 более чем на ±10%;

$$\alpha_2 = \alpha_г - \alpha_1;$$

$$\alpha_т = \alpha_г + \Delta\alpha_т;$$

в) при сушке топлива горячим воздухом и подаче пыли горячим воздухом со сбросом сушильного агента в сбросные каналы основных горелок

$$\alpha_г = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_с,$$

где $\alpha_г$ и α_1 принимаются по табл. 3;

$$\alpha_с = \frac{(1 + 1{,}5K_{прс})\, g_1}{\rho V^0};$$

Таблица 3

Режимные параметры пылеугольных и пылегазовых горелок при сушке топлива горячим воздухом

Тепловая мощность горелки $Q_г$		Вид сжигаемого топлива									
		Антрацитовый штыб, полуантрациты, тощие угли							Каменный уголь		
		Коэффициент $\alpha_г$		Коэффициент α_1		Скорость W_1	Скорость W_2	Отношение W_2/W_1	Коэффициент $\alpha_г$		
		Транспортировка пыли							Транспортировка пыли		
Гкал/ч	МВт	горячим воздухом	сушильным агентом	горячим воздухом	сушильным агентом	*м/сек*			горячим воздухом	сушильным агентом	
Двухулиточные горелки											
20	25	1,05	1,10—1,15	0,175	0,225	14—16	18—21	1,3	1,05	1,15	
30	35					14—16	18—21	1,3			
45	50					16—18	22—25	1,4			
65	75					18—20	26—30	1,5			
86	100					20—23	28—33	1,4			
Улиточно-лопаточные горелки											
30	35	1,05	1,10—1,15	0,175	0,225	18—20	25—28	1,4	1,05	1,15	
45	50					18—20	25—28	1,4			
65	75					20—22	28—30	1,3			
86	100					20—22	30—32	1,4			
107	125					22—23	32—34	1,5			
129	150					23—25	33—36	1,4			
Прямоточно-улиточные горелки											
20	25	—	—	—	—	—	—	—	1,05	1,15	
30	35										

Тепловая мощность горелки $Q_г$		Вид сжигаемого топлива									
		уголь							Бурый уголь		
		Коэффициент α_1		Скорость W_1	Скорость W_2	Отношение W_2/W_1	Коэффициент $\alpha_г$		Коэффициент α_1		
		Транспортировка пыли					Транспортировка пыли				
Гкал/ч	МВт	горячим воздухом	сушильным агентом	*м/сек*			горячим воздухом	сушильным агентом	горячим воздухом	сушильным агентом	
Двухулиточные горелки											
20	25	0,225	0,26	20—22	26—28	1,3	—	—	—	—	
30	35			22—24	28—30	1,2	—	—	—	—	
45	50			22—24	28—30	1,2	—	—	—	—	
65	75			24—26	30—34	1,3	—	—	—	—	
86	100			26—28	33—38	1,3	—	—	—	—	
Улиточно-лопаточные горелки											
30	35	0,225	0,26	22—24	30—34	1,4	1,1—1,15	—	0,25	—	
45	50			22—24	30—34	1,4					
65	75			24—26	34—36	1,4					
86	100			26—28	36—38	1,3					
107	125			28—30	38—40	1,3					
129	150			30—32	40—42	1,3					
Прямоточно-улиточные горелки											
20	25	0,225	0,26	18—20	22—25	1,2	—	1,15	—	0,5	
30	35										

Примечания:

1. Транспортировка пыли: а) горячим воздухом при индивидуальном пылеприготовлении; б) сушильным агентом при индивидуальном пылеприготовлении или горячим воздухом при центральном пылезаводе.
2. Горелки мощностью 125 и 150 МВт требуют предварительной проверки в эксплуатационных условиях.
3. Скорости на выходе из горелочных устройств указаны при температурах на выходе из них. Рекомендуемые температуры горячего воздуха приведены в табл. 4 прилож. 3.
4. При транспортировке пыли сушильным агентом приведены оптимальные значения коэффициентов α_1, подлежащие уточнению при расчете системы пылеприготовления. Полученные значения не должны отличаться более чем на 10%.
5. Допускаемые отклонения от указанных значений W_2/W_1 ±15%.

$$\alpha_2 = \alpha_г - \alpha_1 - \alpha_с;$$

$$\alpha_т = \alpha_г + \Delta\alpha_т;$$

г) при сушке топлива горячим воздухом и подаче пыли горячим воздухом со сбросом сушильного агента в самостоятельные сбросные горелки

$$\alpha_г = \alpha_1 + \alpha_2,$$

где $\alpha_г$ и α_1 принимаются по табл. 3;

$$\alpha_2 = \alpha_г - \alpha_1.$$

Для самостоятельной сбросной горелки

$$\alpha_с' = \frac{(1 + 1{,}5K_{прс})\, g_1}{\rho V^0 (1 - \eta_ц)},$$

$$\alpha_т = \eta_ц \alpha_г + (1 - \eta_ц)\, \alpha_с' + \Delta\alpha_т.$$

Примечание. Формула справедлива при равенстве суммарной производительности мельниц расходу топлива на котел ($B = \Sigma B_м$).

При $B \neq \Sigma B_м$

$$\alpha_т = \frac{B - (1 - \eta_ц)\, \Sigma B_м \alpha_г}{B} + \frac{(1 - \eta_ц)\, \Sigma B_м}{B}\, \alpha_с' + \Delta\alpha_т;$$

$$\alpha_с' = \frac{V_с}{(1 - \eta_ц)\, \Sigma B_м V^0}.$$

К. п. д. пылевого циклона $\eta_ц$, коэффициент присоса в системе пылеприготовления $K_{прс}$ и количество сушильного агента g_1 определяются по нормативным материалам для расчета и проектирования пылеприготовительных установок котельных агрегатов, коэффициент присоса в топку $\Delta\alpha_т$ определяется по «Тепловому расчету котельных агрегатов (нормативный метод)» *.

Примечания:

1. Если сушильным агентом является смесь горячего воздуха с другими компонентами (рециркуляция, дымовые газы, холодный воздух и т. п.), то для определения α_1 (при подаче пыли сушильным агентом) или $\alpha_с$, $\alpha_с'$ (при подаче пыли горячим воздухом) вычисляется доля воздуха в сушильном агенте по формулам, приведенным в нормативных материалах по расчету и проектированию пылеприготовительных установок котельных агрегатов.

2. Полученные значения $\alpha_т$ должны быть увязаны с рекомендуемыми в «Тепловом расчете котельных агрегатов».

5.2.4. Коэффициенты подачи воздуха в горелку и избытка воздуха в топке при сжигании газа (при наличии самостоятельных сбросных горелок) рассчитываются по формулам:

$$\alpha_г = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_ц,$$

* Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). Изд-во «Энергия», 1973. (В дальнейшем выходные сведения данного издания опускаются).

где $\alpha_г$, α_1 и $\alpha_ц$ принимаются по табл. 4, в которой приведены коэффициенты избытка и подачи воздуха при работе пылегазовых горелок на газообразном топливе;

$$\alpha_2 = \alpha_г - \alpha_1 - \alpha_ц;$$

$$\alpha_т = \alpha_г + \Delta\alpha_т + \Delta\alpha_{охл},$$

где $\Delta\alpha_{охл} = (0{,}2 \div 0{,}3)\alpha_с'(1 - \eta_ц)$ — коэффициент подачи охлаждающего воздуха в сбросные горелки (при работе на газе); при отсутствии сбросных горелок $\Delta\alpha_{охл} = 0$.

Таблица 4

Коэффициенты избытка и подачи воздуха и распределение потоков по воздушным трактам при работе пылегазовых горелок на газообразном топливе

Наименование	Подача газа с углом наклона газовых струй $\beta_{газ}$	
	$\beta_{газ} \geqslant 30°$	$\beta_{газ} < 30°$
Коэффициент избытка воздуха перед горелкой $\alpha_г$	1,05—1,10	1,10—1,15
Коэффициент подачи первичного воздуха α_1	0,1—0,3	Более 0,2
Коэффициент подачи центрального воздуха $\alpha_ц$	0,05	0,05
Коэффициент подачи охлаждающего воздуха в сбросные горелки $\alpha_с'$	Не более 0,1	Не более 0,1

5.3. Параметр крутки

5.3.1. Величина параметра крутки определяется по полям скоростей и давлений, замеренным в струях, развивающихся в топочном пространстве, по формуле

$$n = \frac{4M}{KD_{рв}},$$

где $M = 2\pi \int_0^{r_{гр}} \rho W_x W_z r^2 dr$ — величина главного вектора момента количества движения;

$K = 2\pi \int_0^{r_{гр}} (\Delta p_{ст} + \rho W_x^2) r dr$ — величина проекции главного вектора количества движения на ось струи;

$D_{рв} = \sqrt{d^2 - D^2}$ — диаметр круга, равновеликого выходному сечению кольцевого канала;

ρ — плотность среды;

W_x — осевая составляющая скорости потока;

W_z — тангенциальная составляющая скорости потока;

$\Delta p_{ст}$ — разность статических давлений в струе и окружающей среде;

$r_{гр}$ — радиус границы струи, определяемый условно при значении $\frac{W_x}{W_0}=0{,}1$;

W_0 — средняя по количеству движения скорость потока на выходе из горелки, определяемая по формуле

$$W_0=\frac{\sum_{i=1}^{p} W_i^2 F_i \rho_i}{\sum_{i=1}^{p} W_i F_i \rho_i};$$

W_i, F_i, ρ_i — соответственно среднерасходная скорость; выходное сечение одиночных кольцевых струй, составляющих одну сложную, и плотность в выходном сечении i-го канала горелки;

p — число соосных кольцевых струй;

D — наружный диаметр кольцевого канала;

d — внутренний диаметр кольцевого канала.

5.3.2. Для завихрителей, показанных на черт. 11, 12, 13, параметр крутки может быть определен по конструктивным характеристикам завихрителей;

— для аксиальных лопаточных завихрителей (см. черт. 11)

$$n=\frac{2\pi R_d D_{рв}}{E z_л (d-D)}\operatorname{tg}\beta=\frac{\sqrt{2(d^2+D^2)}}{D_{рв}}\operatorname{tg}\beta;$$

— для тангенциальных лопаточных завихрителей (см. черт. 12)

$$n=\frac{\pi D_{рв}}{2 b_л z_л}\left[\frac{\sin\beta_л}{\sin\frac{180}{z_л}\cos\left(\beta_л-\frac{180}{z_л}\right)}\right],$$

но при $z_л>16$ с достаточной степенью точности можно пользоваться формулой

$$n=\frac{D_{рв}}{2 b_л}\operatorname{tg}\beta_л;$$

— для улиточных завихрителей (см. черт. 13)

$$n=\frac{\pi A D_{рв}}{l b}.$$

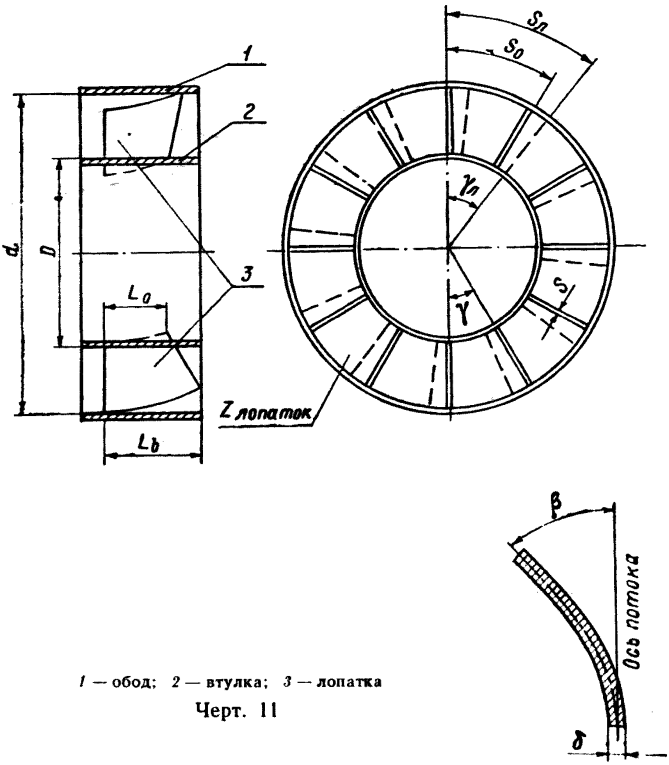
Последняя формула справедлива при $0{,}25<m<0{,}5$.

Формулы применимы для расчета параметра крутки в каналах с цилиндрическими и коническими насадками (с углом раскрытия не более 15° на сторону).

5.3.3. Результирующий параметр крутки для струи, выходящей из горелки и состоящей из нескольких кольцевых струй, закрученных в одном направлении, определяется по формуле

$$n_r = \frac{\sum_{i=1}^{p} (n_i \rho_i W_i^2 F_i D_{i\,рв})}{D_{г.рв} \sum_{i=1}^{p} (\rho_i W_i^2 F_i)},$$

Завихритель аксиальный лопаточный



1 — обод; *2* — втулка; *3* — лопатка

Черт. 11

где n_i — параметр крутки i-й струи;

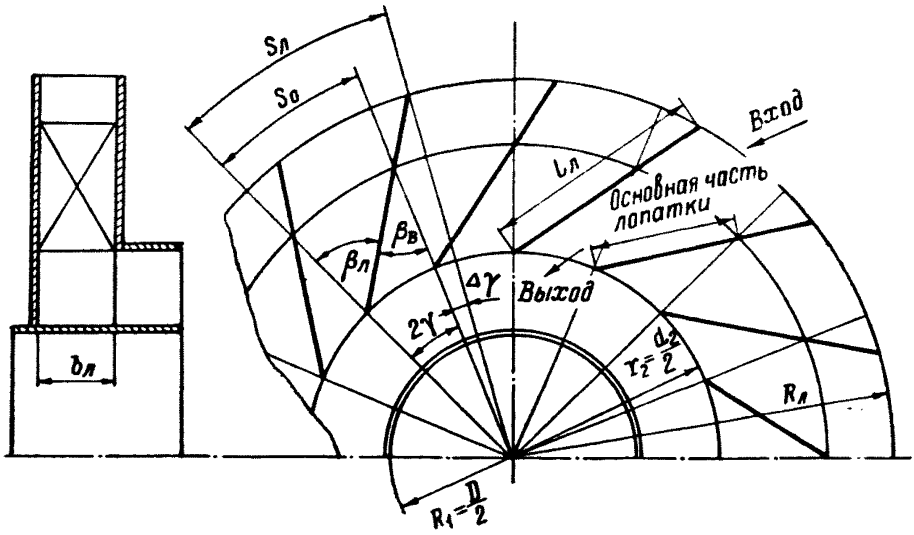
$D_{i\,рв}$ — диаметр круга, площадь которого равна выходному сечению кольцевого канала i-й струи;

$D_{г.рв} \approx \sqrt{D_A^2 - D_0^2}$ — диаметр круга, площадь которого равна выходному сечению горелки.

Примечание. Закручивание потоков в разные стороны не рекомендуется.

5.3.4. Параметры крутки струй, выходящих из каналов вихревых горелок, для двухулиточных и улиточно-лопаточных горелок должны выбираться по табл. 5, для прямоточно-улиточных и прямоточно-лопаточных без рассекателей — по табл. 6.

Завихритель тангенциальный лопаточный



$b_л$ — ширина лопатки (размер вдоль оси горелки); $\beta_л$ — острый угол, образованный плоскостью лопатки с радиусом, проходящим через выходную кромку лопатки (угол наклона лопатки); $\beta_в$ — угол наклона лопатки к радиусу, проходящему через входную кромку лопатки; 2γ — центральный угол; $l_л$ — длина лопатки; $R_л$ — радиус, проведенный по входным кромкам лопаток; $\Delta\gamma$ — угол перекрыши

Черт. 12

Таблица 5

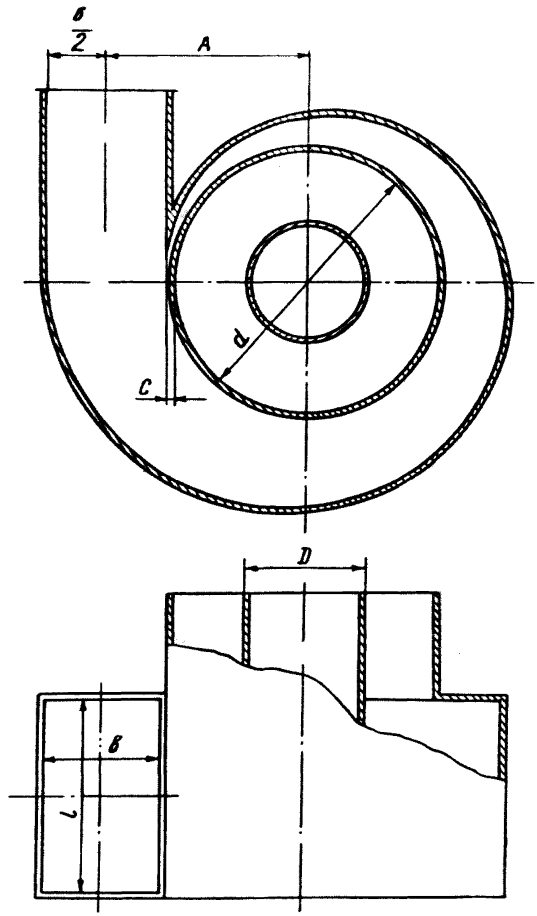
Параметры крутки струй первичного и вторичного воздуха для двухулиточных и улиточно-лопаточных горелок

Вид топлива и способ шлакоудаления	Параметр крутки	
	для струй первичного воздуха n_1	для струй вторичного воздуха n_2
Антрацитовый штыб, полуантрациты, тощие угли при жидком шлакоудалении	3,5—4,0	4,0—4,5
Каменные и бурые угли:		
при жидком шлакоудалении	3,0—3,5	3,0—3,5
при твердом шлакоудалении	2,5—3,0	2,5—3,0

Примечание. Для высокореакционных топлив при установке в канале аэросмеси лопаточных завихрителей допускается снижать параметр крутки в 1,25—1,5 раза.

При этом для струи, выходящей из сбросного канала основных горелок (в схемах со сбросом сушильного агента в основные горелки), параметр крутки должен выбираться по указаниям п. 4.8.

Улиточный завихритель



Черт. 13

5.4. Скорости на выходе из каналов горелки

5.4.1. Расчетные значения скоростей первичного и вторичного воздуха на выходе из каналов горелки должны выбираться по табл. 3.

5.4.2. Расчетные значения скоростей сбросного воздуха, подаваемого через отдельные сбросные горелки, $W_c = 35 \div 45$ *м/сек*.

Таблица 6

Параметры крутки струй вторичного воздуха для прямоточно-улиточных и прямоточно-лопаточных горелок без рассекателя при сжигании каменных и бурых углей

Способ шлакоудаления	Параметр крутки струй вторичного воздуха n_2
Жидкое шлакоудаление	3,5—4,0
Твердое »	3,0—3,5

Примечание. Для шлакующих топлив, сжигаемых в топках с твердым шлакоудалением, параметры крутки должны быть меньше указанных в табл. 5 и 6 и уточняться экспериментально.

5.5. Коэффициенты гидравлического сопротивления каналов горелки и расчет потери напора

5.5.1. Коэффициент сопротивления горелки по каждому ее каналу определяется по статическим давлениям, измеренным на входе в горелку и на выходе из нее (в топке), по формуле:

$$\zeta = \frac{2\Delta p_{ст}}{\rho W^2} + \left(\frac{F}{F_п}\right)^2,$$

где W — среднерасходная скорость на выходе из канала горелки;

F — площадь выходного сечения канала;

$F_п$ — площадь входного сечения подводящего патрубка.

5.5.2. Расчетные значения коэффициента сопротивления для автомодельной области, учитывающие сопротивления входного патрубка (короба) завихрителя, потери на трение и выходные потери, отнесенные к скорости на выходе из кольцевого канала и к плотности среды на выходе из каналов горелки, должны приниматься по черт. 14.

Примечание. Наличие пыли в первичном воздухе при концентрации ее $\mu = 0{,}3 \div 0{,}5$ *кг/кг* не влияет на величину коэффициента сопротивления улиточных или тангенциальных лопаточных завихрителей. Для аксиальных лопаточных завихрителей коэффициент сопротивления определяется по формуле

$$\zeta_{ос} = \zeta (1 + \mu),$$

где ζ — коэффициент сопротивления, принимаемый по черт. 14.

5.5.3. Автомодельность имеет место:

— для улиточных и тангенциальных лопаточных завихрителей при $Re > 2 \cdot 10^5$;

— для аксиального завихрителя с профилированными лопатками при $Re > 10^5$.

Примечание. Величина Re подсчитывается по формуле:

$$Re = \frac{W D_{гидр}}{\nu},$$

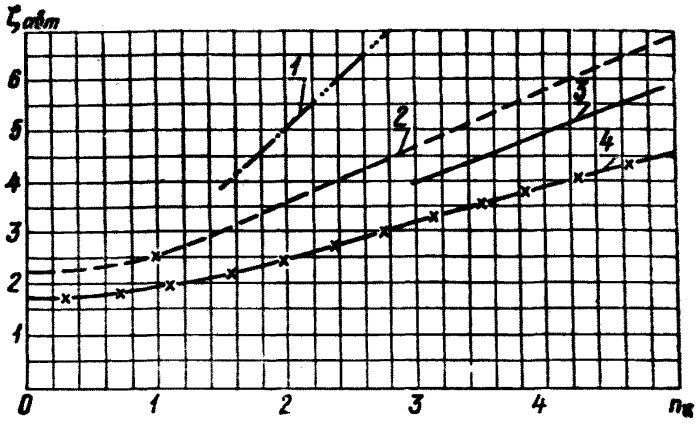
где $D_{гидр} = \frac{4F}{u}$ — гидравлический диаметр канала;

u — периметр канала.

5.5.4. При работе завихрителей в неавтомодельной области поправка на коэффициент сопротивления определяется по черт. 15.

5.5.5. При периферийной или промежуточной подаче газа под

Коэффициент гидравлического сопротивления каналов горелок при различных типах завихрителей

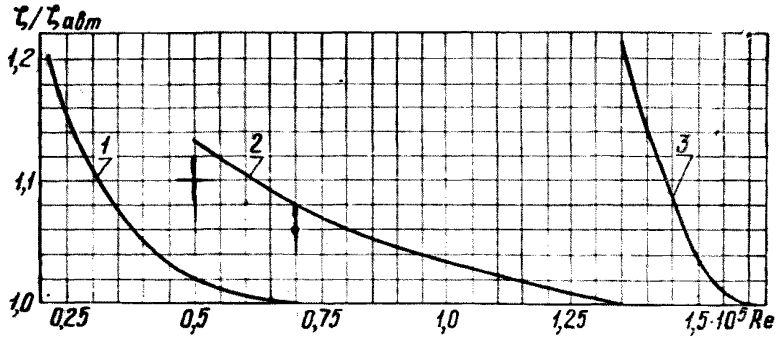


1 — аксиальный лопаточный завихритель с прямыми лопатками; *2* — тангенциальный лопаточный завихритель с прямыми лопатками; *3* — улиточный завихритель; *4* — аксиальный лопаточный завихритель с профилированными лопатками

$$0{,}8 \leqslant \frac{F}{F_{\text{п}}} \leqslant 1; \quad \frac{D_0}{D} \geqslant 0{,}3$$

Черт. 14

Поправки на неавтомодельность улиточных и лопаточных завихрителей



1 — аксиальный лопаточный завихритель; *2* — улиточный завихритель; *3* — тангенциальный лопаточный завихритель

Черт. 15

углом $\beta_{\text{газ}} > 30°$ величину коэффициента сопротивления по вторичному воздуху следует принимать $\zeta_{\text{п}} = 1{,}2\zeta$.

5.5.6. Коэффициент сопротивления сбросной горелки, отнесенный к скорости и к плотности воздуха на выходе из нее и учиты-

вающий только трение и выходные потери, $\zeta_c = 1{,}2$ для круглых горелок и $\zeta_c = 1{,}5$ для щелевых горелок. Наличие пыли в сбросном воздухе при расчете сопротивления не учитывается.

5.5.7. Коэффициент сопротивления центральной трубы горелки (при прямоточном пропуске через нее горячего воздуха), учитывающий сопротивление подводящего патрубка, канала и выходные потери, $\zeta_ц = 2$.

5.5.8. Коэффициент сопротивления центрального канала при наличии в нем аксиального лопаточного завихрителя (регистра с прямыми лопатками) принимается по черт. 14.

5.5.9. Коэффициент сопротивления сбросного канала основной горелки при наличии аксиального лопаточного завихрителя и входного короба определяется так же, как и для каналов первичного и вторичного воздуха.

5.5.10. Потеря полного напора перед соответствующими каналами горелки (сопротивление) определяется по формуле

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho W^2}{2}.$$

6. КОНСТРУКЦИЯ И РАСПОЛОЖЕНИЕ СБРОСНЫХ ГОРЕЛОК

6.1. Число сбросных горелок выбирается с учетом расположения основных горелок. При одноярусном расположении основных горелок сбросные горелки устанавливаются над каждой основной горелкой, при двухъ- и многоярусном расположении основных горелок — над каждой из основных горелок верхнего яруса.

6.2. Сбросные горелки могут быть круглой или прямоугольной формы.

6.3. Расстояние по вертикали между нижней кромкой сбросных и верхней основных горелок должно составлять примерно $1{,}0D_A$.

6.4. Наклон осей сбросных горелок вниз к горизонту 10—15°.

7. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ГОРЕЛОК

7.1. Исходные данные для расчета пылеугольных горелок и пылевой части пылегазовых горелок должны выбираться и рассчитываться в соответствии с указаниями, приведенными в табл. 7.

7.2. Исходные данные для расчета газовой части пылегазовых горелок приведены в табл. 8.

7.3. При работе топок с наддувом при $P_т \geqslant 500$ *кгс/м²* во все формулы для определения объема воздуха и газов необходимо вводить поправку на давление $\left(1 + \frac{P_т}{10\,330}\right)$. Для топок под разрежением в нижеприводимых расчетах эта поправка может быть не введена.

Таблица 7

Исходные данные для расчета пылевых горелок и пылевой части пылегазовых горелок

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула		Обоснование
	СИ	МКГСС		При подаче пыли мельничными газами	При подаче пыли горячим воздухом	
Тип котла	—	—	—	—	—	Задано
Номинальная паропроизводительность котла	кг/с	*т/ч*	$D_н$	—	—	»
Топливо:						
марка и сорт	—	—	—	—	—	»
состав	%	%	$W^р$, $A^р$, $S^р$, $C^р$, $H^р$, $N^р$, $O^р$	—	—	»
выход летучих	»	»	$V^г$	—	—	»
теплота сгорания топлива (низшая) на рабочую массу	МДж/кг	*ккал/кг*	$Q^р_н$	—	—	»
остатки на ситах с ячейками 90 и 200 *мкм*	%	%	R_{90}, R_{200}	—	—	»
Теоретическое количество сухого воздуха, необходимое для полного сгорания 1 *кг* топлива при СП	м³/кг	*м³/кг*	V^0	$0{,}0889\,(C^р + 0{,}375S^р) + 0{,}265H^р - 0{,}033O^р$		—
Тип шлакоудаления	—	—	—	—	—	Задано
Схема пылеприготовления и подачи пыли	—	—	—	—	—	»

Продолжение табл. 7

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула		Обоснование
	СИ	МКГСС		При подаче пыли мельничными газами	При подаче пыли горячим воздухом	
Теоретическое тепловыделение на 1 $м^3$ воздуха при СП	МДж/м³	*ккал/м³*	$q_{вз}$	$\frac{Q_н^р}{V^0}$		—
Коэффициент избытка воздуха в основных горелках	—	—	$\alpha_г$	—	—	Принимается по табл. 3
Влажность пыли	%	%	$W^{пл}$	—	—	Принимается по нормативным материалам для расчета и проектирования пылеприготовительных установок котельных агрегатов
Количество влаги, испаренной на 1 *кг* сырого материала (топлива)	—	—	ΔW	$\frac{W^р - W^{пл}}{100 - W^{пл}}$		—
Количество сушильного агента на 1 *кг* сырого топлива, подаваемого к входному сечению пылесистемы	кг/кг	*кг/кг*	g_1	—	—	Рассчитывается по нормативным материалам для расчета и проектирования пылеприготовительных установок котельных агрегатов

Продолжение табл. 7

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула		Обоснование
	СИ	МКГСС		При подаче пыли мельничными газами	При подаче пыли горячим воздухом	
Коэффициент, учитывающий присос холодного воздуха в долях от количества сушильного агента	—	—	$K_{прс}$	—	—	То же
Количество влажного сушильного агента в конце установки	кг/кг	*кг/кг*	$g_{вл.с.а}$	$g_1 (1 + 1{,}5K_{прс}) + \Delta W$		С учетом указаний п. 5.2.3
Доля сухого воздуха в транспортирующем агенте	—	—	$\varphi_{вз}$	$\frac{g_1 (1 + 1{,}5K_{прс})}{g_{вл.с.а}}$	~ 1	С учетом указаний п. 5.2.3.
Коэффициент подачи первичного воздуха	—	—	α_1	$\frac{g_1 (1 + 1{,}5K_{прс})}{\rho_0 V^0}$	Принимается по табл. 3	То же
Коэффициент подачи вторичного воздуха при отсутствии сброса в основные горелки	—	—	α_2	$\alpha_г - \alpha_1$		—
То же, при сбросе в основные горелки	—	—	α_2	$\alpha_г - \alpha_1 - \alpha_с$		—
Коэффициент избытка воздуха в сбрасываемом сушильном агенте при наличии самостоятельных сбросных горелок	—	—	$\alpha_с'$	—	$\frac{g_1(1+1{,}5K_{прс})}{(1-\eta_ц)\rho_0 V^0}$	С учетом указаний п. 5.2.3

Продолжение табл. 7

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула		Обоснование
	СИ	МКГСС		При подаче пыли мельничными газами	При подаче пыли горячим воздухом	
То же, при сбросе в основные горелки	—	—	α_c	$\frac{(1+1{,}5K_{прс})g_1}{\rho_0 V^0}$		—
Доля присосанного в топку воздуха	—	—	$\Delta\alpha_т$	—	—	Принимается по «Тепловому расчету котельных агрегатов (нормативный метод)»
Коэффициент избытка воздуха на выходе из топочной камеры при наличии самостоятельных сбросных горелок	—	—	$\alpha_т$	$\alpha_г+\Delta\alpha_т$	$\alpha_г\gamma_{ц}+\alpha_c\times(1-\gamma_{ц})+\Delta\alpha_т$	—
То же, при сбросе в основные горелки	—	—	$\alpha_т$	$\alpha_г+\Delta\alpha_т$		
Концентрация пыли в пылевоздушной смеси	кг/кг	*кг/кг*	μ	$\frac{1-\Delta W^{пл}}{\alpha_1 V^0\rho_0+\Delta W^{пл}}$	$\frac{1}{\alpha_1 V^0\rho_0}$	—
Начальная температура сушильного агента (при сушке смесью нескольких компонентов равна температуре смешения)	К	°С	$t_м'$	—	—	Принимается по нормативным материалам для расчета и проектирования пылеприготовительных установок котельных агрегатов

Продолжение табл. 7

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула		Обоснование
	СИ	МКГСС		При подаче пыли мельничными газами	При подаче пыли горячим воздухом	
Температура сушильного агента за мельницей	К	°С	$t''_м$	—	—	То же
Температура влажной пыли	"	"	$t_{пл}$	—	—	Температура в конце установки принимается равной температуре сушильного агента за мельницей
Теплоемкости: сушильного агента при температуре $t'_м$	МДж/кг·К	*ккал/кг·°С*	$C_{с.а}$	—	—	По нормам пылеприготовления
пылевоздушной смеси при t_1	МДж/(кг·К)	*ккал/(кг·°С)*	C_1	Для определения C_1 температура задается произвольно с последующим уточнением		Принимается по нормативным материалам для расчета и проектирования пылеприготовительных установок котельных агрегатов
влажной пыли при $t_{пл}$	"	"	$C_{пл}$	—	—	То же
Температура пылевоздушной смеси перед горелкой	К	°С	t_1	$t_1 = t''_м$	$\dfrac{\dfrac{C_{с.а}}{C_{пл}} t_2 + \mu t_{пл}}{\dfrac{C_1}{C_{пл}} + \mu}$	—
Расход топлива на котел	кг/с	*кг/ч*	B	—	—	Рассчитывается по «Тепловому расчету котельных агрегатов (нормативный метод)»

Продолжение табл. 7

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула		Обоснование
	СИ	МКГСС		При подаче пыли мельничными газами	При подаче пыли горячим воздухом	
Тепловая мощность топки	МВт	*Гкал/ч*	$Q_{т.т}$	$Q_н^р B$		
Количество основных горелок на топку и число ярусов	—	—	$z_г$, $z_{яр}$	—	—	Выбирается по табл. 2 с учетом п. 5.1.4 и уточняется при расчете размещения горелок и при определении габаритов топки
Тепловая мощность горелки	МВт	*Гкал/ч*	$Q_г$	$\frac{Q_{т.т}}{z_г}$	$\frac{Q_{т.т}\eta_{ц}}{z_г}$	—
Производительность горелки	кг/с	*кг/ч*	$B_г$		$\frac{Q_г}{Q_н^р}$	—
Тип горелки, тип завихрителя	—	—	—	—	—	Выбирается в соответствии с указаниями разд. 4
Параметр крутки потока пылевоздушной смеси (первичного воздуха)	—	—	n_1	—	—	Выбирается по табл. 5, а затем уточняется после расчета завихрителя
Параметр крутки потока вторичного воздуха	—	—	n_2	—	—	Выбирается по табл. 5, 6, а затем уточняется после расчета завихрителя

Примечание. СП—стандартные параметры: давление p_0=760 *мм рт. ст.* $\left(101325 \frac{Н}{м^2}\right)$; температура t_0=0 °С (T_0=273 К).

Таблица 8

Исходные данные для расчета газовой части пылегазовых горелок

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула	Обоснование
	СИ	МКГСС			
Теплота сгорания газа	МДж/м³	*ккал/м³*	$Q_н^р$	—	Задано
Расход газообразного топлива (при СП) на котел	м³/с	*м³/ч*	$V_{газ}$	—	Принимается по «Тепловому расчету котельных агрегатов (нормативный метод)»
Давление газообразного топлива перед горелкой	Н/м²	*кгс/м²*	$p_{газ}$	—	Задано
Температура газообразного топлива перед горелкой	К	°С	$t_{газ}$	—	»
Плотность газообразного топлива при СП	кг/м³	*кгс·сек²/м⁴*	$\rho_{0газ}$	—	Определяется по характеристикам заданного топлива
Количество воздуха при СП, необходимое для полного сгорания 1 *м³* газообразного топлива	м³/м³	*м³/м³*	V^0	$0{,}0476\,(0{,}5\,CO+0{,}5H_2+1{,}5H_2S+\sum\left(m+\frac{n}{4}\right)\times C_mH_n-O_2)$	Определяется по характеристикам заданного топлива

Продолжение табл. 8

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула	Обоснование
	СИ	МКГСС			
Коэффициент избытка воздуха на выходе из топки	—	—	$\alpha_т$	—	Рассчитывается по п. 5.2.3
Коэффициент избытка воздуха перед горелкой	—	—	$\alpha_г$	—	Принимается по табл. 4
Коэффициент подачи первичного воздуха	—	—	α_1	—	То же
Коэффициент подачи центрального воздуха	—	—	$\alpha_ц$	—	»
Коэффициент подачи вторичного воздуха	—	—	α_2	$\alpha_г - \alpha_1 - \alpha_ц$	—
Общий расход воздуха на горелку при СП	м³/с	м³/ч	$V_в$	$\frac{\alpha_г V^0 V_{газ}}{z_г}$	—
Температура воздуха перед горелкой при сжигании газа	К	°С	$t_в$	—	Принимается по тепловому расчету котла при сжигании газа. При приближенных расчетах может приниматься равной $t_{г.в}$ при сжигании пыли

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула	Обоснование
	СИ	МКГСС			
Плотность газа перед горелкой	кг/м³	*кгс·сек²/м⁴*	$\rho_г$	$\rho_{газ}\frac{(1+p_{газ})\,273}{273+t_{газ}}$	—
Способ подачи газа (промежуточный, периферийный, центральный)	—	—	—	—	Принимается в соответствии с указаниями пп. 4.11—4.13
Угол наклона газовых струй	град	*град*	$\beta_{газ}$, $\gamma_{газ}$	—	Выбирается в соответствии с указаниями разд. 4

8. РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРЕЛОК

8.1. Расчет сечений и диаметров пылеугольной горелки производится в соответствии с табл. 9.

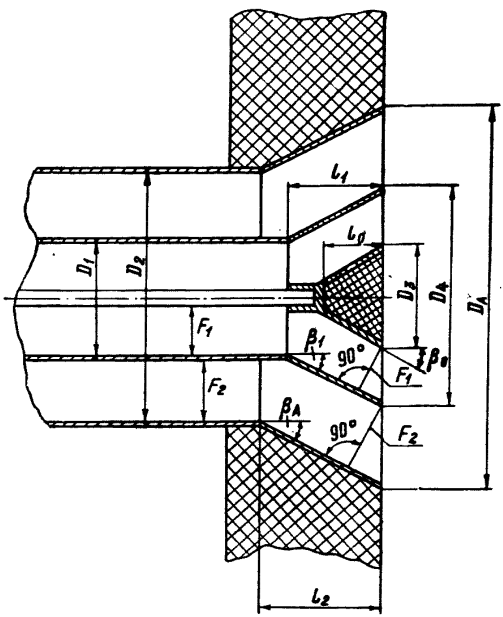
8.2. Расчет газовыдающих устройств производится в соответствии с табл. 10.

8.3. Расчет сбросных горелок производится в соответствии с табл. 12.

8.4. Для случая работы топок под наддувом вводится поправка на давление согласно п. 7.3.

8.5. Пример расчета конструктивных характеристик пылеугольных и пылегазовых горелок приведен в прилож. 2.

Амбразуры горелок с рассекателем



Черт. 16

Таблица 9

Расчет сечений и диаметров горелки с цилиндрическими амбразурами и насадками

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула	Обоснование
	СИ	МКГСС			
Объемный расход первичного воздуха через горелку	м³/с	*м³/сек*	V_1	При подаче пыли мельничными газами $\frac{\alpha_1 Q_г T_1}{\varphi_{вз} q_{вз} \cdot 273}$ При подаче пыли горячим воздухом $\frac{\alpha_1 Q_г T_1}{q_{вз} \cdot 273}$	—
Объемный расход вторичного воздуха через горелку	"	"	V_2	$\frac{\alpha_2 Q_г T_2}{q_{вз} \cdot 273}$	—
Скорость первичного воздуха на выходе из горелки	м/с	*м/сек*	W_1	—	Принимается по табл. 3
Скорость вторичного воздуха на выходе из горелки	"	"	W_2	—	То же
Выходное сечение канала пылевоздушной смеси	м²	*м²*	F_1	$\frac{V_1}{W_1}$	—
Выходное сечение канала вторичного воздуха	"	"	F_2	$\frac{V_2}{W_2}$	—

Продолжение табл. 9

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула	Обоснование
	СИ	МКГСС			
Наружный диаметр центральной трубы	м	*м*	D_0	$\sqrt{\frac{m^2}{1-m^2}\cdot\frac{4}{\pi}(F_1-F_2)}$	—
Коэффициент	—	—	m	$\frac{D_0}{D_A}$	Выбирается в пределах $0{,}3 \leqslant m \leqslant 0{,}4$ для каменных и бурых углей; $0{,}35 \leqslant m < 0{,}45$ для антрацитового штыба, полуантрацитов и тощих углей
Внутренний диаметр трубы пылевоздушной смеси	м	*м*	d_1	$\sqrt{D_0^2+\frac{4F_1}{\pi}}$	—
Толщина стенки трубы пылевоздушной смеси	»	»	s_1	—	Принимается конструктивно
Наружный диаметр трубы пылевоздушной смеси	»	»	D_1	d_1+2s_1	—
Наружный диаметр кожуха или газовой рубашки при промежуточной подаче газа	»	»	D_1'	—	Выбирается с учетом расчета газовой части (см. табл. 10)

Продолжение табл. 9

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула	Обоснование
	СИ	МКГСС			
Внутренний диаметр трубы вторичного воздуха	м	*м*	d_2	$\sqrt{(D_1')^2+\frac{4F_2}{\pi}}$	—
Диаметр амбразуры	»	»	D_A	$d_2=D_A$	—
Наружный диаметр трубы вторичного воздуха	»	»	D_2	d_2+2s_2	—
Равновеликий диаметр канала первичного воздуха	»	»	$D_{1рв}$	$\sqrt{d_1^2-D_0^2}$	—
Равновеликий диаметр канала вторичного воздуха	»	»	$D_{2рв}$	$\sqrt{d_2^2-D_1^2}$	—
Равновеликий диаметр горелки	»	»	$D_{г.рв}$	$\sqrt{d_2^2-D_0^2}$	—

Примечание. Для горелок с коническими амбразурами углы и длины конических насадок (β_1, β_A, l_0, l_1, l_2) рассчитывают при указанных в п. 4.6 значениях β_0 исходя из равенства сечений $F_{1к}=F_1$ и $F_{2к}=F_2$ (черт. 16).

Таблица 10

Расчет газовыдающих устройств

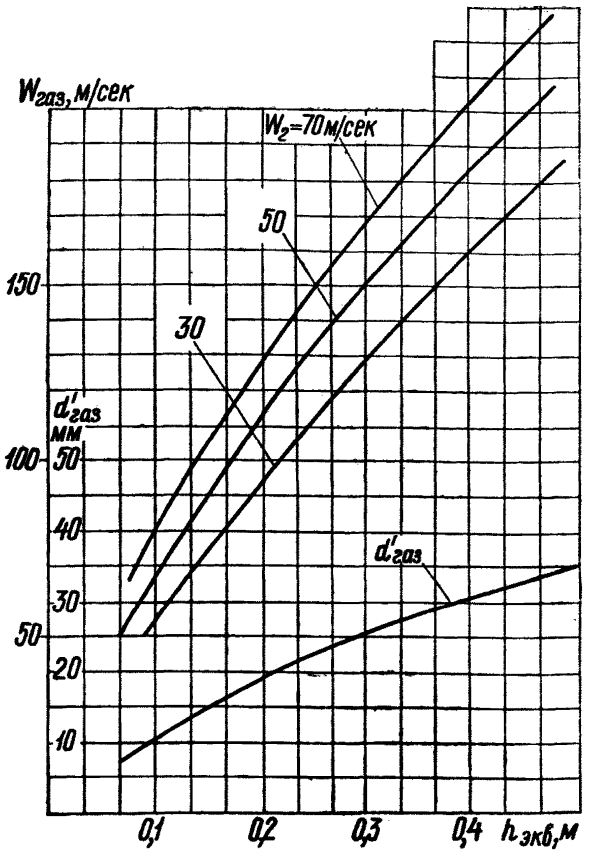
Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула	Обоснование
	СИ	мкгсс			
Расход вторичного воздуха при СП	м³/с	*м³/сек*	V_2	$\alpha_2 V^0 V_{газ}$	—
Расход первичного воздуха при СП	»	»	V_1	$\alpha_1 V^0 V_{газ}$	—
Скорость вторичного воздуха	м/с	*м/сек*	W_2	$\frac{V_2 (273+t_в)}{273 F_2}$	—
Скорость первичного воздуха	»	»	W_1	$\frac{V_1 (273+t_в)}{273 F_1}$	—
Ширина воздушного канала вторичного воздуха	м	*м*	$h_к$	$\frac{d_2 - D_1}{2}$	—
Эквивалентная ширина воздушного канала	»	»	$h_{к.экв}$	—	Табл. 11
Скорость выхода газа при $\beta_{газ}=90°$	м/с	*м/сек*	$W'_{газ}$	—	Черт. 17
Диаметр газовыпускных отверстий при $\beta_{газ}=90°$	м	*м*	$d'_{газ}$	—	То же
Поправочный коэффициент на скорость газа в зависимости от $\beta_{газ}$	—	—	K_w	—	Черт. 18
Поправочный коэффициент на диаметр газовых отверстий в зависимости от $\beta_{газ}$	—	—	K_d	—	То же
Расчетная скорость газа при выбранном $\beta_{газ}$	м/с	*м/сек*	$W_{газ}$	$W'_{газ} K_w$	—
Расчетный диаметр газовыдающих отверстий (сопел) при выбранном $\beta_{газ}$	м	*м*	$d_{газ}$	$d'_{газ} K_d$	—

Таблица 11

Эквивалентная ширина воздушного канала в зависимости от способа подачи газа и параметра крутки воздушного потока

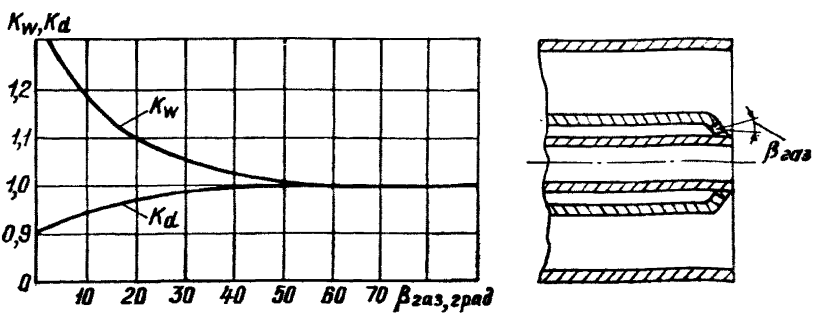
Подача газа	Параметр крутки n_2		
	0	до 3,5	⩾3,5
Центральная	$h_к$	$1{,}1 h_к$	$1{,}2 h_к$
Периферийная	$0{,}9 h_к$	$0{,}8 h_к$	$0{,}7 h_к$
Промежуточная	$h_к$	$h_к$	$h_к$

Скорость выхода газа и диаметра газовыпускных отверстий



Черт. 17

Поправочные коэффициенты скорости выхода газа и диаметра газовыпускных отверстий



Примечание. Во всех случаях более эффективное горение газа может быть получено при более высоких значениях $\beta_{газ}$

Черт. 18

Таблица 12

Расчет сбросных горелок

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула	Обоснование
	СИ	МКГСС			
Число сбросных горелок	—	—	z_c	—	Принимается по п. 6.1
Плотность сбросного воздуха (без пыли) при стандартных параметрах	кг/м³	*кгс·сек²/м⁴*	ρ_{0_c}	$\varphi_{вз}\rho_{0_{вз}} + (1-\varphi_{вз})\,\rho_{0_{вл}}$	—
Расход сбросного воздуха на котел	м³/с	*м³/ч*	V_c	$\dfrac{g_{вл}bB\,(t''_м+273)}{\rho_{0_c}\cdot 273}$	—
Скорость газов на выходе из сбросной горелки	м/с	*м/сек*	W_c	35—45	Принимается по п. 5.4.2
Выходное сечение сбросной горелки	м²	*м²*	F_c	$\dfrac{V_c}{W_c z_c}$	—
Отношение высоты сбросной щелевой горелки к ширине	—	—	ε_c	$\dfrac{a_c}{b_c}$	Принимается от 3 до 6
Ширина сбросной горелки	м	*м*	b_c	$\sqrt{\dfrac{F_c}{\varepsilon_c}}$	—
Высота сбросной горелки	»	»	a_c	$\varepsilon_c b_c$	—

9. РАСЧЕТ ЗАВИХРИТЕЛЕЙ

9.1. Исходные данные

9.1.1. Тип завихрителя и параметр крутки определяются в соответствии с разд. 4 и табл. 5 и 6.

Примечание. При выборе числового значения n и типа завихрителя рекомендуется учитывать следующее:

— увеличение параметра крутки n повышает сопротивление горелки;

— увеличение крутки увеличивает количество рециркулирующих к устью факела газов, что улучшает воспламенение угольной пыли. Поэтому для углей с пониженным содержанием летучих необходимо иметь большее значение параметра крутки;

— крутка первичного воздуха должна быть меньше или равна крутке вторичного воздуха;

— улиточные завихрители более громоздки, чем лопаточные, и имеют узкий диапазон регулирования по параметру крутки. В то же время улиточные завихрители на первичном воздухе более устойчивы к аэрозионному износу, чем лопаточные;

— аксиальные лопаточные завихрители проще приспособить к заданному параметру крутки, так как они допускают больший диапазон изменения крутки. При этих завихрителях горелка более компактна, особенно при больших мощностях. Сопротивление профилированного лопаточного завихрителя меньше, чем сопротивление улиточного завихрителя (при одинаковых значениях параметра крутки).

9.1.2. Сечения и размеры каналов горелки, диаметр амбразуры, центральной трубы и равновеликий диаметр определяются по табл. 9.

9.1.3. Зависимости, связывающие конструктивные характеристики завихрителей (см. черт. 11, 12, 13) с параметром крутки, приведены в п. 5.3.2.

9.2. Расчет улиточного завихрителя (черт. 19)

9.2.1. Определяется ширина подводящего патрубка:

$$b = (1 \div 1{,}25)\frac{d}{2}.$$

Примечание. Меньший размер выбирается для меньших параметров крутки.

9.2.2. Определяется величина C:

$$C = (0{,}03 \div 0{,}05)\,d.$$

9.2.3. Определяется расстояние от оси горелки до оси патрубка:

$$A = \frac{b}{2} + C + \frac{d}{2}.$$

9.2.4. Определяется длина подводящего патрубка:

$$l = \frac{\pi A D_{рв}}{bn}.$$

9.2.5. Если заданы l, b, A, то определяется параметр крутки по формуле п. 5.3.2 для улиточных завихрителей.

Полученное значение n должно соответствовать рекомендациям табл. 5.

9.3. Построение улитки

9.3.1. Построение улитки должно производиться по черт. 19 следующим образом. Из точки пересечения осей x и y проводятся три окружности:

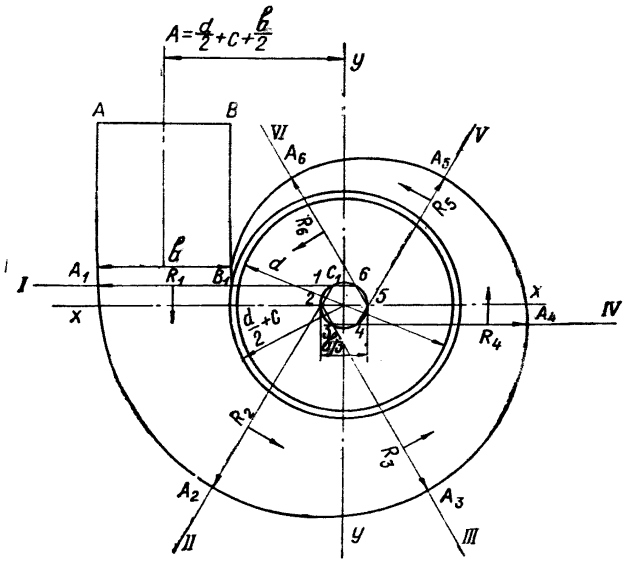
— основная диаметром d;

— определяющая стенку улитки радиусом $\frac{d}{2}+C$;

— вспомогательная радиусом $\frac{b}{6}$.

Внутри вспомогательной окружности вписывается шестигранник с двумя гранями, параллельными оси x.

Построение улитки



Черт. 19

Через каждую сторону шестигранника проводятся лучи *I*, *II*, *III*, *IV*, *V*, *VI*.

На луче *I* откладываются отрезки $C_1B_1=r=\frac{d}{2}$ и $B_1A_1=b$ (по рассчитанным значениям в п. 9.2.1). В точках A_1 и B_1 к лучу *I* восстанавливаются перпендикуляры, фиксирующие внешнюю и внутреннюю грани патрубка. Далее радиусом $A_1=r+\frac{11}{12}b$ проводится из точки *1* шестигранника дуга до пересечения с лучом *II*

(точка A_2), радиусом $2A_2$ из точки *2* — до пересечения с лучом *III* (точка A_3). Таким же образом проводятся все остальные дуги из точек *3*, *4*, *5*, *6*. Последний участок дуги улитки доводится до пересечения с линией BB_1 в точке B_1 радиусом $6A_6$ на луче *VI*.

Приведенный метод дает возможность построить внутреннюю форму улитки (в свету). Наружное очертание строится таким же образом, соответствующими радиусами с учетом толщины стенки.

9.4. Расчет тангенциального лопаточного завихрителя

9.4.1. Выбирается число лопаток:

$$z_л = 16 \div 30.$$

Примечание. Бóльшее число лопаток выбирается для горелок бóльшего диаметра.

9.4.2. Определяется центральный угол (см. черт. 12):

$$2\gamma = \frac{2\pi}{z_л}\ рад \text{ или } 2\gamma = \frac{360}{z_л}\ град.$$

9.4.3. Определяется комплекс L_1:

$$L_1 = \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{D_1}{d_2}\right)^2}{2}}.$$

9.4.4. По найденному значению L_1 (черт. 20) и выбранному $z_л$ определяется угол наклона лопатки $\beta_в$ к радиусу, проведенному через входную кромку основной части лопаток (черт. 12).

Примечание. Основной расчетной частью лопатки является часть ее, лежащая внутри угла 2γ, отсчитанного от выходных кромок лопаток.

9.4.5. По найденному значению $\beta_в$ определяется комплекс L_2 в зависимости от $z_л$ по черт. 21.

9.4.6. Определяется ширина лопаток в зависимости от заданного параметра крутки:

$$b_л = \frac{D_{рв} L_2}{2n}.$$

9.4.7. Выбирается коэффициент перекрыши лопаток $K = \frac{s_л}{s_0}$ (черт. 12). По конструктивным соображениям рекомендуется $K = 1{,}3 \div 1{,}5$.

9.4.8. Определяются конструктивные характеристики, необходимые для построения лопаточного завихрителя (см. черт. 12):

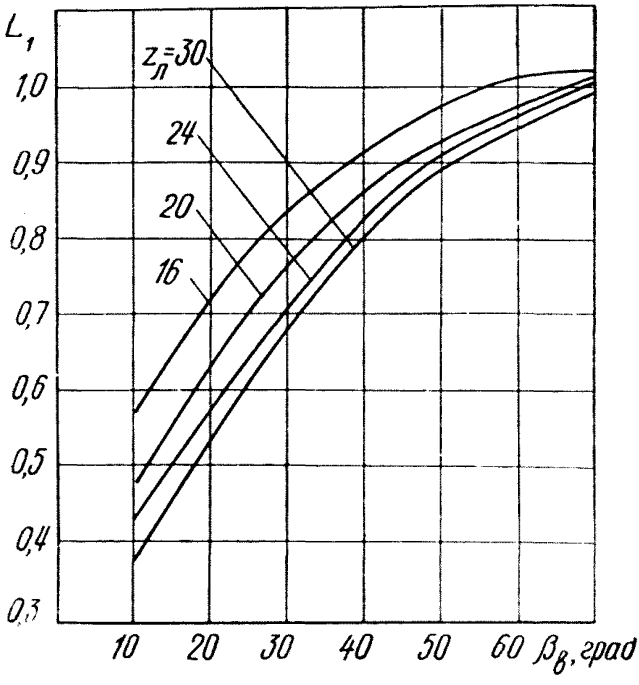
— угол наклона лопаток к радиусу, проведенному через выходную кромку их,

$$\beta_л = \beta_в + 2\gamma;$$

— угол перекрыши

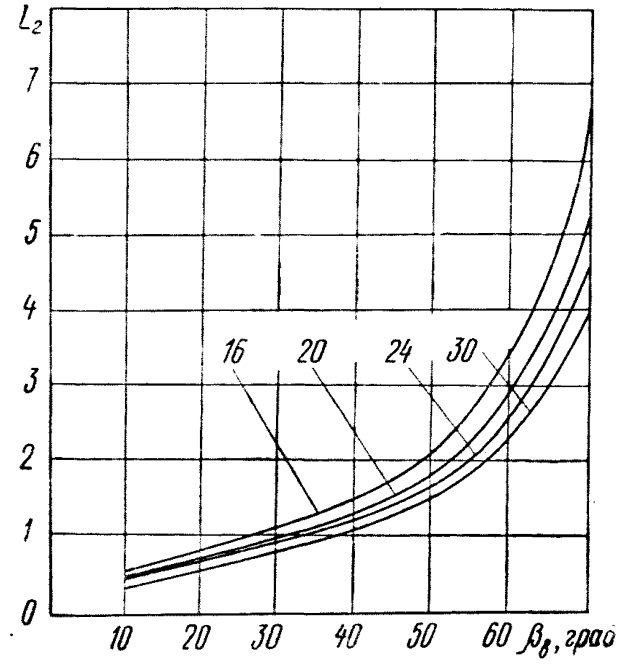
$$\Delta\gamma = (K - 1)2\gamma;$$

Расчетный комплекс L_1 для построения тангенциального лопаточного завихрителя



Черт. 20

Расчетный комплекс L_2 для построения тангенциального лопаточного завихрителя



Черт. 21

— радиус окружности, проведенной по входным кромкам лопаток,

$$R_л = r_2 \frac{\sin \beta_л}{\sin (\beta_в - \Delta\gamma)};$$

— длина лопаток

$$l_л = \frac{r_2 \sin (2\gamma + \Delta\gamma)}{\sin (\beta_в - \Delta\gamma)}.$$

9.4.9. Если конструктивные характеристики заданы, то по ним определяется параметр крутки по формулам п. 5.3.2.

Полученные значения n должны соответствовать рекомендованным в табл. 5 и 6.

Примечание. Для тангенциального лопаточного завихрителя с неподвижными лопатками при установке выходных кромок лопаток на окружности диаметром d_2 при высоких параметрах крутки требуются высокие скорости воздуха на выходе из лопаток (в полтора-два раза больше, чем в канале вторичного воздуха), что значительно увеличивает коэффициент сопротивления. Во избежание этого необходимо располагать выходные кромки лопаток на диаметре, большем d_2 (на 10—20%).

9.5. Расчет аксиального лопаточного завихрителя (см. черт. 11)

9.5.1. Выбирается число лопаток $z_л$ по табл. 13 в зависимости от D/d.

Таблица 13

D/d	$z_л$
0,33	12
0,5	18
0,6	24
0,67	30

9.5.2. Рассчитывается центральный угол γ:

$$\gamma = \frac{360}{z_л}.$$

9.5.3. Выбирается коэффициент перекрыши, постоянный по высоте лопатки,

$$K = \frac{S_л}{S_0} = \frac{\gamma_л}{\gamma}; \quad K = 1{,}15 \div 1{,}25.$$

9.5.4. Определяется угол сектора, занимаемого одной лопаткой,

$$\gamma_л = \gamma K.$$

9.5.5. Принимается по конструктивным соображениям толщина лопаток s.

9.5.6. Определяется условный радиус приложения равнодействующей момента количества движения (плечо инерции):

$$R_a = \sqrt{\frac{d^2 + D^2}{8}}.$$

9.5.7. Определяется расстояние между лопатками во входном сечении аппарата по среднему радиусу:

$$E = \frac{\pi (d + D)}{2z_л} - s \approx \frac{\pi (d + D)}{2z_л}.$$

9.5.8. Определяется угол изгиба лопаток β:

$$\beta = \operatorname{arcctg}\left[\frac{2\pi R_a D_{\text{рв}}}{nEz_{\text{л}}(d-D)}\right].$$

9.5.9. Если конструктивные характеристики аппарата заданы, то по этим характеристикам определяется параметр крутки по п. 5.3.2. Полученное значение n должно соответствовать рекомендациям табл. 5, 6.

9.5.10. При конструировании аксиальных лопаток с безударным входом должен обеспечиваться коэффициент перекрыши, равный 1,25 в прямой части лопатки (при развертке винтовой линии на плоскость) и 0,25 в переходной (гнутой) части лопатки, на которой осуществляется поворот потока на заданный угол $\beta_{\text{л}}$. На основании этих указаний и заданных D и $d(d>D)$ определяются соответствующие радиусы закругленной гнутой части лопатки на поверхностях цилиндров от D к d и высота лопатки.

9.6. Построение профиля винтовой лопатки

9.6.1. Уравнение гнутого участка лопатки (черт. 22) в цилиндрических координатах:

$$X = \rho \cos\varphi \operatorname{tg}\gamma \operatorname{ctg}\frac{\beta}{2},$$

где

$$0 \leqslant \varphi \leqslant \gamma; \quad \frac{D}{2} \leqslant \rho \leqslant \frac{d}{2}.$$

9.6.2. Уравнение выходного участка:

$$X = \rho \sin\gamma \operatorname{ctg}\frac{\beta}{2} + \rho \operatorname{ctg}\beta(\sin\varphi - \cos\varphi \operatorname{tg}\gamma),$$

где

$$\gamma \leqslant \varphi \leqslant \gamma_{\text{л}}; \quad \frac{D}{2} \leqslant \rho \leqslant \frac{d}{2}.$$

9.6.3. В табл. 14 приведены данные по выбору и расчету величин, необходимых для построения профиля лопатки.

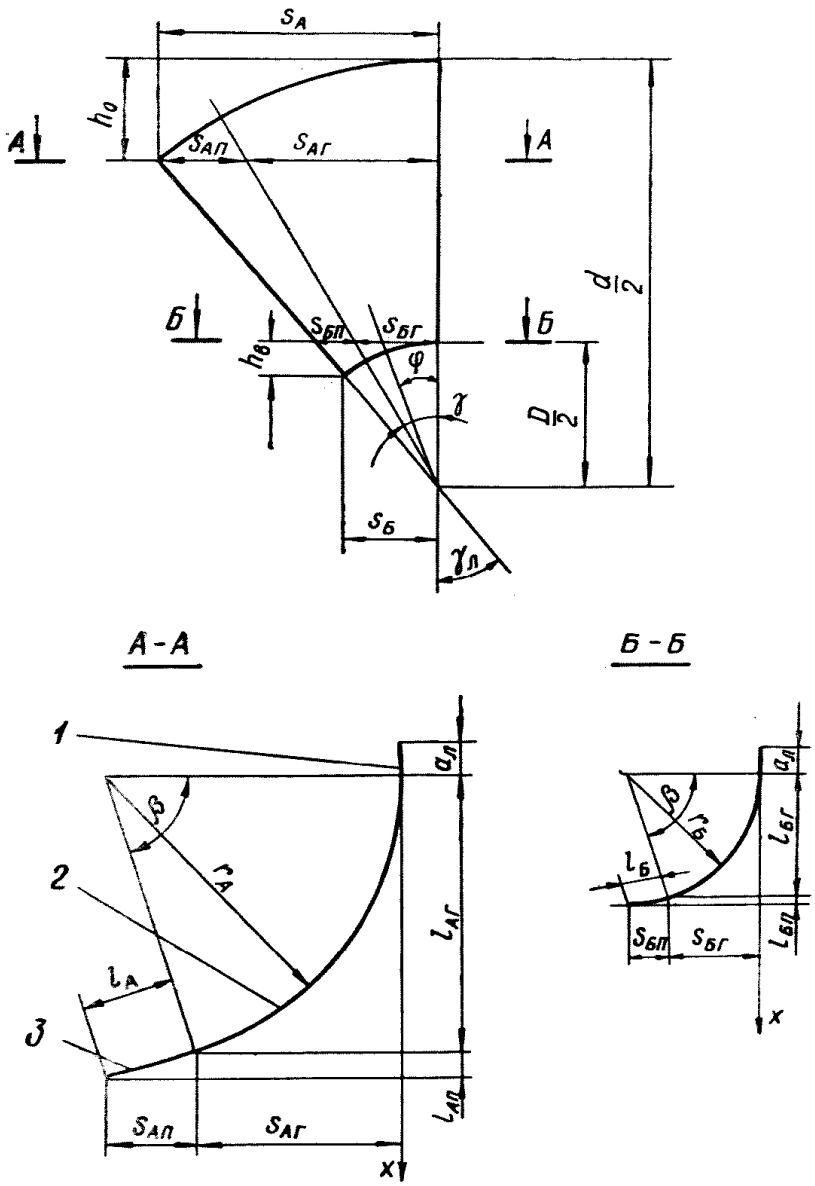
9.6.4. Расчет координат гнутого участка (черт. 23, отрезки AB, DE). Угол гиба лопатки β разбивается на несколько β_i равных или неравных углов. Число интервалов должно соответствовать числу точек кривых, координаты которых рассчитываются.

Примечание. Для получения достаточного числа точек, по которым можно построить плавную кривую, следует учесть, что с уменьшением угла гиба лопатки и количества лопаток в завихрителе при неизменной степени перекрыши длина развертки лопатки увеличивается.

Вычисляются вспомогательные величины по следующим формулам:

$$A = \frac{\operatorname{tg}\gamma}{1-\cos\beta}; \quad a = \operatorname{arctg} 2A; \quad \varphi_i = \operatorname{arctg}[A(1-\cos\beta_i)];$$

Профиль лопатки



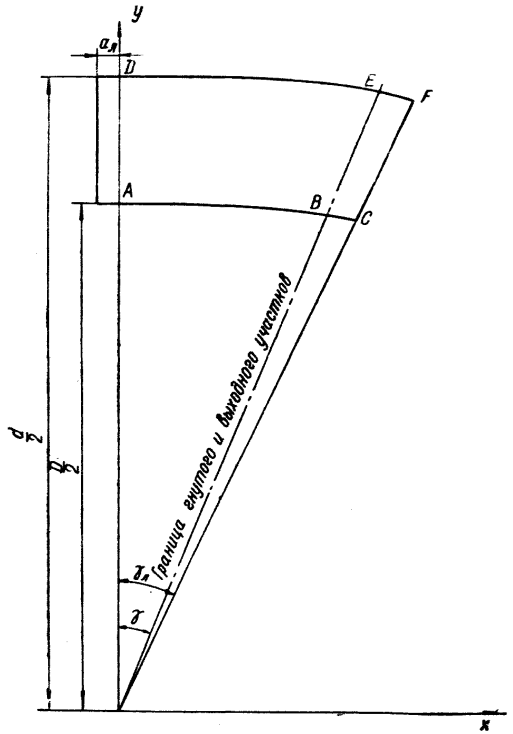
1 — входной прямой участок; *2* — гнутый участок; *3* — выходной прямой участок

Черт. 22

$$\rho_i = \operatorname{arctg}\left(2A \sin\frac{\beta_i}{2}\right); \quad \vartheta_i = \sin\frac{d}{2}\left[2\operatorname{arctg}\left(\frac{\sin\frac{\rho_i}{2}}{\sin\frac{d}{2}}\right)\right];$$

$$C_i = \frac{\cos\varphi_i}{\cos\rho_i}.$$

Построение лопатки



Черт. 23

Вычисляются координаты по следующим формулам:
— для участка AB

$$X_i = \frac{D}{2} C_i \sin\vartheta_i;$$

$$Y_i = \frac{D}{2} C_i \cos\vartheta_i;$$

Таблица 14

Выбор и расчет величин, необходимых для построения профиля лопатки

Наименование	Единица измерения	Обозначение	Формула	Обоснование
Наружный диаметр втулки	*м*	D	—	Табл. 7
Внутренний диаметр обода	„	d	—	„
Число лопаток	шт.	$z_л$	—	Принимается по табл. 13
Степень перекрыши	—	K	—	Рекомендуется 1,15—1,25
Угол гиба лопатки	*град*	β	$\operatorname{arcctg}\left[\frac{2\pi R_a D_{рв}}{nEz_л(d-D)}\right]$	Определяется по выбранному параметру крутки
Длина входного участка	*м*	$a_л$	—	Рекомендуется 0,02—0,03
Угол сектора, занимаемого гнутым участком лопатки	*град*	γ	$\frac{360}{z_л}$	—
Угол сектора, занимаемого лопаткой	„	$\gamma_л$	γK	—
Проекция сечения лопатки $A-A$ на плоскость, нормальную продольной оси закручивателя	*м*	s_A	$\frac{d}{2}\sin\gamma_л$	—
Проекция сечения лопатки $Б-Б$ на ту же плоскость	„	$s_Б$	$\frac{D}{2}\sin\gamma_л$	—

Продолжение табл. 14

Наименование	Единица измерения	Обозначение	Формула	Обоснование
Проекция гнутого участка в сечении $A — A$ на ту же плоскость	*м*	$s_{АГ}$	$\frac{d}{2} \cos \gamma_л \operatorname{tg} \gamma$	—
Проекция выходного участка в сечении $A — A$ на ту же плоскость	"	$s_{АП}$	$\frac{d}{2} (\sin \gamma_л - \cos \gamma_л \operatorname{tg} \gamma)$	—
Проекция гнутого участка в сечении $Б — Б$ на ту же плоскость	"	$s_{БГ}$	$\frac{D}{2} \operatorname{tg} \gamma$	—
Проекция выходного участка в сечении $Б — Б$ на ту же плоскость	"	$s_{БП}$	$\frac{D}{2} (\operatorname{tg} \gamma_л - \operatorname{tg} \gamma)$	—
Радиус гиба лопатки в сечении $A — A$	"	r_A	$\frac{d}{2} \cdot \frac{\cos \gamma_л \operatorname{tg} \gamma}{1 - \cos \beta}$	—
Радиус гиба лопатки в сечении $Б — Б$	"	$r_Б$	$\frac{D}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \gamma}{1 - \cos \beta}$	—
Проекция гнутого участка в сечении $A — A$ на плоскость, проходящую через продольную ось регистра и входной участок лопатки	"	$l_{АГ}$	$\frac{d}{2} \cos \gamma_л \operatorname{tg} \gamma \frac{\sin \beta}{1 - \cos \beta}$	—

Наименование	Единица измерения	Обозначение	Формула	Обоснование
Проекция выходного участка в сечении $A-A$ на ту же плоскость	*м*	$l_{АП}$	$\frac{d}{2}\operatorname{ctg}\beta(\sin\gamma_л - \cos\gamma_л \operatorname{tg}\gamma) = l_A\cos\beta$	—
Проекция гнутого участка в сечении $Б-Б$ на ту же плоскость	»	$l_{БГ}$	$\frac{D}{2}\operatorname{tg}\gamma\operatorname{ctg}\frac{\beta}{2}$	—
Проекция выходного участка в сечении $Б-Б$ на ту же плоскость	»	$l_{БП}$	$\frac{D}{2}\operatorname{ctg}\beta(\operatorname{tg}\gamma_л - \operatorname{tg}\gamma)$	—
Длина выходного участка в сечении $A-A$	»	l_A	$\frac{d}{2}\cdot\frac{\sin\gamma_л - \cos\gamma_л\operatorname{tg}\gamma}{\sin\beta}$	—
Длина выходного участка в сечении $Б-Б$	»	$l_Б$	$\frac{D}{2}\cdot\frac{\operatorname{tg}\gamma_л - \operatorname{tg}\gamma}{\sin\beta}$	—
Высота бо́льшего скоса проекции лопатки на плоскость, нормальную продольной оси регистра	»	h_0	$\frac{d}{2}(1-\cos\gamma_л)$	—
Высота меньшего скоса проекции лопатки на ту же плоскость	»	h_b	$\frac{D}{2}(1-\cos\gamma_л)$	—

Продолжение табл. 14

Наименование	Единица измерения	Обозначение	Формула	Обоснование
Наибольший продольный размер завихрителя	*м*	L_0	$a_л + \frac{d}{2}\cos\gamma_л \operatorname{tg}\gamma \operatorname{ctg}\frac{\beta}{2} + \frac{d}{2}\operatorname{ctg}\beta(\sin\gamma_л - \cos\gamma_л \operatorname{tg}\gamma)$	Черт. 23, $L_0 = AB$
Наименьший продольный размер завихрителя	»	L_b	$a_л + \frac{D}{2}\cos\gamma_л \operatorname{tg}\gamma \operatorname{ctg}\frac{\beta}{2} + \frac{D}{2}\operatorname{ctg}\beta(\sin\gamma_л - \cos\gamma_л \operatorname{tg}\gamma)$	Черт. 23, $L_в = DE$

— для участка DE

$$X_i = \frac{d}{2} C_i \sin \vartheta_i;$$

$$Y_i = \frac{d}{2} C_i \cos \vartheta_i.$$

9.6.5. Расчет координат для участков BC и EF. Следует задаться несколькими (двумя-тремя) значениями угла φ:

— для определения координат точек B, E

$$\varphi_i = \gamma;$$

— для определения координат промежуточных точек

$$\gamma \leqslant \varphi_i \leqslant \gamma_л;$$

— для определения координат точек C, F

$$\varphi_з = \gamma_л.$$

Вычисляются вспомогательные величины по следующим формулам:

$$K_i = \sin \varphi_i - \cos \varphi_i \operatorname{tg} \gamma; \quad E_i = \frac{K_i}{\sin \beta};$$

$$T_i = \sqrt{1 - (A \cos \varphi_i \sin \beta + K_i \operatorname{ctg} \beta)^2}; \quad C_i = \frac{\cos \varphi_i}{\cos \rho_k}.$$

Примечание. $\rho_k = \rho_i$ при $\beta_i = \beta$.

Вычисляются координаты по следующим формулам:

— для участка BC

$$X_i = \frac{D}{2} T_i \sin (\vartheta_k + \Delta\lambda_i);$$

$$Y_i = \frac{D}{2} T_i \cos (\vartheta_k + \Delta\lambda_i);$$

— для участка EF

$$X_i = \frac{d}{2} T_i \sin (\vartheta_k + \Delta\lambda_i);$$

$$Y_i = \frac{d}{2} T_i \cos (\vartheta_k + \Delta\lambda_i).$$

Примечание. $\vartheta_k = \vartheta_i$ при $\beta_i = \beta$.

9.6.6. Для типовых пылеугольных улиточно-лопаточных горелок с аксиальным лопаточным аппаратом построение развертки лопаток может быть произведено по таблицам, помещенным в приложение 2.

10. РАСТОПОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

10.1. Растопочные устройства, устанавливаемые на всех пылеугольных и пылегазовых горелках, должны обеспечивать не менее 30% номинальной мощности горелки (независимо от вида

основного твердого топлива). При этом ПГГ должны иметь растопочные устройства, работающие как на мазуте, так и на газе.

Примечание. При многоярусном расположении горелок допускается устанавливать растопочные устройства не на всех горелках, однако их производительность должна обеспечивать нагрузку котла не менее 30% от номинальной. При этом следует обязательно устанавливать растопочные устройства в каждой горелке нижнего яруса.

10.2. Растопочное устройство должно быть приспособлено не только для растопки котла, но и для подхвата пылевидного факела при его погасании, а также для повышения устойчивости горения твердого топлива при нагрузках котла меньше указанных в п. 3.7.

10.3. При растопке котла на мазуте через центральный и другие каналы подается воздух в количестве, соответствующем $\alpha_г \geqslant 1{,}15$ (по отношению к количеству подаваемого мазута).

10.4. При растопке котла на газе и промежуточной подаче последнего воздух подается по каналам аэросмеси и вторичного воздуха.

10.5. Пылевые и пылегазовые устройства должны быть снабжены:

— запально-защитным устройством с автоматическим или дистанционным управлением. Запально-защитное устройство должно быть приспособлено для зажигания растопочной мазутной форсунки и газового факела пылегазовой горелки;

— устройством для установки датчика, контролирующего устойчивость горящего факела в группе горелок;

— герметичной гляделкой, обеспечивающей наблюдение за факелом горелки и позволяющей осматривать концы газовых трубок, а также наблюдать состояние пылевых насадков и устья амбразуры.

11. РАЗМЕЩЕНИЕ ГОРЕЛОК И РАСЧЕТ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ТОПКИ

11.1. Исходные данные для расчета

11.1.1. Тепловая мощность топки принимается по табл. 2.

11.1.2. Число основных горелок и число ярусов принимается по табл. 7.

11.1.3. Диаметр амбразуры горелки вычисляется по табл. 9.

11.1.4. Результирующий параметр крутки $n_г$ вычисляется по п. 5.3.3.

11.2. Расстояние между горелками и от горелок до ограждающих поверхностей принимается по табл. 15.

11.3. Ширина топки по фронту расположения горелок определяется по формулам:

— при встречном коридорном расположении горелок

$$b_{тп} = 2s_{ст} + \left(\frac{z_г}{2z_{яр}} - 1\right)s_г;$$

Таблица 15

Обозначение расчетных величин	Формула
Расстояние между осями горелок по горизонтали (относительный шаг горелок) $s_г$, *м*:	
для топок с жидким шлакоудалением:	
одноярусное расположение горелок	$(1{,}8+0{,}2n_г)\,D_A$
двухъярусное расположение горелок	$(1{,}8+0{,}35n_г)\,D_A$
для топок с твердым шлакоудалением:	
одноярусное расположение горелок	$(2{,}0+0{,}35n_г)\,D_A$
многоярусное расположение горелок ($z_{яр} \geqslant 2$)	$(2{,}4+0{,}35n_г)\,D_A$
Расстояние между осями горелок по вертикали (между ярусами) $h_{яр}$, *м*:	
при коридорном расположении	$s_г$
при расположении треугольником вниз, на боковых сторонах	$0{,}7s_г$
Расстояние от осей крайних горелок до примыкающих стен $s_{ст}$, *м*:	
при жидком шлакоудалении	$0{,}7s_г$
при твердом шлакоудалении	$s_г$
Расстояние от оси нижнего яруса горелок до начала ската шлакового пода воронки $h_г$, *м*:	
при твердом шлакоудалении и коридорном расположении	(2,0—2,5) D_A
при расположении треугольником вниз на боковых стенах	(0,8—1,0) D_A
в топках со слабонаклонным подом	(1,8—2,0) D_A

Примечания:
1. Приведенные формулы справедливы в пределах $n_г$ от 1,5 до 3,5.
2. Направление вращения потоков в горелках выбирается в соответствии с черт. 24.

— при однофронтовом коридорном расположении

$$b_{тп} = 2s_{ст} + \left(\frac{z_г}{z_{яр}} - 1\right)s_г;$$

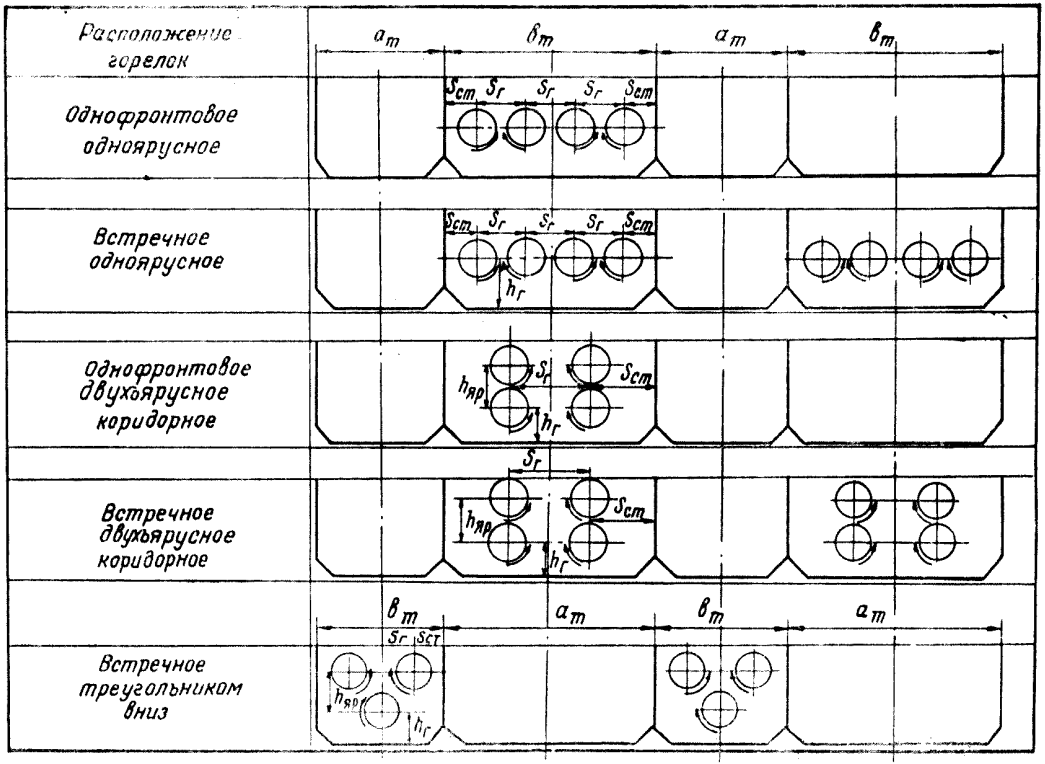
— при встречном расположении треугольником с вершиной вниз

$$b_{тп} = 2s_{ст} + s_г.$$

11.4. Глубина топки определяется приближенно по формуле

$$a_{тп} = s_г\left(\frac{4}{n_г} + \varphi_a z_{яр}\right)c,$$

Схемы расположения горелок на стенах топочной камеры и направление вращения потоков



Примечание. Вращение потоков первичного и вторичного воздуха в каждой горелке — в одну сторону

Черт. 24

где φ_a и c — опытные коэффициенты. Значения φ_a в зависимости от $z_{яр}$ приведены в табл. 16; при однофронтовом расположении горелок $c=0{,}75$, при встречном $c=1{,}0$.

Таблица 16

$z_{яр}$	1	2	3	4
φ_a	1	0,75	0,65	0,55

11.5. Условная удельная мощность на 1 $м^2$ горизонтального сечения топки определяется по формулам:

— для всей топки

$$q_F = \frac{Q_{т.т}}{a_{тп} b_{тп}};$$

— на один ярус горелок

$$q'_F = \frac{q_F}{z_{яр}}.$$

Полученные величины не должны превышать предельных значений q_F и q_F', приведенных в табл. 5 справочного прилож. 3. Если расхождение величин превышает 10%, то следует увеличить размеры топки и выбрать другие мощности горелок и их расположение.

11.6. Определение объема и высоты топки по условиям обеспечения заданной величины механического недожога и температуры газов в конце зоны дожигания производится по методике, изложенной в прилож. 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

1. РАСЧЕТ ВЫСОТЫ ТОПОЧНОЙ КАМЕРЫ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ГОРЕНИЯ

1.1. При расчете высоты призматической топки с учетом условий горения общая длина факела разбивается условно на две зоны: зону активного горения и зону дожигания.

При одноярусном расположении горелок протяженность зоны активного горения определяется как расстояние от устья горелок до вертикальной оси топки (горизонтальный участок факела), а протяженность зоны дожигания $h_{з.д}$ — как расстояние от горизонтальной оси горелок до плоскости, в которой заканчивается выгорание топлива до заданного значения механического недожога q_4.

При многоярусном расположении горелок протяженность зоны активного горения определяется как суммарная величина длины горизонтального участка факела и расстояний между ярусами горелок, а протяженность зоны дожигания — как расстояние от горизонтальной оси верхнего яруса горелок до плоскости, в которой заканчивается выгорание топлива до заданного значения механического недожога q_4.

1.2. Расчету подлежат протяженность зоны дожигания $h_{з.д}$ (черт. 1 настоящего приложения) и температура в конце ее $\vartheta''_{з.д}$.

Цель расчета, приведенного в настоящем приложении:

— приближенное определение величины объема топки, в котором обеспечивается выжиг топлива до заданного значения механического недожога q_4 при химическом недожоге $q_3=0$;

— определение удельной мощности q_V топки до конца зоны дожигания;

— определение температуры газов в конце зоны дожигания $\vartheta''_{з.д}$.

Примечание. Изложенный ниже метод расчета позволяет приближенно определить изменение размеров зоны дожигания при изменении качества топлива, значений коэффициента избытка воздуха $\alpha_т$, остатков на сите R_{90}, R_{200}, температуры горячего воздуха $t_{г.в}$, нагрузки котла и других режимных параметров топочного процесса.

1.3. Определение общего объема и высоты топочной камеры, а также величины поверхностей нагрева, которые необходимо разместить в топке для обеспечения исключающей шлакование температуры на выходе из нее, производится по «Тепловому расчету котельных агрегатов (нормативный метод)» и в настоящий ОСТ не входит.

1.4. Определение высоты топки до конца зоны дожигания

1.4.1. Исходные данные для расчета:

— элементарный состав топлива, остаток на ситах с ячейками 90 и 200 *мкм* — R_{90} и R_{200}, способ шлакоудаления (твердое или жидкое шлакоудаление), коэффициент избытка воздуха в конце топки $\alpha_т$;

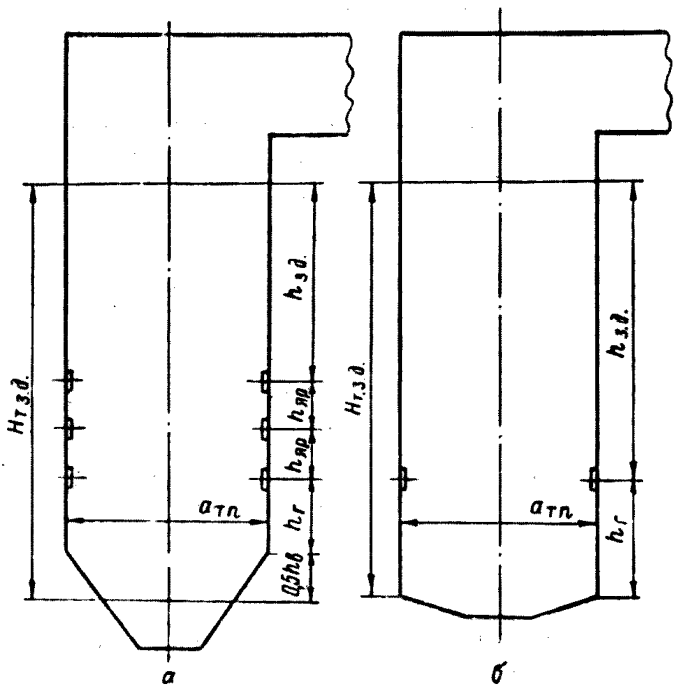
— объем продуктов сгорания (дымовых газов) при СП

$$V_г = V_{RO_2} + V_{H_2O} + V^0_{N_2} - (\alpha_т - 1)\, V^0,$$

где значения V_{RO_2}, V_{H_2O}, $V^0_{N_2}$ определяются по составу топлива в соответствии с «Тепловым расчетом котельных агрегатов (нормативный метод)»;

— температура газов в конце топки $\vartheta''_т$, потери тепла с механическим недожогом q_4, температура горячего воздуха принимаются по табл. 1—4 справочного прилож. 3.

Схемы топочных камер



а — топка с твердым шлакоудалением; *б* — топка с жидким шлакоудалением

Черт. 1

1.4.2. Высота топки от начала ската шлакового пода или середины холодной воронки до конца зоны дожигания (см. черт. 1 настоящего приложения) определяется по формулам:

— при твердом шлакоудалении (см. черт. 1, *а*)

$$H_{т.з.д} = \frac{h_в}{2} + h_г + h_{яр}(z_{яр} - 1) + h_{з.д};$$

— при жидком шлакоудалении (см. черт. 1, *б*)

$$H_{т.з.д} = h_г + h_{яр}(z_{яр} - 1) + h_{з.д},$$

где $h_в$ — высота холодной воронки, принимаемая равной 0,5—0,7 $a_{тп}$;

$h_г$ — расстояние от оси нижнего яруса горелок до начала ската шлакового пода или холодной воронки, определяемое по табл. 15 ОСТа;

$h_{яр}$ — расстояние между ярусами, определяемое по табл. 15 ОСТа;

$h_{з.д}=\frac{V_{з.д}}{F_т}$ — высота зоны дожигания.

1.5. Определение объема и удельной мощности топки до конца зоны дожигания

1.5.1. Объем зоны дожигания для открытых призматических топок определяется по следующей формуле:

$$V_{з.д}=\tau V_г B\frac{T_ф}{T_0},$$

где τ — время, необходимое для выгорания топлива до заданного значения механического недожога q_4, определяемое по п. 1.6 данного приложения.

Примечание. Для топок с пережимом до накопления дополнительных опытных данных расчет времени выгорания проводится по настоящей методике. Уменьшение времени пребывания газов в таких топках по сравнению с открытыми учитывается поправочным коэффициентом ε. В этом случае объем зоны дожигания

$$V_{з.д}=\tau V_г B\frac{T_ф}{T_0\varepsilon},$$

где $\varepsilon=0{,}7\div0{,}8$.

1.5.2. Удельная мощность (теплонапряжение) на 1 $м^3$ топки до конца зоны дожигания по условиям горения

$$(q_V)^{т.з.д}_{гор}=\frac{Q_{т.т}}{V_{т.з.д}},$$

где $V_{т.з.д}$ — объем топки до конца зоны дожигания, рассчитываемый по геометрическим размерам топочной камеры.

Для призматических топок

$$V_{т.з.д}=F_т H_{т.з.д}.$$

1.6. Расчет времени горения

1.6.1. Исходной зависимостью, устанавливающей связь между временем горения τ и величиной механического недожога, является

$$J_2=\frac{k_{каж}\tau}{\delta_{01}\beta},$$

где J_2 — комплекс, включающий в себя режимные параметры топочного процесса, область реагирования, фракционный состав топлива, величину механического недожога и характеристики топлива;

$k_{каж}$ — кажущаяся константа скорости горения;

δ_{01} — размер наиболее крупной частицы;

β — коэффициент.

Эта зависимость справедлива для факелов с избытком воздуха $\alpha_т > 1$.

Для удобства расчета построены номограммы, с помощью которых при известной степени выгорания q_4 можно определить время горения τ.

1.6.2. Определяется теоретическая температура горения при заданном избытке воздуха и полном сгорании топлива

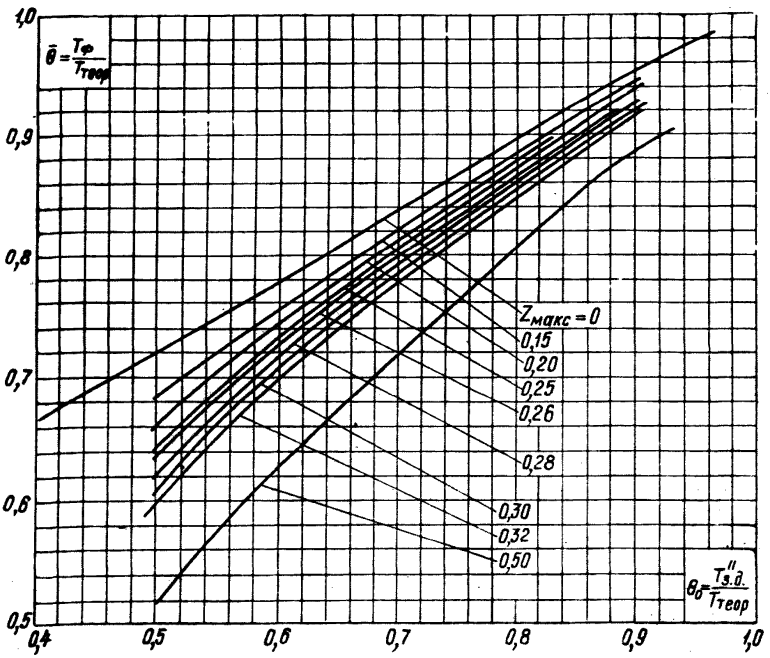
$$\vartheta_{теор} = \frac{Q_н^р + c_т t_т + c_{г.в} t_{г.в} V^0 \alpha_т}{\Sigma V_c + \frac{A^р}{100} c_з},$$

где ΣV_c — теплосодержание газообразных продуктов сгорания при $\vartheta_{теор}$ и при избытке воздуха на выходе из топки $\alpha_т$;

$c_з$ — теплоемкость золы при $t_з$;

$c_т$ и $c_{г.в}$ — теплоемкости топлива и горячего воздуха при $t_т$ и $t_{г.в}$.

Номограмма для определения средней температуры факела



Черт. 2

1.6.3. Определяется расчетная температура факела $T_ф$ по черт. 2 настоящего приложения в зависимости от относительного

местоположения максимума температур $z_{макс}$ и относительной температуры на выходе из зоны дожигания $\theta_0 = \frac{T''_{з.д}}{T_{теор}}$.

Значения $z_{макс}$ принимаются по табл. 1.

Примечания:

1. Истинное значение $\vartheta''_{з.д}$, $T''_{з.д}$ определяется в п. 1.7.8. Для данного расчета принимаются два значения $\vartheta''_{з.д}$, равных $\vartheta''_{т}$ (табл. 1 справочного прилож. 3) и $\vartheta''_{т}$ +150°. Дальнейший расчет ведется для этих двух значений $\vartheta''_{з.д}$.

2. Приближенно расчетная температура факела может быть определена по формуле

$$T_{ф} = p' \sqrt{T_{теор} T''_{з.д}}$$

где p' — коэффициент, выбираемый по табл. 1.

Таблица 1

Вид топлива	$z_{макс}$	p'
Антрацитовый штыб, полуантрациты, тощий уголь	0,18—0,25	0,92—0,95
Каменный уголь	0,15—0,24	0,93—0,96
Бурый уголь	0,15—0,20	0,93—0,97

Примечания:

1. Меньшие значения $z_{макс}$ принимаются для одноярусного расположения горелок при жидком шлакоудалении.
2. Меньшие значения p' принимаются для твердого шлакоудаления.

1.6.4. Строится прямая распределения частиц по крупности (черт. 3 настоящего приложения). Для этого на координатную сетку в двойных логарифмических координатах наносятся значения R_{90} и R_{200} и через полученные точки проводится прямая до пересечения с ординатой $R = 0{,}1\%$. Абсцисса полученной точки дает величину наиболее крупных частиц δ_{01} в микронах.

Коэффициент полидисперсности n определяется как тангенс угла наклона прямой распределения к оси абсцисс (измеряется непосредственно на графике).

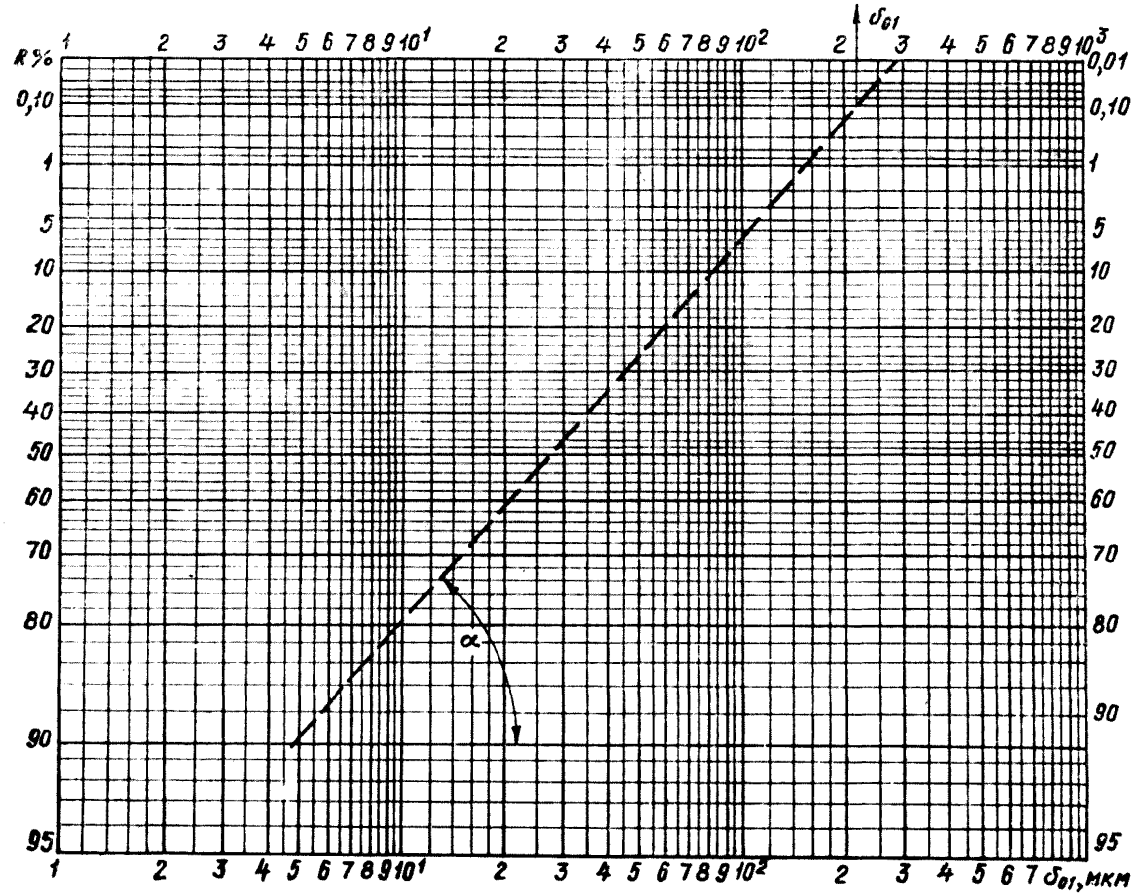
1.6.5. При полученных значениях $T_{ф}$ и δ_{01} определяются следующие величины:

— кажущаяся кинетическая константа горения $k_{каж}$, $\frac{м}{ч}$ — по черт. 4 настоящего приложения;

— коэффициент диффузии D, $\frac{м^2}{ч}$ — по черт. 5 настоящего приложения;

— диффузионный критерий Нуссельта Nu_D — по черт. 6 настоящего приложения.

Определение размера наиболее крупной частицы и коэффициента полидисперсности



Пример. Задано: $R_{90}=8{,}0\%$; $R_{200}=0{,}2\%$, тогда $n=\operatorname{tg}\alpha=1{,}09$, $\delta_0=225$ *мкм*

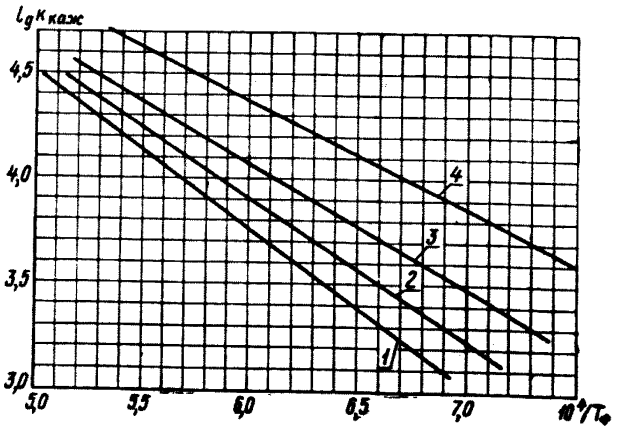
Черт. 3

1.6.6. Определяются расчетные комплексы по формулам:

а) $a = (\alpha_т - 1)\frac{V^0}{8{,}89}\cdot\frac{1 - W^{пл}}{1 - W^р}\cdot\frac{1}{K^р}$,

где $W^п$ и $W^р$ — влажность пыли и исходного топлива (в долях); $K^р = 1 - (V^р + A^р + W^р)$ — беззольная и безводная коксовая масса (в долях); $V^р$ — выход летучих на рабочую массу (в долях);

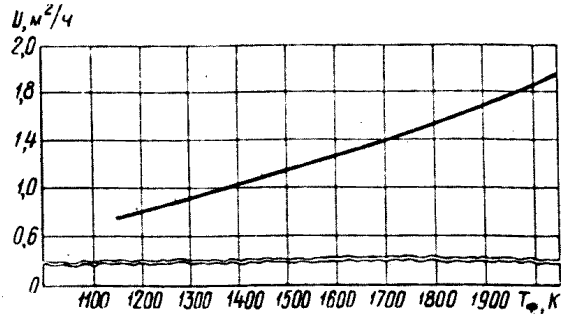
Кажущаяся кинетическая константа горения натуральных топлив



1 — антрацитовый штыб; *2* — тощий уголь; *3* — каменный уголь; *4* — бурые угли

Черт. 4

Коэффициент диффузии



Черт. 5

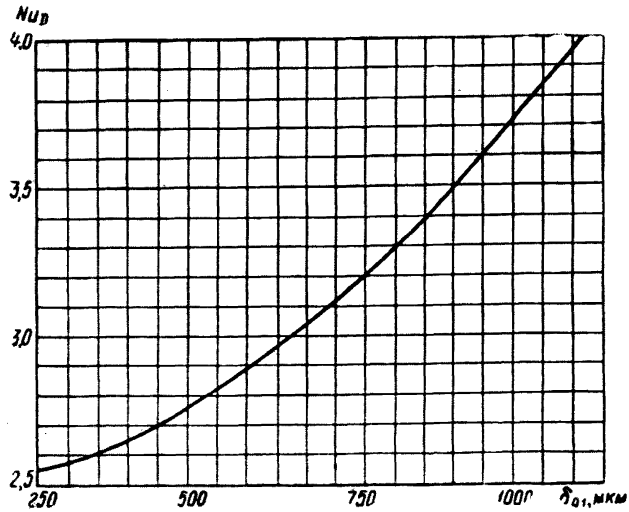
б) $\vartheta = \frac{18{,}9}{\psi}\gamma_к V_г \frac{T_ф}{p}\cdot\frac{1 - W^{пл}}{1 - W^р}\cdot\frac{1}{K^р}$,

где p — давление в топке, *кгс/м²*; ψ и $\gamma_к$ определяются по табл. 2;

Таблица 2

Наименование величин	Вид топлива			
	Антрацитовый штыб, полуантрациты	Тощий уголь	Каменный уголь	Бурый уголь
Кажущийся удельный вес коксового остатка $\gamma_к$, *кгс/м*³	1400	1400	1200	1000
Расчетный коэффициент ψ	1,1	1,1	1,45	1,2

Диффузионный критерий Нуссельта



Черт. 6

в) $J_1(x_k) = \frac{q_4 Q_н^р}{8100} \cdot \frac{1}{K^р} \cdot \frac{1 - W^{тл}}{1 - W^р}$;

г) $\frac{\mathrm{Nu}_D D}{k_{каж} \delta_{01}}$.

1.6.7. Определяется величина J_2 по найденным значениям $J_1(x_k)$, a, n и в зависимости от комплекса $\frac{\mathrm{Nu}_D D}{k_{каж} \delta_{01}}$:

а) при $\frac{\mathrm{Nu}_D D}{k_{каж} \delta_{01}} \geqslant 1$ (для антрацитового штыба, полуантрацитов и тощих углей)

$$J_2 = J_{2р}^{кин} + \frac{\mathrm{Nu}_D D}{k_{каж} \delta_{01}} (J_{2р}^{пр} - J_{2р}^{кин});$$

б) при $0<\frac{\mathrm{Nu}_D D}{k_{\text{каж}}\delta_{01}}<1$ (для каменных углей с $V^{\text{г}}<40\%$)

$$J_2=J_{2\text{р}}^{\text{диф}}+\frac{\mathrm{Nu}_D D}{k_{\text{каж}}\delta_{01}}\left(J_{2\text{р}}^{\text{пр}}-J_{2\text{р}}^{\text{диф}}\right);$$

в) при $\frac{\mathrm{Nu}_D D}{k_{\text{каж}}\delta_{01}}\to 0$ (для каменных углей с $V^{\text{г}}\geqslant 40\%$ и бурых углей)

$$J_2=J_{2\text{р}}^{\text{диф}}.$$

В данных формулах

$$J_{2\text{р}}^{\text{кин}}=J_2^{\text{кин}}+b^{\text{кин}}(n-1);$$

$$J_{2\text{р}}^{\text{пр}}=J_2^{\text{пр}}+b^{\text{пр}}(n-1);$$

$$J_{2\text{р}}^{\text{диф}}=J_2^{\text{диф}}+b^{\text{диф}}(n-1).$$

Значения $J_2^{\text{кин}}$, $b^{\text{кин}}$ определяются по черт. 7 настоящего приложения, $J_2^{\text{пр}}$, $b^{\text{пр}}$ — по черт. 8 настоящего приложения, $J_2^{\text{диф}}$, $b^{\text{диф}}$ — по черт. 9 настоящего приложения.

1.6.8. Время горения частиц твердого топлива в открытой призматической топке τ в секундах определяется по формулам:

а) для случаев, указанных в п. 1.6.7*а, б*,

$$\tau=\frac{J_2 3\delta_{01}3600}{k_{\text{каж}}};$$

б) для случая, указанного в п. 1.6.7в,

$$\tau=\frac{J_2 3\delta_{01}^2 3600}{\mathrm{Nu}_D D}.$$

1.6.9. Время горения частиц грубого помола ($\delta_{01}>500$ *мкм*) определяется по формуле

$$\tau_1=\tau\left(1-\frac{W_{01}}{W_{\text{т.г}}}\right),$$

где W_{01} — скорость витания наиболее крупной частицы, определяемая по черт. 10 настоящего приложения;

$W_{\text{т.г}}=\frac{V_{\text{г}}BT_{\text{ф}}}{F_{\text{т}}T_0}$ — среднерасходная скорость топочных газов.

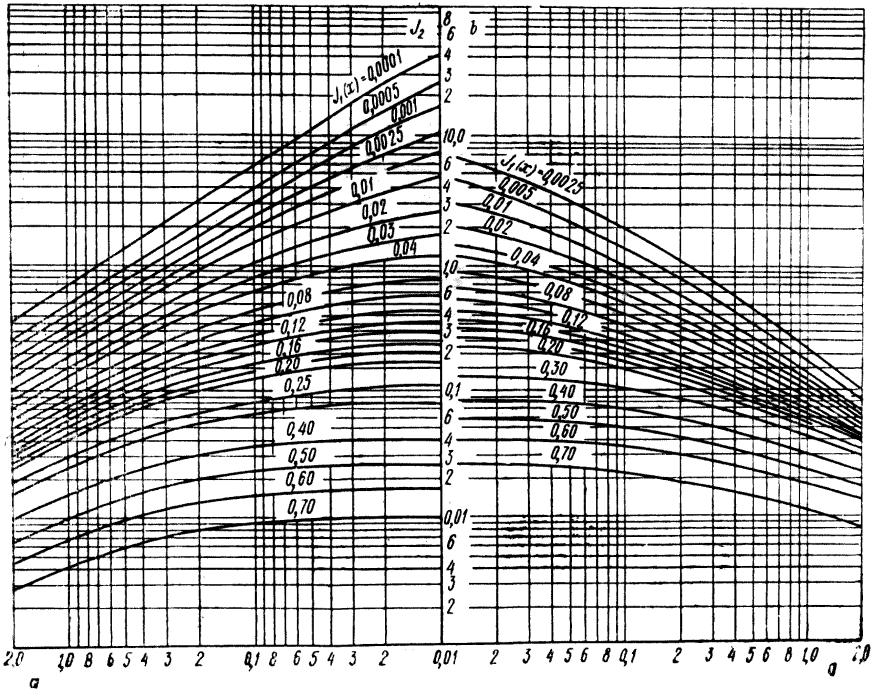
1.7. Определение температуры в конце зоны дожигания $\vartheta''_{\text{з.д}}$ по условиям теплообмена

1.7.1. Определение $\vartheta''_{\text{з.д}}$ производится в соответствии с тепловым расчетом котельных агрегатов с некоторыми упрощениями.

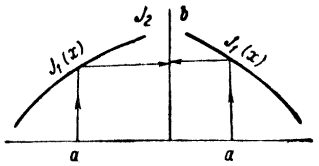
1.7.2. Для графического определения величины $\vartheta''_{\text{з.д}}$ выбирается ряд значений ее (три-четыре значения) в диапазоне от $\vartheta''_{\text{т}}$, принимаемой по табл. 1 справочного прилож. 3, до $\vartheta''_{\text{з.д}}\sim 2000^\circ$ С.

1.7.3. При принятых значениях $\vartheta''_{\text{з.д}}$ определяется относительное

Номограмма для расчета выгорания топлива
Кинетическая область



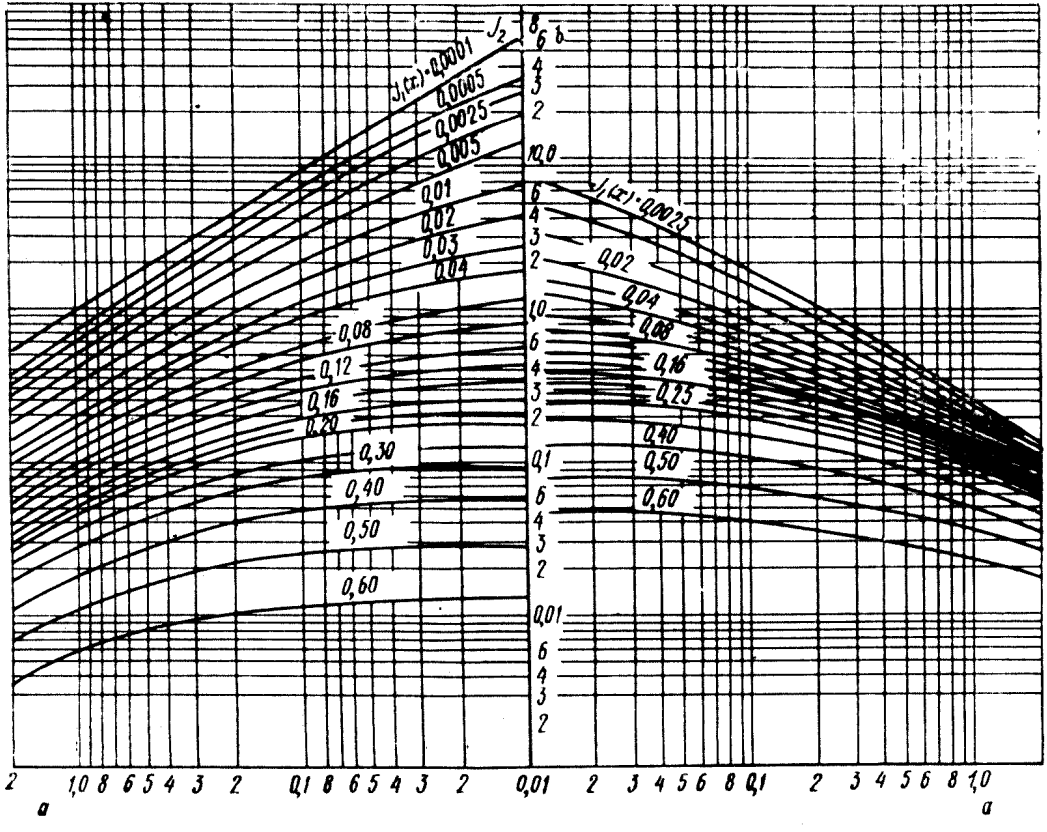
$$1 \leqslant \frac{Nu_D D}{k_{\text{каж}}\,\delta_{01}} \leqslant \infty$$



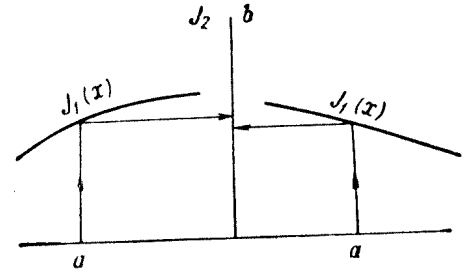
$$J_{2p}^{\text{кин}} = J_2^{\text{кин}} + b^{\text{кин}}\,(n-1)$$

Черт. 7

Номограмма для расчета выгорания топлива
Промежуточная область



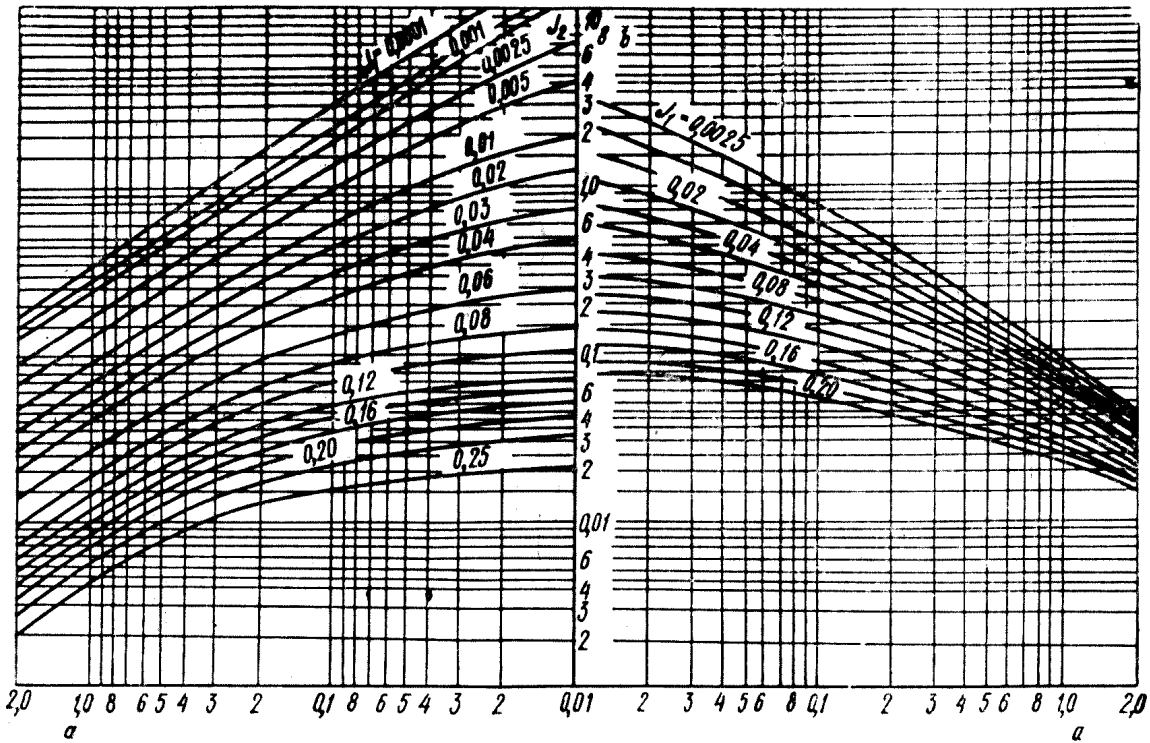
$$\frac{\mathrm{Nu}D}{k\delta_{01}} = 1$$



$$J_{2p}^{\text{пр}} = J_2^{\text{пр}} + b^{\text{пр}}(n-1)$$

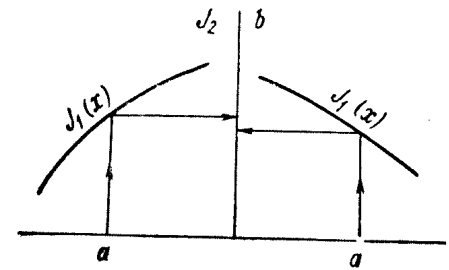
Черт. 8

Номограмма для расчета выгорания топлива
Диффузионная область



Черт. 9

$$0 \leqslant \frac{\mathrm{Nu}_D D}{k_{\text{каж}} \delta_{01}} \leqslant 1$$



$$J_{2p}^{\text{диф}} = J_2^{\text{диф}} + b^{\text{диф}}\,(n-1)$$

количество тепла, поглощаемого поверхностями, размещенными в топке от пода до конца зоны дожигания,

$$q_л = q_т' - (q''_{з.д} + q_3 + q_4 + q_5 + q_6^{шл}).$$

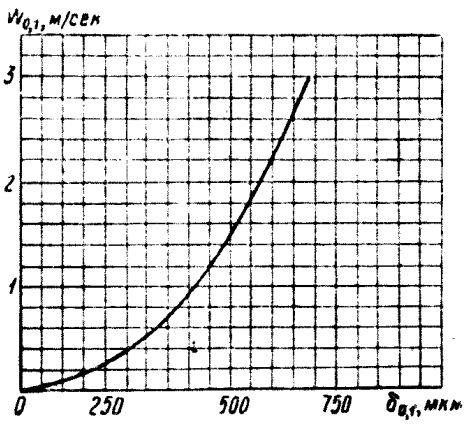
Здесь $q_т' = 1 + \frac{\alpha_т (J_в^0)_{t_{г.в}}}{Q_н^р}$ — относительное количество тепла, вводимого в топку с топливом и горячим воздухом;

$q''_{з.д} = \frac{(J_г^0)_{\vartheta''_{з.д}} - (\alpha - 1)(J_в^0)_{\vartheta''_{з.д}}}{Q_н^р}$ — относительное количество тепла в уходящих из зоны дожигания газах;

$(J_в^0)_{t_{г.в}}$; $(J_в^0)_{\vartheta''_{з.д}}$; $(J_г^0)_{\vartheta''_{з.д}}$ — теплосодержание воздуха при $t_{г.в}$ и $\vartheta''_{з.д}$, дымовых газов при $\vartheta''_{з.д}$;

$Q_р^р$ — располагаемое тепло топлива.

Скорость витания частиц



Черт. 10

Эти величины определяются по «Тепловому расчету котельных агрегатов (нормативный метод)».

1.7.4. По полученным значениям $q_л$ строится зависимость $q_л = f(\vartheta''_{з.д})$ на черт. 11 настоящего приложения. При $q_л = 0$ кривая пересекает ось абсцисс в точке $\vartheta_а$.

1.7.5. По найденному по диаграмме (черт. 11 настоящего приложения) значению $\vartheta_а$ и принятым в п. 1.7.2 значениям $\vartheta''_{з.д}$ определяется относительная температура газов в конце зоны дожигания:

$$\Theta''_{з.д} = \frac{T''_{з.д}}{T_а}.$$

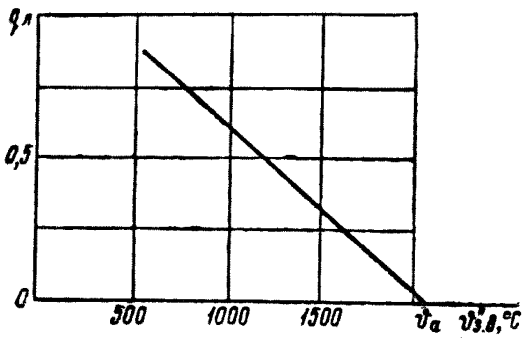
1.7.6. Определяется удельное тепловосприятие настенных экранов:

$$q_{н.э}^{т.з.д} = CX_{норм}\left(\frac{T_a}{100}\right)^4,$$

где $C = 4{,}9a_т\Psi_{ср}M^{5/3}$ — коэффициент, зависящий от вида топлива, конструкции и состояния экранов. Значения $a_т$, $\Psi_{ср}$, M выбираются по «Тепловому расчету котельных агрегатов (нормативный метод)»;

$X_{норм} = \Theta''_{з.д}\left(\frac{\Theta''_{з.д}}{1-\Theta''_{з.д}}\right)^{2/3}$ — численный комплекс, значение которого находится на черт. 12 настоящего приложения.

Относительное количество тепла, воспринятого поверхностями нагрева



Черт. 11

1.7.7. Определяется удельная мощность части топки до конца зоны дожигания, поглощаемая 1 $м^3$ топки при принятом в п. 1.7.2 ряде значений $\vartheta''_{з.д}$:

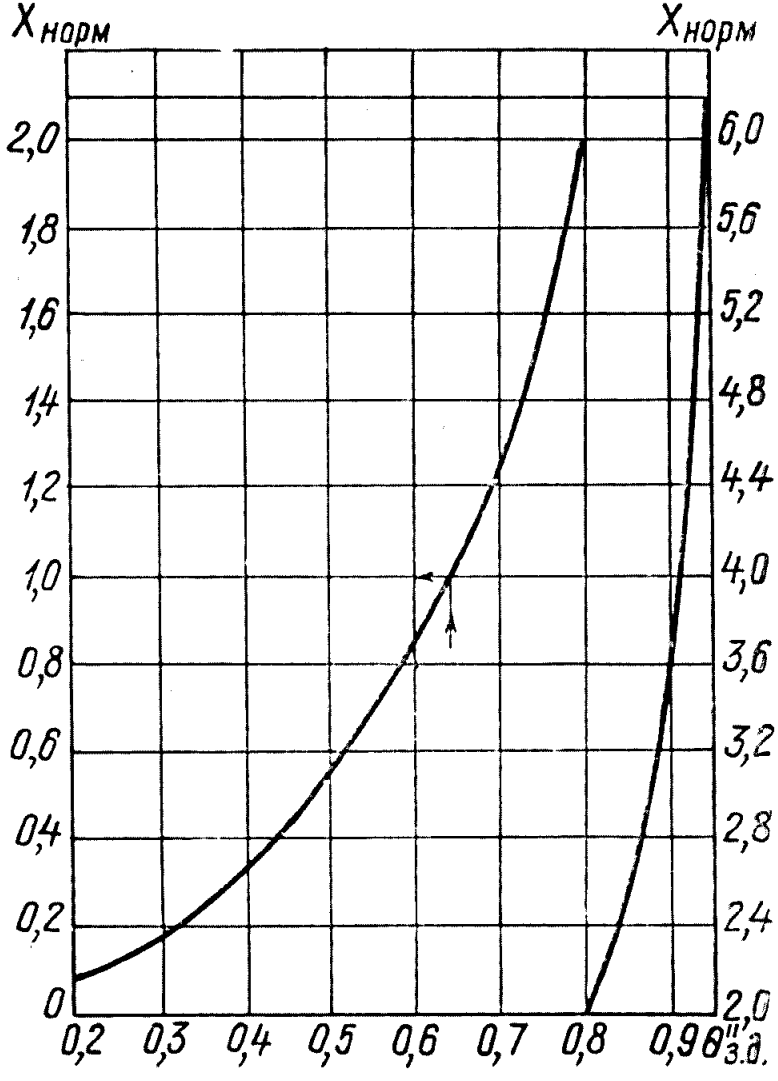
$$(q_V)_{охл}^{т.з.д} = \frac{q_{н.э}^{т.з.д}}{q_л} \cdot \frac{H_л^{т.з.д}}{V_{т.з.д}},$$

где $H_л^{т.з.д}$ — лучевоспринимающая поверхность стен топки до конца зоны дожигания, занятых экранами; рассчитывается тепловому расчету котельных агрегатов.

Примечание. Значение комплекса $\frac{H_л^{т.з.д}}{V_{т.з.д}}$ может быть рассчитано при любом из принятых значений $\vartheta''_{з.д}$ и в дальнейшем не уточняться.

1.7.8. По полученным значениям $(q_V)_{охл}^{т.з.д}$ строится зависимость $(q_V)_{охл}^{т.з.д} = f(\vartheta''_{з.д})$ на черт. 13 настоящего приложения. Там же строится зависимость $(q_V)_{гор}^{т.з.д} = f(\vartheta''_{з.д})$, полученная для условий горения, изложенных в п. 1.5.2. Точка пересечения двух кривых определяет действительные значения $\vartheta''_{з.д}$ и $(q_V)^{т.з.д}$.

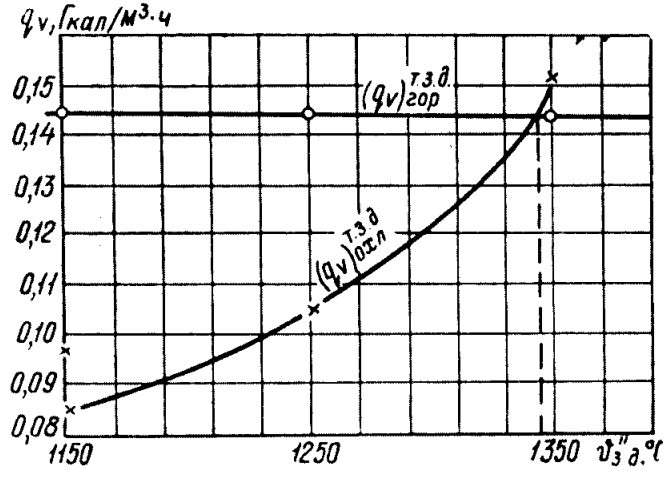
Значения $X_{норм} = f(\theta_т'')$



$$X_{норм} = \theta''_{з.д}\left(\frac{\theta''_{з.д}}{1-\theta''_{з.д}}\right)^{2/3}; \qquad \theta''_{з.д} = \frac{T''_{з.д}}{T_a}$$

Черт. 12

Определение температуры в конце зоны дожигания



Черт. 13

1.7.9. Полученное значение $\vartheta''_{з.д}$ дает возможность выбрать наиболее рациональный метод охлаждения дымовых газов от $\vartheta''_{з.д}$ до температуры $\vartheta''_{т}$, максимально допустимой по условиям шлакования (либо увеличением высоты топки, либо размещением после зоны дожигания необходимых поверхностей нагрева, либо применением рециркуляции дымовых газов выше зоны дожигания, либо комбинацией нескольких методов).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРИМЕР РАСЧЕТА, РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ И ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ ЛОПАТКИ АКСИАЛЬНОГО ЛОПАТОЧНОГО ЗАВИХРИТЕЛЯ

Таблица 1

Исходные данные для расчета горелок. Блок 800 МВт. Топливо ГСШ

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
	СИ	МКГСС				
Тип котла	—	—	—	—	—	ПП-2500/255
Номинальная паропроизводительность	кг/с	*т/ч*	$D_н$	—	—	(695); 2500
Топливо:	—	—	—	—	—	ГСШ
марка и сорт	—	—	—	—	—	$W^р$=11%; $A^р$=22,3%
Состав	%	%	—	—	«Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод)»	—
выход летучих	„	„	$V^г$	—	То же	40
теплота сгорания (низшая) на рабочую массу	МДж/кг	*ккал/кг*	$Q^р_н$	—	„	(20, 92); 5000
Теоретическое количество сухого воздуха, необходимого для полного сгорания топлива при СП	м³/кг	*м³/кг*	V^0	—	«Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод)»	5,55

Продолжение табл. 1

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Тип шлакоудаления	—	—	—	—	Задано	Твердое шлакоудаление
Схема пылеприготовления	—	—	—	—	»	Индивидуальная ШБМ, сушка воздухом, подача пыли сушильным агентом
Теоретическое тепловыделение на 1 $м^3$ воздуха при СП	МДж/м³	*ккал/м³*	$q_{вз}$	$\frac{Q^р_н}{V^0}$	—	$\left(\frac{20{,}92}{5{,}55}=3{,}78\right)$; $\frac{5000}{5{,}55}=900$
Коэффициент избытка воздуха в основных горелках	—	—	$\alpha_г$	—	Табл. 3 ОСТа	1,15
Количество (масса) сушильного агента на 1 *кг* сырого топлива, подаваемого к входному сечению пылесистемы	кг/кг	*кг/кг*	g_1	—	Нормативные материалы по расчету и проектированию пылеприготовительных установок	1,15
Влажность пыли	%	%	$W^{пл}$	—	Нормативные материалы по расчету и проектированию пылеприготовительных установок	3,0
Количество влаги, испаренной из 1 *кг* сырого материала (топлива)	кг/кг	*кг/кг*	—	$\frac{W^р-W^{пл}}{100-W^{пл}}$	То же	$\frac{11{,}0-3{,}0}{100-3{,}0}=0{,}0825$

Продолжение табл. 1

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Коэффициент, учитывающий присос холодного воздуха в долях от весового количества сушильного агента	—	—	$K_{прс}$	—	То же	0,25
Массовое количество влажного сушильного агента в конце установки	кг/кг	*кг/кг*	$g_{вл.в}$	$g_1(1+1{,}5K_{прс})+\Delta W$	—	$1{,}15(1+0{,}25)+$ $+0{,}0825=1{,}52$
Доля сухого воздуха в транспортирующем агенте	—	—	$\varphi_{вз}$	$\frac{g_1(1+1{,}5K_{прс})}{g_{вл.в}}$	—	$\frac{1{,}15(1+0{,}25)}{1{,}52}=0{,}94$
Коэффициент подачи первичного воздуха	—	—	α_1	$\frac{g_1(1+1{,}5K_{прс})}{\rho_0 V^0}$	—	$\frac{1{,}15(1+0{,}25)}{1{,}293\cdot 5{,}55}=0{,}2$
Коэффициент подачи вторичного воздуха	—	—	α_2	$\alpha_г-\alpha_1$	—	$1{,}15-0{,}2=0{,}95$
Коэффициент избытка воздуха в сбрасываемом сушильном агенте	—	—	$\alpha_с$	—	—	—
Доля присосанного в топку воздуха	—	—	$\Delta\alpha_т$	—	«Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод)»	0,05
Коэффициент избытка воздуха на выходе из топочной камеры	—	—	$\alpha_т$	$\alpha_г+\Delta\alpha_т$	—	$1{,}15+0{,}05=1{,}20$
Концентрация пыли в пылевоздушной смеси	кг/кг	*кг/кг*	μ	$\frac{1-\Delta W^{пл}}{\alpha_1 V^0\gamma_0+\Delta W^{пл}}$	—	$\frac{1-0{,}0825}{0{,}2\cdot 5{,}55\cdot 1{,}293+0{,}0825}=0{,}605$

Продолжение табл. 1

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Начальная температура сушильного агента (при сушке смесью нескольких компонентов равна температуре после смешения)	К	°С	$t_м$	—	—	($t_{г.в} \approx 573$); 300
Температура топлива за мельницей	»	»	$t''_м$		Нормативные материалы по расчету и проектированию пылеприготовительных установок котельных агрегатов	333; (60)
Температура влажной пыли	»	»	$t_{вл}$	—	Температура пыли в конце установки принимается равной конечной температуре сушильного агента	—
Температура пылевоздушной смеси перед горелкой	»	»	t_1	—	При подаче пыли мельничными газами $t_1 = t_м$	(333); 60
Расход топлива на котел	кг/с	*кг/ч*	B	—	«Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод)»	(95,4); 343 000
Тепловая мощность топки	МВт	*Гкал/ч*	$Q_{т.т}$	$Q^р_н B$	—	(20,92·95,4=2000); $5000 \cdot 343\,000 \cdot 10^{-6} =$ = 1720

Продолжение табл. 1

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
	СИ	МКГСС				
Количество основных горелок на топку, их расположение, число ярусов	—	—	$z_г$, $z_{яр}$	—	Выбирается по табл. 2 ОСТа и уточняется при расчете размещения горелок и при определении габаритов топки	$z_г=36$; $z_{яр}=3$; встречное расположение
Тепловая мощность горелки	МВт	*Гкал/ч*	$Q_г$	$\frac{Q_{т.т}}{z_г}$	—	$(55{,}5); \frac{1720}{36}=47{,}7$
Расход топлива на горелку	кг/с	*кг/ч*	$B_г$	$\frac{Q_г}{Q^р_н}$	—	$\left(\frac{55{,}5}{20{,}92}=2{,}65\right)$; $\frac{47{,}7\cdot10^{-6}}{5000}=9540$
Тип горелки, тип завихрителя	—	—	—	—	Разд. 4 ОСТа	Улиточно - лопаточная горелка с аксиальными лопатками
Параметр крутки потока пылевоздушной смеси первичного воздуха	—	—	n_1	—	Табл. 5 ОСТа	3,0
Параметр крутки потока вторичного воздуха	—	—	n_2	—	Табл. 5 и 6 ОСТа	3,0

Таблица 2

Исходные данные для расчета газовой части пылегазовых горелок

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Теплота сгорания газообразного топлива	МДж/м³	*ккал/м³*	$Q_н^р$	—	—	(36,5); 8730
Расход газообразного топлива	м³/с	*м³/ч*	$V_{газ}$	—	«Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод)»	(52,8); 190 000
Расход газообразного топлива на одну горелку при СП	"	"	$V_{гор}$	$\frac{V_{газ}}{z_г}$	Задано	(1,47); 5280
Давление газообразного топлива перед горелкой	Н/м²	*кгс/см²*	$p_{газ}$	—	"	При отсутствии указаний принимается 1,35.
Температура газообразного топлива перед горелкой	К	°С	$t_{газ}$	—	"	При отсутствии указаний принимается (288К); 15° С
Удельный вес газообразного топлива при СП	—	*кгс/м³*	$\gamma_{газ}$	—	По характеристике заданного типа газообразного топлива	0,772
Количество воздуха при СП, необходимое для полного сгорания газообразного топлива	м³/м³	*м³/м³*	V^0	—	То же	9,68
Коэффициент избытка воздуха перед горелкой	—	—	$\alpha_г$	—	Табл. 4 ОСТа	1,1

Продолжение табл. 2

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
	СИ	МКГСС				
Коэффициент подачи первичного воздуха	—	—	α_1	—	То же	0,1
Коэффициент подачи центрального воздуха	—	—	$\alpha_ц$	—	»	0,05
Коэффициент подачи вторичного воздуха	—	—	α_2	$\alpha_г - \alpha_ц - \alpha_1$	—	$1{,}1 - 0{,}1 - 0{,}05 = 0{,}95$
Избыток воздуха на выходе из топки	—	—	$\alpha_т$	$\alpha_г + \Delta\alpha_т + \alpha_{охл}$	—	$1{,}1 + 0{,}05 = 1{,}15$
Общий расход воздуха на горелку при СП	м³/с	*м³/сек*	$V_в$	$\frac{\alpha_г V^0 V_{газ}}{z_г}$	—	$\frac{1{,}15 \cdot 9{,}68 \cdot 5{,}28 \cdot 10^3}{3600} = 16{,}3$
Температура воздуха перед горелкой при сжигании газа	К	°С	$t_в'$	—	«Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод)». При приближенных расчетах может приниматься равной $t_{г.в}$ при сжигании пыли	(573); 300
Удельный вес газа перед горелкой	—	*кгс/м³*	γ	$\gamma_{газ} \frac{(1+p_{газ})\,273}{273+t_{газ}}$	—	$0{,}772 \frac{(1+0{,}35)\,273}{273+15} = 0{,}99$

Таблица 3

Расчет сечений и диаметров горелки с цилиндрическими каналами

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Объемный расход транспортирующего агента через горелку	м³/с	*м³/ч*	V_1	$\frac{\alpha_1 Q_г T_1}{\varphi_{вз} q_{вз} \cdot 273}$	—	$\frac{0{,}2 \cdot 55{,}5 \cdot 333}{0{,}94 \cdot 3{,}78 \cdot 273} = 3{,}80$
Объемный расход вторичного воздуха через горелку	»	»	V_2	$\frac{\alpha_2 Q_г T_2}{q_{вз} \cdot 273}$	—	$\frac{0{,}95 \cdot 55{,}5 \cdot 573}{3{,}78 \cdot 273} = 29{,}2$
Скорость пылевидной смеси на выходе из горелки	м/с	*м/сек*	W_1	$W_1^{табл}\left(\frac{Q_г}{Q_г^{табл}}\right)$	Табл. 3 ОСТа	26,6
Скорость вторичного воздуха на выходе из горелки	»	»	W_2	$W_2^{табл}\left(\frac{Q_г}{Q_г^{табл}}\right)$	То же	33,3
Условная удельная мощность на 1 *м²* сечения канала пылевоздушной смеси	МВт/м²	$\frac{Гкал}{м^2 \cdot ч}$	$q_г'$	$\frac{\varphi_{вз} q_{вз} \cdot 273}{\alpha_1 T_1} W_1$	—	387
Условная удельная мощность на 1 *м²* сечения канала вторичного воздуха	МВт/м²	»	$q_г''$	$\frac{q_{вз} \cdot 273}{\alpha_2 T_2} W_2$	—	$\frac{3{,}78 \cdot 273}{0{,}95 \cdot 573} 33{,}3 = 63{,}5$
Выходное сечение канала пылевоздушной смеси	м²	*м²*	F_1	$\frac{V_1}{W_1}$	—	$\frac{3{,}8}{26{,}6} = 0{,}143$
Выходное сечение канала вторичного воздуха	»	»	F_2	$\frac{V_2}{W_2}$	—	$\frac{29{,}2}{33{,}3} = 0{,}875$

Продолжение табл. 3

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Наружный диаметр внутренней трубы	м	*м*	D_0	$\sqrt{\frac{m^2}{1-m^2}\cdot\frac{4}{\pi}(F_1+F_2)}$	—	0,357
Коэффициент	—	—	m	$\frac{D_0}{D_A}$	Выбирается по конструктивным соображениям в пределах $0{,}3\leqslant m\leqslant 0{,}5$	0,3
Внутренний диаметр трубы пылевоздушной смеси	м	*м*	d_1	$\sqrt{D_0^2+\frac{4F_1}{\pi}}$	—	$\sqrt{0{,}357^2+\frac{0{,}143}{0{,}785}}=0{,}556$
Наружный диаметр трубы пылевоздушной смеси	»	»	D_1	d_1+2s_1	—	$0{,}556+0{,}02=0{,}576$
Толщина стен труб пылевоздушной смеси	»	»	s_1	—	Принимается конструктивно	0,01
Наружный диаметр кожуха или газовой рубашки при промежуточной подаче газа	»	»	D_1'	—	Выбирается с учетом расчета газовой части (табл. 10 ОСТа)	$0{,}576+2\cdot 0{,}04=0{,}656$
Внутренний диаметр трубы вторичного воздуха	»	»	d_2	$\sqrt{(D_1')^2+\frac{4F_2}{\pi}}$	—	$\sqrt{0{,}656^2+\frac{0{,}875}{0{,}785}}=1{,}24$
Диаметр амбразуры	»	»	D_A	$d_2=D_A$	—	1,24
Наружный диаметр трубы вторичного воздуха	»	»	D_2	d_2+2s_2	—	$1{,}24+2\cdot 0{,}01=1{,}26$

Продолжение табл. 3

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Равновеликий диаметр канала первичного воздуха	м	*м*	$D_{1рв}$	$\sqrt{d_1^2-D_0^2}$	—	$\sqrt{0{,}556^2-0{,}357^2}=0{,}426$
Равновеликий диаметр канала вторичного воздуха	»	»	$D_{2рв}$	$\sqrt{d^2-D_1^2}$	—	$\sqrt{1{,}26^2-0{,}656^2}=1{,}05$
Равновеликий диаметр горелки	»	»	$D_{г.рв}$	$\sqrt{d_2^2-D_0^2}$	—	$\sqrt{1{,}24^2-0{,}357^2}=1{,}18$

Таблица 4

Расчет газовыдающих устройств

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Расход вторичного воздуха при СП	м³/с	*м³/ч*	V_2	$\alpha_2 V^0 V_{газ}$	—	(12,8); $0{,}9\cdot 9{,}68\cdot 5270=46\,000$
Расход первичного воздуха при СП	»	»	V_1	$\alpha_1 V^0 V_{газ}$	—	(1,42); $0{,}1\cdot 9{,}68\cdot 5270=5100$
Скорость вторичного воздуха	м/с	*м/сек*	W_2	$\frac{V_2(273+t_в)}{273\cdot 3600F_2}$	—	$\frac{46000(273+300)}{273\cdot 3600\cdot 0{,}875}=30{,}7$
Скорость первичного воздуха	»	»	W_1	$\frac{V_1(273+t_в)}{273\cdot 3600F_1}$	—	$\frac{5100(273+300)}{273\cdot 3600\cdot 0{,}143}=20{,}9$

Продолжение табл. 4

Наименование	Единица измерения		Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
	СИ	МКГСС				
Ширина воздушного канала	м	*м*	$h_к$	$\frac{d-D}{2}$	—	$\frac{1,24-0,656}{2}=0,292$
Эквивалентная ширина воздушного канала	"	"	$h_{к.экв}$	—	Табл. 11 ОСТа	0,292
Скорость выхода газа при $\beta_{газ}=90°$	м/с	*м/сек*	$W'_{газ}$	—	Черт. 17 ОСТа	125
Диаметр газовыпускных отверстий при $\beta_{газ}=90°$	м	*м*	$d'_{газ}$		Черт. 17 ОСТа	0,025
Поправочный коэффициент на скорость от $\beta_{газ}$	—	—	K_W	—	Черт. 18 ОСТа	1,33
Поправочный коэффициент к диаметру отверстия в зависимости от $\beta_{газ}$	—	—	K_d	—	То же	0,9
Истинная скорость выхода газа	м/с	*м/сек*	$W_{газ}$	$W'_{газ}k_W$	При $\beta_{газ}=0$	$125 \cdot 1,33=166$
Истинный диаметр газовыпускных отверстий	м	*м*	$d_{газ}$	$d'_{газ}k_d$	—	$0,025 \cdot 0,9=0,0225$

Таблица 5

Расчет коэффициентов сопротивления горелок

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Коэффициент сопротивления канала первичного воздуха	—	—	ζ_1	—	Черт. 14 ОСТа	4 при $n=3$ (для улитки)
Коэффициент сопротивления канала вторичного воздуха при работе котла на пыли	—	—	ζ_2	—	То же	3,2 при $n=3$ (для осевых лопаток)
То же, при работе котла на газе	—	—	$\zeta_2^{газ}$	—	—	3,2
Коэффициент сопротивления центрального канала	—	—	$\zeta_ц$	—	—	2,0
Коэффициент сопротивления сбросных каналов	—	—	$\zeta_с$	—	—	—
Плотность первичного воздуха при работе на пыли	кг/м³	$\frac{кгс \cdot сек^2}{м}$	ρ_1	$\rho_0 \frac{273}{273+t_1}$	$t_1=60°$ С; $t_2=300°$ С	(1,06); $0{,}132 \cdot \frac{273}{333}=0{,}108$
Плотность вторичного воздуха при работе на пыли	»	»	ρ_2	$\rho_0 \frac{273}{273+t_2}$	—	(0,62); $0{,}132 \cdot \frac{273}{573}=0{,}063$
Плотность воздуха при работе на газе	»	»	$\rho_в$	$\rho_{0_{вз}} \frac{273}{273+t_2}$	—	(0,63); 0,063

Продолжение табл. 5

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Сопротивление горелки по каналу первичного воздуха при работе на пыли	Н/м²	*кгс/м²*	Δp_1	$\zeta_1 \frac{\rho_1 W_1^2}{2}$	—	$4{,}0 \cdot \frac{(1520);\ 0{,}108 \cdot 26{,}6^2}{2} = 155$
Сопротивление горелки по каналу вторичного воздуха при работе на пыли	»	»	Δp_2	$\zeta_2 \frac{\rho_2 W_2^2}{2}$	—	$3{,}2 \cdot \frac{(1098);\ 0{,}063 \cdot 33{,}8^2}{2} = 112$

Таблица 6

Исходные данные для расчета габаритов топки

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Элементарный состав топлива	—	—	—	—	Табл. 1 (прилож. 2)	—
Тонкость помола пыли	%	%	R_{90}, R_{200}	—	Задано	25; 2,74
Расход топлива на котел	кг/с	*кг/ч*	B	—	Табл. 1 (прилож. 2)	(95,4); 343 000
Тепловая мощность топки	МВт	*Гкал/ч*	$Q_{т.т}$	—	То же	(2000); 1720
Способ шлакоудаления	—	—	—	—	Задано	Твердый
Коэффициент избытка воздуха в конце топки	—	—	$\alpha_т$	$\alpha_г + \Delta\alpha_т$	Разд. 5.2 ОСТа	1,20

Продолжение табл. 6

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Объем продуктов сгорания	м³/кг	*м³/кг*	$V^{г}$	$V_{RO_2}+V_{H_2O}+V^0_{N_2}+(\alpha_т-1)V^0$;	—	7,02
			$V_{г}^0$	$V_{RO_2}=1{,}866\frac{C^р+0{,}375S^р}{100}$, где $V_{H_2O}=0{,}111H^р+0{,}0124W^р+0{,}0161V^0(\alpha-1)$; $V^0_{N_2}=0{,}79V^0+0{,}8\frac{N^р}{100}$	—	5,91
Температура в конце зоны дожигания	К	°С	$\vartheta''_{з.д}$	—	Задается предварительно с дальнейшим уточнением	(1623); 1350
Температура в конце топки	»	»	$\vartheta''_{т}$	—	Табл. 1 (прилож. 3)	(1223); 950
Механический недожог	%	%	q_4	—	Табл. 3 (прилож. 3)	1
Температура горячего воздуха	К	°С	$t_{г.в}$	—	Табл. 4 (прилож. 3)	(573); 300
Диаметр амбразуры горелки	м	*м*	D_A	—	Табл. 9 ОСТа	1,24

Продолжение табл. 6

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Параметр крутки горелки	—	—	$n_г$	$\frac{n_1 W_1^2 F_1 D_{1рв} + n_2 W_2^2 F_2 D_{2рв}}{(W_1^2 F_1 + W_2^2 F_2) D_{г.рв}}$;	—	$\frac{3{,}0 \cdot 26{,}6^2 \cdot 0{,}143 \cdot 0{,}436 + \ldots}{(26{,}6^2 \cdot 0{,}143 + \ldots + 3{,}0 \cdot 33{,}3^2 \cdot 0{,}87 \cdot 1{,}04}{+33{,}3^2 \cdot 0{,}87) 1{,}18} = 2{,}5$
	м	*м*		$D_{г.рв} = \sqrt{d_2^2 - D_0^2}$		$D_{г.рв} = 1{,}18$
Число основных горелок	—	—	$z_г$	—	Табл. 2 ОСТа	36
Число ярусов горелок	—	—	$z_{яр}$	—	Встречное расположение	3

Таблица 7

Пример расчета сечения топки и определения его удельной мощности

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Расстояние между осями горелок по горизонтали	м	*м*	$s_г$	$(2{,}4 + 0{,}35 n_г) D_A$	Табл. 15 ОСТа	$(2{,}4 + 0{,}35 \cdot 2{,}5) 1{,}24 = 4{,}1$
Расстояние между осями горелок по вертикали	»	»	$h_{яр}$	$h_{яр} = s_г$	То же	4,1
Расстояние от осей крайних горелок до примыкающих стен	»	»	$s_{ст}$	$s_{ст} = s_г$	»	4,1

Продолжение табл. 7

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Расстояние от оси нижнего яруса горелок до начала ската шлакового пода	м	*м*	$h_г$	$(1{,}4—1{,}6)\,D_A$	Табл. 15 ОСТа	$1{,}5 \cdot 1{,}24 = 1{,}86$
Ширина топки по фронту расположения горелок	»	»	$b_{тп}$	$2s_{ст} + \left(\frac{z_г}{2z_{яр}} - 1\right) s_г$	Разд. 11 ОСТа	$2 \cdot 4{,}1 + \left(\frac{36}{2 \cdot 3} - 1\right) 4{,}1 = 28{,}7$
Глубина топки	»	»	$a_{тп}$	$s_г\left(\frac{4}{n_г} + \varphi_a z_{яр}\right)$	»	$4{,}1\left(\frac{4}{2{,}5} + 1{,}875\right) = 14{,}2$
Горизонтальное сечение топки	м²	*м²*	$F_т$	$a_{тп} b_{тп}$	—	$14{,}2 \cdot 28{,}7 = 406$
Высота холодной воронки	м	*м*	$h_в$	$0{,}7 a_{тп}$	—	9,95
Удельная мощность на 1 *м²* горизонтального сечения топки	МВт/м²	$\frac{Гкал}{м^2 \cdot ч}$	q_F	$\frac{Q_{т.т}}{F_т}$	—	$\left(\frac{2000}{406} = 4{,}92\right)$; $\frac{1720}{406} = 4{,}23$

Таблица 8

Пример расчета высоты топочной камеры (с учетом условий горения). $\vartheta''_{з.д}=1350°$ (предварительное задание)

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Теоретическая температура горения	К	°С	$T_{теор}$; ($\vartheta_{теор}$)	$\dfrac{Q^р_н+c_т t_т+c_{г.в}t_{г.в}V^0(\alpha_т-1)}{\Sigma Vc+\dfrac{A^р}{100}c_з}$	*J—t*—диаграмма „Теплового расчета котельных агрегатов (нормативный метод)"	(2293); 2020
Расчетная температура факела	»	»	$T_ф$	$p'\sqrt{T_{теор}T''_{з.д}}$	Черт.2 и табл.1 (прилож.1). При $z_{макс}=0{,}2$ $p'=0{,}96$	(1810)
Размер наиболее крупной частицы	м	*м*	δ_{01}	—	Черт. 3 (прилож. 1) ($R_{90}=25$, $R_{200}=2{,}74$)	$344\cdot10^{-6}$
Коэффициент полидисперсности	—	—	n	—	То же	1,2
Кажущаяся кинетическая константа горения	м/с	*м/ч*	$k_{каж}$	По величине $\dfrac{10^4}{T_ф}$	Черт. 4 (прилож. 1)	($\lg k_{каж}=4{,}44$; $k_{каж}=27\,540$)
Коэффициент диффузии	м²/с	*м²/ч*	D	—	Черт. 5 (прилож. 1)	$(4{,}4\cdot10^{-4})$; 1,6
Диффузионный критерий Нуссельта	—	—	Nu_D	—	Черт. 6 (прилож. 1)	(2,6)
Беззольная и безводная коксовая масса	—	—	$K^р$	$1-(V^р+A^р+W^р)$	—	0,4
Коэффициент	—	—	a	$(\alpha_т-1)\dfrac{V^0}{8{,}89}\cdot\dfrac{1-W^п}{1-W^р}\cdot\dfrac{1}{K^р}$	—	0,34
Коэффициент	—	—	β	$\dfrac{18{,}9}{\psi}\gamma_к V^г\dfrac{T_ф}{p}\cdot\dfrac{1-W^п}{1-W^р}\cdot\dfrac{1}{K^р}$	$\gamma_к=1200$; $\psi=1{,}45$ по табл. 2 (прилож. 1)	$56\cdot10^3$
Комплекс	—	—	J_1	$\dfrac{q_4Q^р_н}{8100}\cdot\dfrac{1}{K^р}\cdot\dfrac{1-W^п}{1-W^р}$	—	0,0169

Продолжение табл. 8

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Комплекс	м²/с	*м²/ч*	$\frac{\mathrm{Nu}_D D}{k_{\text{каж}}\delta_{01}}$	—	—	0,44
Значение $J_2^{\text{диф}}$ при $n=1$	—	—	$J_2^{\text{диф}}$	—	Левая часть черт. 9 (прилож. 1)	0,23
Поправка на коэффициент полидисперсности	—	—	$b^{\text{диф}}$	—	Правая часть черт. 9 (прилож. 1)	0,18
Фактическое значение	—	—	$J_{2_\text{р}}^{\text{диф}}$	$J_2^{\text{диф}}+b^{\text{диф}}(n-1)$	—	0,266
Время горения частиц	с	*сек*	τ	$\frac{J_{2_\text{р}}^{\text{диф}}\beta\delta_{01}^2\cdot 3600}{\mathrm{Nu}_D D}$	—	1,31
Объем зоны дожигания	м³	*м³*	$V_{\text{з.д}}$	$\tau V_\text{г} B\frac{T_\text{ф}}{T_0}$	—	5960
Высота зоны дожигания	м	*м*	$h_{\text{з.д}}$	$\frac{V_{\text{з.д}}}{a_{\text{тп}}b_{\text{тп}}}$	—	29,73
Высота топочной камеры по условиям горения до конца зоны дожигания	»	»	$H_{\text{т.з.д}}$	$\frac{h_\text{в}}{2}+h_\text{г}+h_{\text{ир}}(z_{\text{яр}}-1)+h_{\text{з.д}}$	—	14,7
Объем топки до конца зоны дожигания	м³	*м³*	$V_{\text{т.з.д}}$	$F_\text{т}H_{\text{з.д}}$	Черт. 1 (прилож. 1)	12 100

Таблица 9

Расчет температуры в конце зоны дожигания с учетом условий теплообмена

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Температура газов в конце зоны дожигания	К	°С	$\vartheta''_{з.д}$	—	Предварительно принимается произвольно	(1423; 1523; 1623); 1150; 1250; 1350
Относительное количество тепла, поглощаемого топочными поверхностями за счет лучистого теплообмена	—	—	$q_л$	$1+\frac{\alpha_т(J^0_в)_{t_{г.в}}-(J^0_2)\vartheta''_{з.д}-(\alpha_т-1)(J^0_в)\vartheta''_{з.д}}{Q^р_н}-(q_3+q_4+q_5+q_{6шл})$	По черт. 11 (прилож. 1)	0,525; 0,495; 0,410
Адиабатическая температура горения	К	°С	$\vartheta_а$	—	По черт. 11 (прилож. 1) и I-t-диаграмме «Теплового расчета котельных агрегатов»	(2293); 2020
Относительная температура газов в конце зоны дожигания	—	—	$\theta''_{з.д}$	$\frac{T''_{в.л}}{T_а}$	—	0,643; 0,676; 0,72
Числовой комплекс	—	—	$X_{норм}$	—	По черт. 12 (прилож. 1)	0,95; 1,1; 1,3
Коэффициент	—	—	C	$4{,}9a_т\psi_{ср}M^{5/3}$	$a_т\psi_{ср}M^{5/2}$ по «Тепловому расчету котельных агрегатов»	0,62
Удельное теплопоглощение экранными поверхностями	МВт/м²	$\frac{Гкал}{(м^2\cdot ч)}$	$q^{т.з.д}_{п.э}$	$cx_{норм}\left(\frac{T_а}{100}\right)^4$	—	(0,188; 0,218; 0,258) 0,162; 0,187; 0,222

Продолжение табл. 9

Наименование	Единица измерения СИ	Единица измерения МКГСС	Обозначение	Формула	Обоснование	Результат
Коэффициент формы топки	1/м	$1/м$	$\frac{H_{л}^{т.з.д}}{V_{т.з.д}}$	$\frac{2}{a_{тп}}+\frac{2}{b_{тп}}+\frac{2}{H_{т.з.д}}$	—	0,278
Удельное теплопоглощение на 1 $м^3$ топки по условиям охлаждения	МВт/м³	$\frac{Гкал}{м^3 \cdot ч}$	$(q_V)_{охл}^{т.з.д}$	$\frac{q_{н.э}^{з.д}}{q_{л}} \cdot \frac{H_{л}^{т.з.д}}{V_{т.з.д}}$	Черт. 13 (прилож. 1)	(0,01; 0,122; 0,175) 0,096; 0,105; 0,151
Температура в конце зоны дожигания	К	°С	$\vartheta_{з.д}''$	—	Черт. 13 (прилож. 1)	1618; (1345). Результат близок к заданной величине, поэтому пересчета не требуется
Удельная тепловая мощность на 1 $м^3$ топки до конца зоны дожигания	МВт/м³	$\frac{Гкал}{м^3 \cdot ч}$	$q_V^{т.з.д}$	—	Черт. 13 (прилож. 1)	0,145 (0,168)

Расчет размеров и построение профиля лопатки аксиального лопаточного завихрителя (условные обозначения — см. черт. 1, 2, 3 настоящего приложения)

Исходные данные:

D, d — диаметр втулки и обода регистра, определяемые при расчете горелки;

z — количество лопаток регистра (рекомендуется выбирать в пределах 18—30 шт.);

δ — толщина лопатки; рекомендуется принимать 3—4 *мм*;

a — прямой входной участок лопатки (рекомендуется принимать в пределах 20—30 *мм*);

$\beta_л$ — угол наклона лопатки, определяемый при расчете горелки.

Расчетные величины:

$$r = \frac{d}{2};$$

$$R = \frac{D}{2};$$

$$\gamma = \frac{360}{z} \text{ (см. табл. 11)};$$

$$\gamma_л = 1{,}25\gamma \text{ (см. табл. 11)};$$

$$h_1 = r - R;$$

$$s = r \sin \gamma_л = rk_1;$$

$$s_b = R \sin \gamma_л = Rk_1;$$

$$h = r(1 - \cos \gamma_л) = rk_2;$$

$$h_b = R(1 - \cos \gamma_л) = Rk_2;$$

$$s_{2A} = r \cos \gamma_л \operatorname{tg} \gamma = rk_3;$$

$$s_{bA} = s - s_{2A} = rk_4;$$

$$r_A = \frac{s_{2A}}{1 - \cos \beta_л} = rk_5;$$

$$L_{2A} = r_A \sin \beta_л = rk_6;$$

$$L_{bA} = s_{bA} \operatorname{tg}(90 - \beta_л) = rk_7;$$

$$b_A = \frac{s_{bA}}{\sin \beta_л} = rk_8;$$

$$s_{2Б} = R \operatorname{tg} \gamma = Rk_9;$$

$$s_{bБ} = R(\operatorname{tg} \gamma_л - \operatorname{tg} \gamma) = Rk_{10};$$

$$r_Б = \frac{s_{2Б}}{1 - \cos \beta_л} = Rk_{11};$$

$$L_{2Б} = r_Б \sin \beta_л = Rk_{12};$$

$$L_{bБ} = s_{bБ} \operatorname{tg}(90 - \beta_л) = Rk_{13};$$

$$L_b = R(k_6 + k_7) = Rk_{15};$$

$$L = rk_{15};$$

$$b_Б = \frac{s_{bБ}}{\sin \beta_л} = Rk_{14}.$$

Коэффициенты k приведены в табл. 10.

Координаты развертки:

$$x_1 = n_1 r; \quad y_1 = m_1 r; \quad x_1' = n_1' R; \quad y_1' = m_1' R;$$

$$x_2 = n_2 r; \quad y_2 = m_2 r; \quad x_2' = n_2' R; \quad y_2' = m_2' R;$$

$$x_f = n_f r; \quad y_f = m_f r; \quad x_f' = n_f' R; \quad y_f' = n_f' R.$$

Коэффициенты n и m приведены в табл. 12.

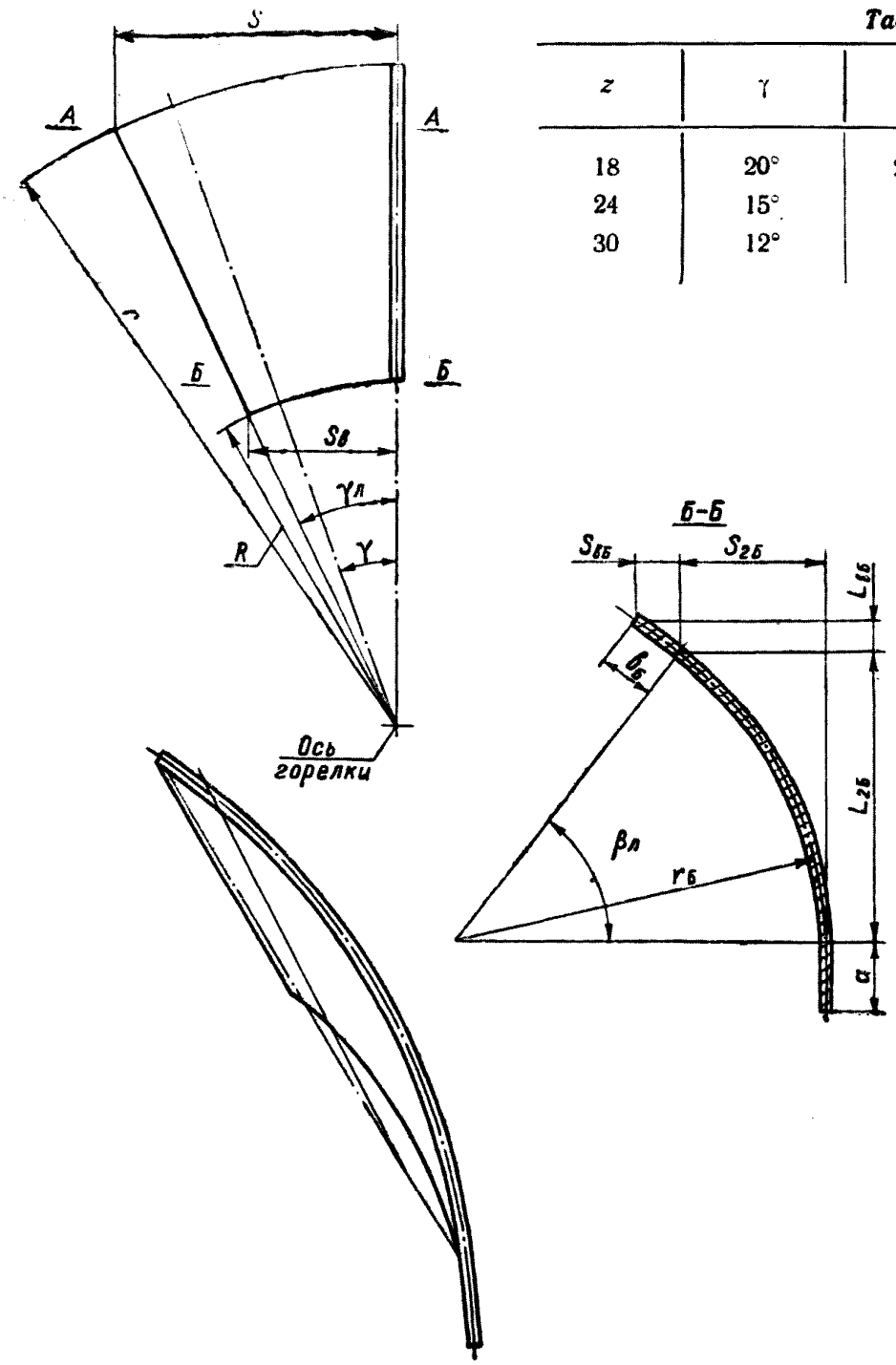
Таблица 10

Расчетные коэффициенты κ

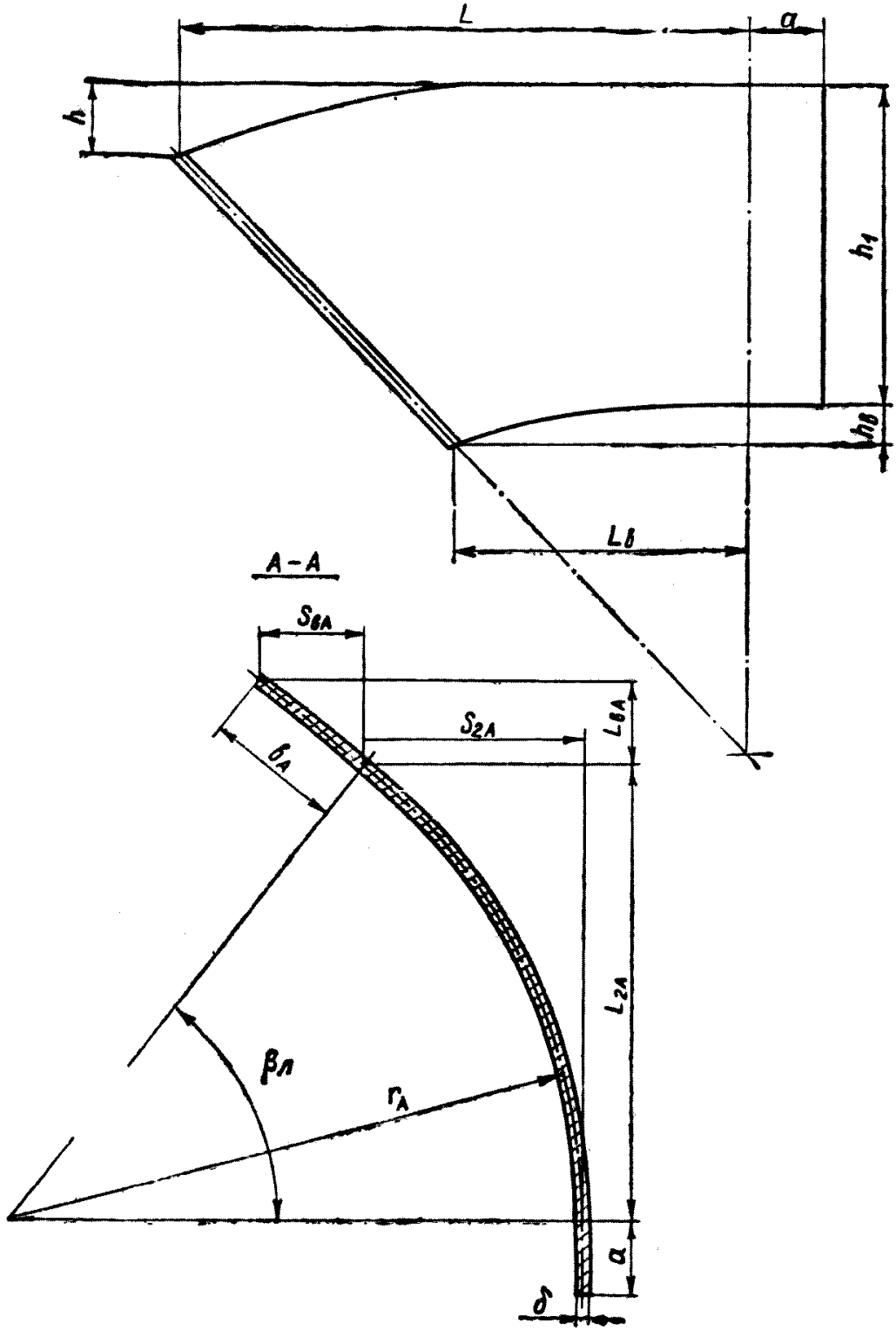
z	$\beta_л$	κ_1	κ_2	κ_3	κ_4	κ_5	κ_6	κ_7	κ_8	κ_9	κ_{10}	κ_{11}	κ_{12}	κ_{13}	κ_{14}	κ_{15}
18	60	0,4226	0,0937	0,3299	0,0927	0,6598	0,5714	0,0585	0,1070	0,3640	0,1023	0,7280	0,6305	0,0591	0,1181	0,6249
	55					0,7737	0,6337	0,0649	0,1130			0,8537	0,6992	0,0716	0,1249	0,6986
	50					0,9236	0,7076	0,0778	0,1210			1,0190	0,7808	0,0858	0,1335	0,7854
	45					1,1263	0,7964	0,0927	0,1310			1,2427	0,8787	0,1023	0,1447	0,8891
	40					1,4098	0,9062	0,1105	0,1440			1,5556	0,9999	0,1219	0,1592	1,0167
	35					1,8247	1,0464	0,1324	0,1620			2,0133	1,1546	0,1461	0,1784	1,1788
24	60	0,3214	0,0531	0,2537	0,0677	0,5074	0,4394	0,0391	0,0782	0,2679	0,0716	0,5358	0,4640	0,0460	0,0827	0,4785
	55					0,5950	0,4874	0,0474	0,0826			0,6283	0,5146	0,0501	0,0874	0,5348
	50					0,7102	0,5442	0,0568	0,0884			0,7500	0,5746	0,0601	0,0935	0,6010
	45					0,8662	0,6124	0,0677	0,0957			0,9146	0,6467	0,0716	0,1013	0,6801
	40					1,0842	0,6969	0,0807	0,1053			1,1449	0,7359	0,0853	0,1114	0,7776
	35					1,4032	0,8047	0,0967	0,1180			1,4817	0,8498	0,1023	0,1248	0,9014
30	60	0,2588	0,0341	0,2053	0,0533	0,4106	0,3556	0,0309	0,0618	0,21126	0,0554	0,4251	0,3682	0,0320	0,0640	0,3865
	55					0,4815	0,3944	0,0375	0,0653			0,4985	0,4083	0,0388	0,0676	0,4317
	50					0,5748	0,4403	0,0449	0,0698			0,5950	0,4558	0,0465	0,0723	0,4852
	45					0,7010	0,4957	0,0535	0,0757			0,7257	0,5132	0,0554	0,0783	0,5492
	40					0,8776	0,5641	0,0638	0,0832			0,9085	0,5840	0,0661	0,0862	0,6279
	35					1,1353	0,6512	0,0764	0,0933			1,1753	0,6741	0,0791	0,0966	0,7276

Таблица 11

z	γ	$\gamma_л$
18	20°	25°
24	15°	18°45′
30	12°	15°



Черт. 1

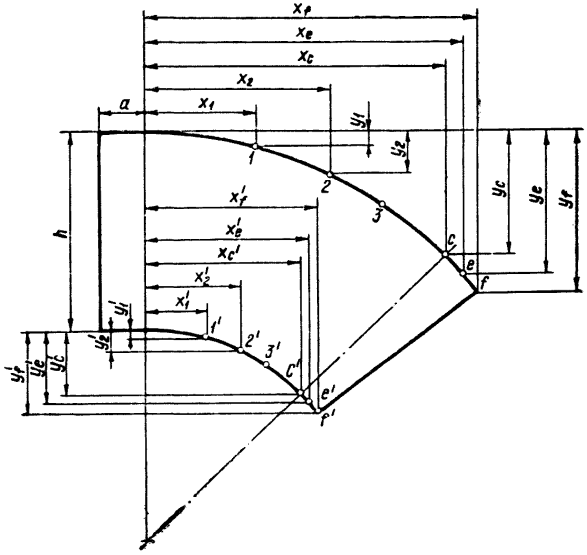


Черт. 2

Таблица 12

z	$\beta_л$	Коэффициенты	Индекс коэффициентов n и m									
			Гнутый участок							Прямой участок		
			1; 1¹	2; 2¹	3; 3¹	4; 4¹	5; 5¹	6; 6¹	7; 7¹	c; c^1	e; e^1	f; f^1
18	60	n	0,0998	0,1993	0,3004	0,3998	0,4965	0,5886	0,6732	0,7174	0,7669	0,7985
		m	0,0000	0,0000	0,0013	0,0070	0,0171	0,0357	0,0626	0,0858	0,1125	0,1312
	55	n	0,1192	0,2398	0,3564	0,4725	0,5838	0,6891	—	0,7832	0,8348	0,8677
		m	0,0000	0,0009	0,0047	0,0124	0,0283	0,0532	—	0,0968	0,1213	0,1423
	50	n	0,1534	0,2958	0,4365	0,5732	0,7025	0,8196	—	0,8460	0,9008	0,9363
		m	0,0018	0,0091	0,0102	0,0216	0,0448	0,0811	—	0,0928	0,1189	0,1390
	45	n	0,1733	0,3463	0,5175	0,6825	0,8331	—	—	0,9170	0,9768	1,0151
		m	0,0000	0,0016	0,0164	0,0228	0,0550	—	—	0,0830	0,1091	0,1248
	40	n	0,2168	0,4333	0,6446	0,8443	—	—	—	1,0190	1,0847	1,1288
		m	0,0003	0,0019	0,0112	0,0356	—	—	—	0,0815	0,1068	0,1287
	35	n	0,2811	0,5609	0,8309	1,0749	—	—	—	1,1552	1,2281	1,2756
		m	0,0000	0,0033	0,0203	0,0590	—	—	—	0,0825	0,1077	0,1265
24	60	n	0,0746	0,1494	0,2242	0,2985	0,3700	0,4292	0,4904	0,5449	0,5813	0,6121
		m	0,0000	0,0030	0,0020	0,0053	0,0104	0,0161	0,0277	0,0491	0,0626	0,0752
	55	n	0,0875	0,1750	0,2625	0,3486	0,4333	0,5150	—	0,5823	0,6204	0,6521
		m	0,0000	0,0005	0,0019	0,0062	0,0141	0,0287	—	0,0472	0,0604	0,0723
24	50	n	0,1045	0,2095	0,3142	0,4166	0,5164	0,6101	—	0,6323	0,6729	0,7076
		m	0,0000	0,0004	0,0036	0,0089	0,0206	0,0411	—	0,0471	0,0612	0,0733
	45	n	0,1276	0,2554	0,3823	0,5065	0,6251	—	—	0,6949	0,7287	0,7760
		m	0,0001	0,0007	0,0041	0,0130	0,0312	—	—	0,0471	0,0600	0,0722
	40	n	0,1596	0,3189	0,4764	0,6291	—	—	—	0,7710	0,8193	0,8608
		m	0,0000	0,0007	0,0057	0,0201	—	—	—	0,0459	0,0586	0,0704
	35	n	0,2064	0,4125	0,6090	0,8007	—	—	—	0,8677	0,9222	0,9684
		m	0,0002	0,0027	0,0063	0,0276	—	—	—	0,0396	0,0528	0,0637
30	60	n	0,0594	0,1187	0,1778	0,2370	0,2954	0,3528	0,4083	0,4347	0,4628	0,4911
		m	0,0000	0,0003	0,0018	0,0028	0,0083	0,0130	0,0239	0,0310	0,0373	0,0472
	55	n	0,0699	0,1392	0,2080	0,2769	0,3450	0,4114	—	0,4676	0,4972	0,5268
		m	0,0004	0,0009	0,0014	0,0036	0,0095	0,0181	—	0,0299	0,0380	0,0457
	50	n	0,0828	0,1658	0,2488	0,3309	0,4414	0,4890	—	0,5441	0,5752	0,6064
		m	0,0000	0,0004	0,0019	0,0050	0,0126	0,0257	—	0,0486	0,0588	0,0686
	45	n	0,1016	0,2023	0,3019	0,4010	0,4997	—	—	0,5600	0,5941	0,6287
		m	0,0002	0,0008	0,0023	0,0074	0,0192	—	—	0,0313	0,0394	0,0478
	40	n	0,1269	0,2528	0,3784	0,5015	—	—	—	0,6191	0,6694	0,6945
		m	0,0001	0,0011	0,0038	0,0115	—	—	—	0,0294	0,0404	0,0453
	35	n	0,1642	0,3279	0,4900	0,6465	—	—	—	0,7027	0,7589	0,7871
		m	0,0000	0,0005	0,0064	0,0214	—	—	—	0,0288	0,0396	0,0458

Развертка лопатки (по средней линии)



Черт. 3

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 К ОСТ 24.030.26—72

СПРАВОЧНОЕ

1. Температуры газов перед фестоном или фестонированной частью конвективного пакета, расположенными в верхнем горизонтальном газоходе, принимаются не выше значений, указанных в табл. 1.

Таблица 1

Марка топлива	Температура в конце топки $\vartheta''_т$, °С
Антрацитовый штыб, полуантрациты, тощие угли	1050
Донецкий ГСШ	1000
Кизеловский Г и отсевы	1050
Кемеровский СС	1050
Томь-усинский (открытые разработки)	1050
Подмосковный Б	1000
Ангренский Б	950
Канско-ачинский Б (ирша-бородинский, назаровский, березовский)	950

Примечание. Для топлив, не приведенных в табл. 1, температура газов в указанном сечении принимается равной температуре начала деформации золы, но не выше 1100° С.

2. При размещении в верхней части топки ширм температура на входе в них для шлакующих топлив типа антрацитового штыба, ГСШ, назаровского угля принимается не выше 1200° С, для нешлакующих топлив типа экибастузского угля — не выше 1300° С.

3. Потери тепла от механического недожога в конце топки для открытых и полуоткрытых топок с жидким шлакоудалением приведены в табл. 2, а для топок с твердым шлакоудалением—в табл. 3.

Таблица 2

Вид топлива	Потери тепла от механического недожога q_4
Антрацитовый штыб, полуантрациты	3—4
Тощие угли	1
Каменные угли	0,5
Бурые угли	0,5

Примечание. Меньшие значения q_4 — при сжигании полуантрацитов.

Таблица 3

Вид топлива	Потери тепла от механического недожога q_4
Антрацитовый штыб и полуантрациты	6—4
Тощий уголь	2
Каменные угли	1,0—1,5
Отходы углеобогащения	2—3
Бурые угли	0,5—1,0

Примечание. Меньшие значения q_4 — при сжигании полуантрацитов. При сжигании каменных углей и отходов углеобогащения меньшие значения q_4 — для малозольных топлив до $A^{\text{п}}<6$, бо́льшие — для топлив с повышенной зольностью.

4. Рекомендуемые температуры подогрева воздуха приведены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристика топки	Вид топлива	Температура воздуха $t_{\text{г.в}}$, °С
Топки с твердым шлакоудалением при замкнутой схеме пылеприготовления и сушке топлива воздухом	Каменные и тощие угли	300—350
	Бурые угли	350—400
Топки с жидким шлакоудалением при сушке топлива воздухом и подаче пыли горячим воздухом или сушильным агентом	Антрацитовый штыб, полуантрациты, бурые угли	380—400
	Каменные угли и донецкий тощий уголь	350—400
При сушке топлива газами в замкнутой схеме пылеприготовления при твердом шлакоудалении	Бурые угли	300—350
То же при жидком шлакоудалении	То же	350—400
При сушке топлива газами в разомкнутой схеме пылеприготовления при твердом шлакоудалении	Для всех топлив	$\leqslant 350$
То же при жидком шлакоудалении	То же	350—400

Примечание. Бо́льшие значения величин принимаются при более высокой влажности топлива.

5. Для предотвращения усиленного шлакования экранов тепловое напряжение сечения топочной камеры $q_F = \frac{BQ_{\text{н}}^{\text{р}}}{F_{\text{т}}}$ (в гори-

зонтальной плоскости расположения горелок) рекомендуется принимать не выше следующих величин:

— для жидкого шлакоудаления при сжигании антрацитового штыба, полуантрацитов и тощих углей — 4,5 *Гкал/м²·ч*, при сжигании каменных и бурых углей — 5,5 *Гкал/м²·ч*;

— для твердого шлакоудаления, максимально допустимое тепловое напряжение сечения топочной камеры принимается в зависимости от свойств топлива, типа и расположения горелок по табл. 5.

Таблица 5

Расположение горелок	Тепловое напряжение	Вид топлива	Расположение горелок: однофронтовое	Расположение горелок: встречное
Многоярусное	Общее тепловое напряжение сечения топочной камеры q_F, $\frac{Гкал}{м^2 \cdot ч}$	Шлакующие каменные и бурые угли	3,0	3,0 при $D \leqslant 950$ *т/ч*, 3,5—4,0 при $D > 1600$ *т/ч*
		Нешлакующие (типа экибастузского)	4,0	5,5
		Антрацитовый штыб	—	2,5
	Тепловое напряжение сечения топочной камеры на один ярус горелок q_F, $\frac{Гкал}{м^2 \cdot ч}$	Шлакующие каменные и бурые угли	1,0	1,3
		Нешлакующие (типа экибастузского)	1,5—2,0	2,0—2,5
Одноярусное	Общее тепловое напряжение сечения камеры q_F, $\frac{Гкал}{м^2 \cdot ч}$	Шлакующие каменные и бурые угли	1,5	2,0; 2,5
		Нешлакующие (типа экибастузского)	2,5	3,0

Примечание. Приведенные выше величины являются ориентировочными и уточняются с учетом опыта работы котлоагрегатов.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. Принятые условные обозначения 1
2. Определение и классификация вихревых пылеугольных и пылегазовых горелочных устройств 7
3. Требования к конструкции и эксплуатации горелочных устройств . . 13
4. Указания по проектированию вихревых пылеугольных и пылегазовых горелок 14
5. Определение основных параметров, необходимых для расчета горелок и топочной камеры 17
   - 5.1. Тепловая мощность топки, горелок и количество горелок на топку 17
   - 5.2. Коэффициенты подачи и избытка воздуха 17
   - 5.3. Параметр крутки 23
   - 5.4. Скорости на выходе из каналов горелки 27
   - 5.5. Коэффициенты гидравлического сопротивления каналов горелки и расчет потери напора 28
6. Конструкция и расположение сбросных горелок 30
7. Исходные данные для расчета горелок 30
8. Расчет конструктивных характеристик горелок 40
9. Расчет завихрителей 47
   - 9.1. Исходные данные 47
   - 9.2. Расчет улиточного завихрителя 47
   - 9.3. Построение улитки 48
   - 9.4. Расчет тангенциального лопаточного завихрителя 49
   - 9.5. Расчет аксиального лопаточного завихрителя 51
   - 9.6. Построение профиля винтовой лопатки 52
10. Растопочные устройства 59
11. Размещение горелок и расчет горизонтального сечения топки . . . 60

Приложение 1. Расчет высоты топочной камеры с учетом условий горения 64

Приложение 2. Пример расчета, расчет размеров и построение профиля лопатки аксиального лопаточного завихрителя 80

Приложение 3. 107

Ответственный за выпуск *В. С. Розанова*

Редактор *З. Т. Потапова.*

Техн. ред. *Н. П. Белянина.* Корректоры: *В. Н. Шокурова* и *Г. Х. Макарова.*

Сдано в набор 18.12.73. Подп. к печ. 12.03.74. Формат бум. 60×90 1/16.
Тираж 1000. Зак. 885. Цена 1 руб. 40 коп.

gost.e-ecolog.ru

Группа полиграфических работ ОНТИ ЦКТИ им. И. И. Ползунова.
194021, Ленинград, Политехническая ул., д. 24.