

622.7

0-13

ОБЕСПЫЛИВАНИЕ ВОЗДУХА
НА ФАБРИКАХ
ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНЫХ
КОМБИНАТОВ



622.7	2.4585
0-13	

Обесценивание
возникает из-за...

Книга должна быть возвращена не
позже указанного здесь срока

Количество предыдущих выданий _____

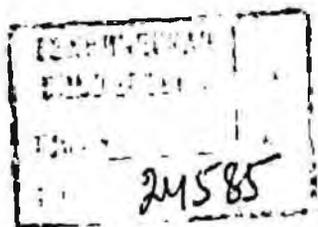
3/163

77 2005

622.7

0-13

ОБЕСПЫЛИВАНИЕ ВОЗДУХА
НА ФАБРИКАХ
ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНЫХ
КОМБИНАТОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
Москва 1972

6П1.9

013

УДК 622.794:621.928.9

Обеспыливание воздуха на фабриках горнообогатительных комбинатов. М., «Недра», 1972. 184 с. Авт.: И. И. Афанасьев, В. С. Ващенко, Г. С. Генералов и др.

В книге рассмотрены и обобщены основные вопросы обеспыливания воздуха на дробильных, обогатительных и агломерационных фабриках и фабриках окомкования крупнейших железорудных горнообогатительных комбинатов СССР. Значительное внимание уделено схемам аспирации, методам расчета количества аспирационного воздуха, конструкциям укрытий технологического оборудования и перегрузок материалов, общеобменной вентиляции и гидрообеспыливанию. Приведены способы и средства очистки технологических и вентиляционных выбросов, а также методы контроля пылевентиляционных систем.

Книга рассчитана на инженерно-технических и научных работников, занимающихся обеспыливанием воздуха на предприятиях горнорудной, строительной, угольной и химической промышленности.

Таблиц 30, иллюстраций 59, список литературы — 135 названий.

3—7—4

290—72

6П1.9

Рецензент: инж. А. В. Красномовец

Авторы: И. И. Афанасьев, В. С. Ващенко, Г. С. Генералов, Ф. И. Данченко,
И. Н. Логачев, Д. И. Малюта, В. А. Минко, А. Н. Сербин,
Р. Н. Шумилов, А. П. Янов

ПРЕДИСЛОВИЕ

На горнорудных предприятиях в огромных количествах перерабатываются твердые полезные ископаемые, пыль которых может быть причиной заболевания рабочих пневмокониозом.

Пневмокониоз — тяжелое профессиональное заболевание. Поэтому борьба с запыленностью воздуха производственных помещений, промышленных площадок и жилых массивов приобретает особую актуальность.

На мероприятия по созданию нормальных санитарно-гигиенических условий труда и охрану атмосферы от промышленных загрязнений, выделяются значительные ассигнования.

В настоящее время разработаны эффективные технические средства и организационные мероприятия по предотвращению загрязнения воздуха пылью. На современных фабриках широко применяются герметизация и аспирация технологического оборудования, общеобменная вентиляция, гидрообеспыливание, очистка вентиляционных и технологических выбросов от пыли, обеспечивающие предельно допустимую концентрацию пыли и условия труда в соответствии с требованиями санитарных норм.

Продолжающаяся интенсификация производственных процессов требует создания новых и усовершенствования имеющихся пылевентиляционных систем, а также разработки научно обоснованных способов их расчета.

В предлагаемой книге обобщен накопленный опыт обеспыливания воздуха на фабриках железорудных горнообогатительных комбинатов.

Авторы выражают благодарность В. Н. Гильченко, В. А. Ларищевой, В. В. Качанову, Ю. И. Пирогову, А. А. Пыхтиной, Г. Н. Стукановой за помощь, оказанную при оформлении книги, а также Г. А. Жовтухе и А. А. Малевичу за предоставленные материалы по исследованию уголковых коагуляторов.

ГЛАВА I.

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И УСЛОВИЙ ТРУДА

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На всех горнообогатительных комбинатах технологические процессы переработки железных руд включают: дробление, измельчение, грохочение, обогащение, а на некоторых комбинатах — подготовку шихтовых материалов и их спекание.

Технологические процессы на дробильных, обогатительных и шихтоподготовительных фабриках сопровождаются интенсивным пылевыделением, а на фабриках окускования также выделением окиси углерода, сернистого газа, конвективного и лучистого тепла, избыточной влаги. Наличие их в атмосфере производственных помещений отрицательно влияет на здоровье рабочих и снижает производительность труда.

Санитарными нормами СН 245—63 предельно допустимая концентрация пыли, содержащей двуокись кремния от 10 до 70%, установлена 2 мг/м^3 .

Свыше 10% двуокиси кремния может содержать пыль железных руд и концентратов.

Пыль шихты, агломерата и окатышей содержит менее 10% кремнезема. Предельно допустимая концентрация этой пыли согласно СН 245—63 составляет 4 мг/м^3 .

Пыль известняка и кокса биологически менее агрессивна в результате незначительного содержания в ней кремнезема. Так, в витающей пыли известняка и кокса содержится около 1,7—4,5% кремнезема. Поэтому предельно допустимая концентрация пыли известняка и кокса согласно СН 245—63 составляет 6 мг/м^3 .

Содержащиеся в воздухе рабочих помещений окись углерода, сернистый газ и аммиак могут вызвать хроническое и острое отравление. Санитарными нормами величина предельно допустимых концентраций установлена для окиси углерода и аммиака 20 мг/м^3 , а сернистого газа — 10 мг/м^3 .

В комплекс метеорологических условий, которые обеспечивают нормальные санитарно-гигиенические условия труда, входят температура, влажность и подвижность воздуха.

Высокие температура воздуха и влажность, а также лучистое тепло вызывают перегрев организма рабочих, особенно при тяжелой физической работе. При низкой температуре воздуха резко увеличиваются потери тепла организмом, что вызывает простудные заболевания. Нормальное состояние организма человека возможно при соответствующей комбинации всего комплекса метеорологических условий. Например, в помещениях, характеризующихся значительными избытками тепла (более $23 \text{ дж/м}^3 \cdot \text{сек}$), при тяжелой работе в холодный и переходный периоды года температура воздуха допускается $14\text{--}17^\circ \text{C}$, относительная влажность — не более 75%, а подвижность воздуха — не более $0,5 \text{ м/сек}$.

В теплый период года температура воздуха не должна превышать наружную температуру более чем на 5°C , относительная влажность при 28°C должна быть не более 55% и подвижность воздуха — $1,0\text{--}1,5 \text{ м/сек}$.

Характеристика воздуха в рабочих помещениях фабрик ГОКов зависит непосредственно от технологии переработки и окускования железных руд и концентратов. Схемы технологического процесса разнообразны и зависят от многих факторов. В качестве примера рассмотрим технологические схемы крупных современных горнообогатительных комбинатов — ЮГОКа, НКГОКа и ЦГОКа.

§ 2. ДРОБЛЕНИЕ

Оборудование на дробильных фабриках располагается на одном или разных уровнях относительно друг друга (каскадная схема). Примером расположения оборудования на одном уровне может служить дробильная фабрика № 1 ЮГОКа.

Руда, поступающая из карьера, разгружается в приемную яму конусной дробилки крупного дробления ККД-1500Б производительностью до 2000 т/ч , расположенной в корпусе крупного дробления (рис. 1). Дробленая руда крупностью $0\text{--}350 \text{ мм}$ поступает на два пластинчатых питателя $1800 \times 1800 \text{ мм}$, которые направляют ее на четыре пластинчатых питателя $1800 \times 4000 \text{ мм}$, распределяющих руду на две параллельные линии ленточных конвейеров.

Участок крупного дробления кроме корпуса дробления включает два перегрузочных узла и здание промежуточного склада руды. На этом участке находятся рабочие места приемщика руды, машинистов дробилки, пластинчатых питателей и ленточных конвейеров.

Пылеобразование на участке происходит в основном во время разгрузки вагонов в приемную воронку, дробления руды, перегрузок ее при транспортировании питателями и ленточными конвейерами.

Из промежуточного склада руда ленточными конвейерами подается через стационарные грохота в дробилки КСД-2200, установленные в корпусах среднего дробления. Из дробилок руда

крупностью 0—70 мм поступает на сборный конвейер, куда разгружается и подрешетный продукт колосникового грохота. Дробленая руда направляется конвейерами в корпус мелкого дробления.

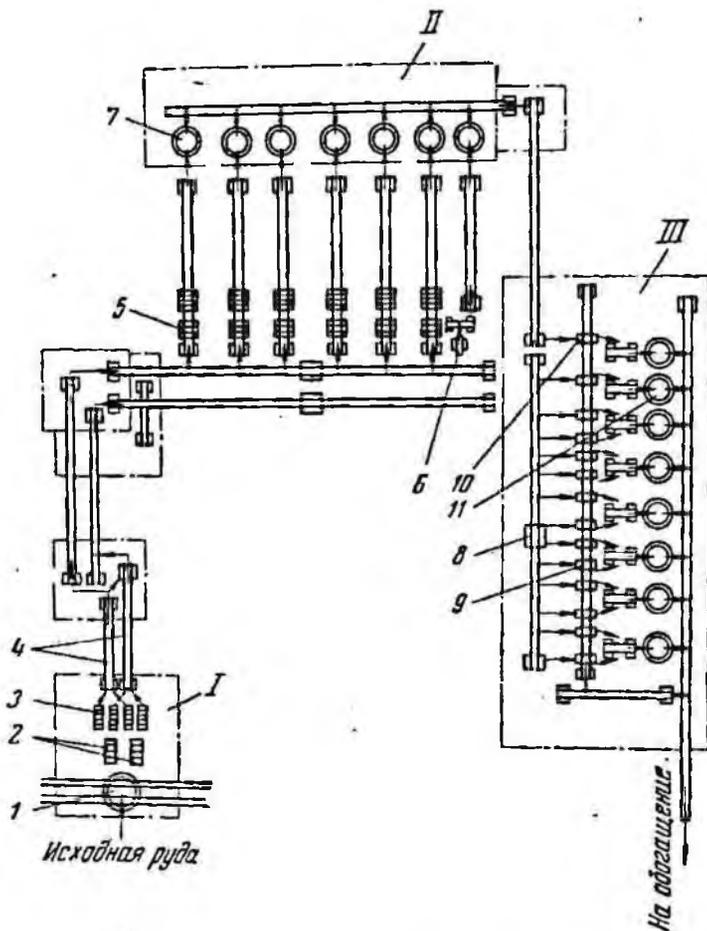


Рис. 1. Схема цепи аппаратов дробильной фабрики ЮГОКа:

1 — корпус крупного дробления; II — корпус среднего дробления; III — корпус мелкого дробления; 1 — конусная дробилка ККД-1500Б; 2 — пластинчатый питатель 1800×1800; 3 — пластинчатый питатель 1800×1000; 4 — ленточные конвейеры; 5 — пластинчатый питатель 1200×1300; 6 — электровибрационный питатель 1200×2200; 7 — конусная дробилка КСД-2200; 8 — передвижная разгрузочная тележка; 9 — вибрационный грохот 1500×3000; 10 — инерционный грохот ГИТ-51; 11 — конусная дробилка КМД-2200

Участок среднего дробления состоит из трех галерей конвейеров, корпусов дробления и перегрузочного узла. Здесь находятся рабочие места машинистов питателей, конвейеров и дробилок.

В корпусе мелкого дробления руда конвейером с передвижной разгрузочной тележкой распределяется по бункерам восьми короткоконусных дробилок КМД-2200. Из бункеров руда поступает

на вибрационный грохот. Надрешетный продукт ленточным питателем подается в дробилку. Дробленая до крупности 25 мм руда поступает на сборный конвейер. На этот конвейер подается также подрешетный продукт грохота дробилки мелкого дробления. После трех перегрузок руда распределяется по параболическим бункерам обогатительной фабрики.

На участке мелкого дробления находятся рабочие места машинистов вибрационных грохотов, дробилок и ленточных конвейеров.

Пылеобразование на участках среднего и мелкого дробления происходит при дроблении, грохочении, перегрузках руды и ее транспортировании ленточными конвейерами.

На современных горнообогатительных комбинатах, например на дробильной фабрике НКГОКа, применяется каскадная схема расположения оборудования (рис. 2). Здесь применено четырехстадиальное дробление с совмещением I и II стадий в одном корпусе и III и IV — в другом.

Стадия дробления I осуществляется в дробилке ККД-1500Б. Дробленый материал подается двумя пластинчатыми питателями в четыре дробилки ККД-900. Дробленая руда вибрационными питателями загружается на ленточный конвейер с лентой шириной 2000 мм, транспортирующий руду в корпус III и IV стадий дробления. Здесь руда передвижной разгрузочной тележкой распределяется по бункерам, из которых электровибрационными питателями подается на ленточные конвейеры, распределяющие руду в пять дробилок КСД-2200Б III стадии дробления. Дробленая руда питателями направляется на инерционные грохота. Надрешетный продукт поступает в дробилки КМД-2200Б мелкого дробления. Подрешетный продукт инерционных грохотов и дробленая руда из дробилок IV стадии разгружаются на сборные челноковые конвейеры, а затем на два ленточных конвейера, которые транспортируют руду через перегрузочный узел в корпус обогащения или на склад.

Источники пылеобразования при каскадном расположении дробильного оборудования в основном те же, что и при расположении оборудования на одном уровне. Однако каскадная схема имеет ряд преимуществ, заключающихся в более компактном расположении оборудования и уменьшении перегрузочных узлов материала, являющихся наиболее интенсивными очагами пылевыделения.

Характеристика воздушной среды в корпусах дробильных фабрик ЮГОКа и НКГОК за 1967 и 1970 гг. приведена в табл. 1.

Данные таблицы показывают, что за последние годы запыленность на рабочих местах в результате совершенствования противопылевых мероприятий значительно уменьшилась. В отдельных корпусах она равна или близка к предельно допустимой санитарным нормам.

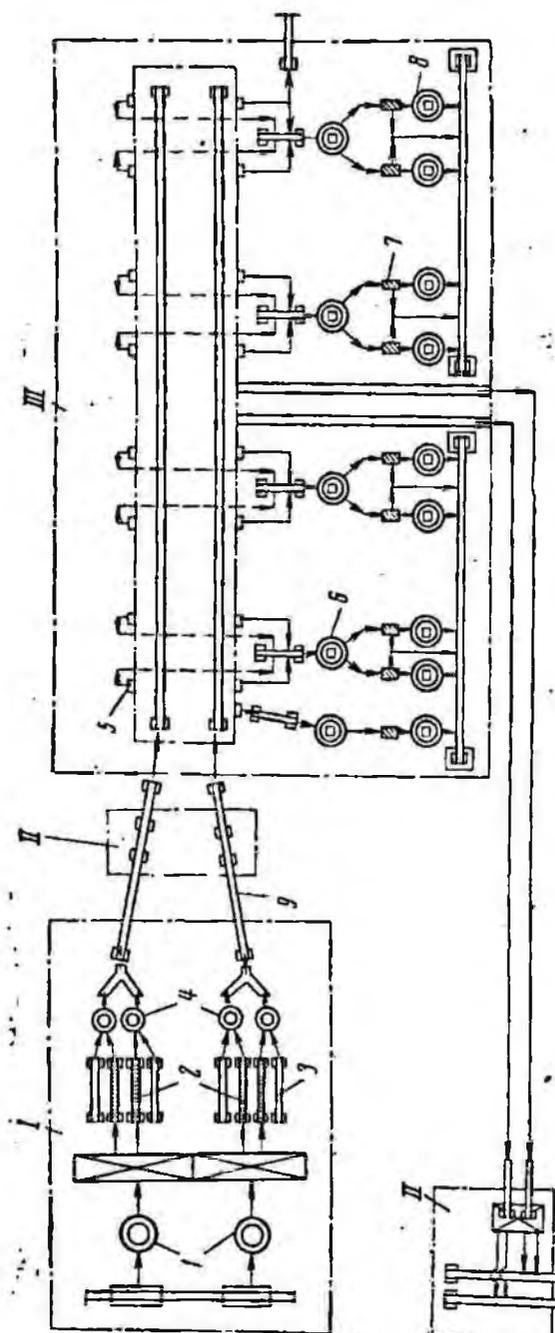


Рис. 2. Схема цепи аппаратов дробильной фабрики НКГОКа:

I — корпус I и II стадий дробления; II — перегрузочный узел; III — корпус III и IV стадий дробления; I — конусная дробилка ККД-1500Б; 2 — пластинчатый питатель 1800X1500; 3 — безроликовый конвейер; 4 — конусная дробилка ККД-900; 5 — электровибрационный питатель 1500X2000; 6 — конусная дробилка КСД-220МБ; 7 — инерционный грохот 1800X360; 8 — конусная дробилка КМД-2200Б; 9 — конвейер

Таблица I

Характеристика воздушной среды в корпусах дробильных фабрик ЮГОК и НКГОК*

Место измерения	Год	ЮГОК				
		Запыленность воздуха, мг/м ³			Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %
		минимальная	максимальная	средняя		
У пульта управления конусных дробилок: крупного дробления	1967	1,5	7,5	3,7	21—22	64—88
	1970	1,3	5,4	1,9	14—28	63—70
среднего дробления	1967	2,4	7,7	4,6	23—26	63—76
	1970	0,3	6,0	2,2	8—24	61—64
мелкого дробления	1967	0,2	8,6	4,5	22—26	53—69
	1970	0,3	7,4	2,1	17—23	61—70

Продолжение табл. I

Место измерения	Год	НКГОК				
		Запыленность воздуха, мг/м ³			Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %
		минимальная	максимальная	средняя		
У пульта управления конусных дробилок: крупного дробления	1967	1,8	5,6	3,5	5—30	53—70
	1970	2,4	4,9	2,0	8—20	58—65
среднего дробления	1967	1,0	13,3	3,4	11—18	61—64
	1970	1,2	9,5	2,1	10—16	60—65
мелкого дробления	1967	1,4	9,2	3,8	15—22	57—65
	1970	1,0	7,4	2,0	18—20	58—63

* По данным Криворожской горсанэпидемстанции.

§ 3. ОБОГАЩЕНИЕ

На обогатительных фабриках неокисленная железная руда измельчается в стержневых и шаровых мельницах в две стадии (рис. 3). Руда после измельчения в мельницах I стадии поступает в классификаторы, которые выделяют материал заданной крупности. Недоизмельченная руда возвращается в мельницы, а измельченная песковыми насосами подается на верхнюю отметку фабрики, откуда самотеком распределяется по магнитным сепараторам. Полученный концентрат направляют в вакуум-фильтры, а

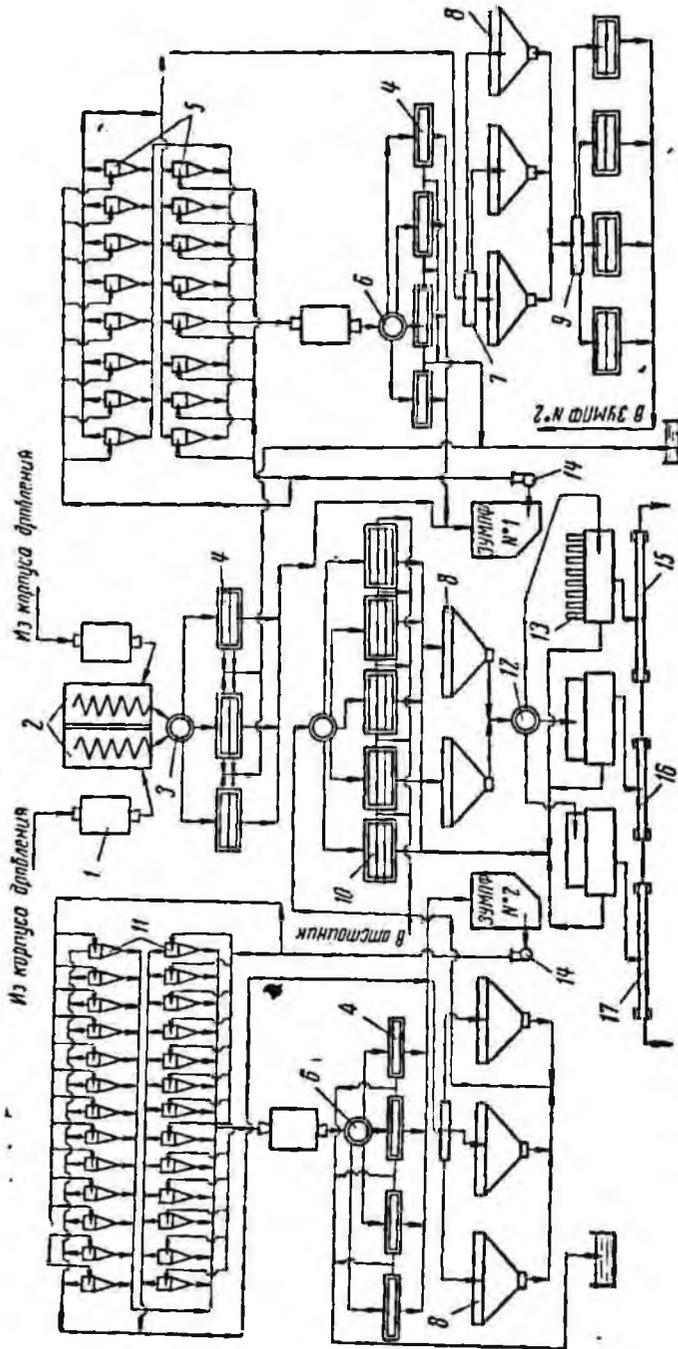


Рис. 3. Схема цепи аппаратов обогатительной фабрики ЮГОКа (11—14 секции):

1 — шаровая мельница; 2 — спиральный классификатор; 3, 12 — четырехступенчатый пульподелитель; 4, 10 — магнитный барабанный сепаратор с прогнаторочной ванной; 5, 11 — гидрациклоны; 6 — пятиступенчатый пульподелитель; 7 — распределительная коробка; 8 — дешламатор; 9 — шестиступенчатый пульподелитель; 13 — вакуум-фильтр; 14 — насос; 15, 16, 17 — конвейеры

промежуточный продукт — на доизмельчение в шаровые мельницы II стадии. После II стадии измельчения пульпа песковыми насосами вновь подается на верхнюю отметку и распределяется по магнитным сепараторам II стадии, концентрат которых поступает на те же вакуум-фильтры, а хвосты направляются в хвостохранилище. Обезвоженный концентрат влажностью 9—11% с вакуум-фильтров поступает в промежуточный склад или непосредственно на фабрику окускования.

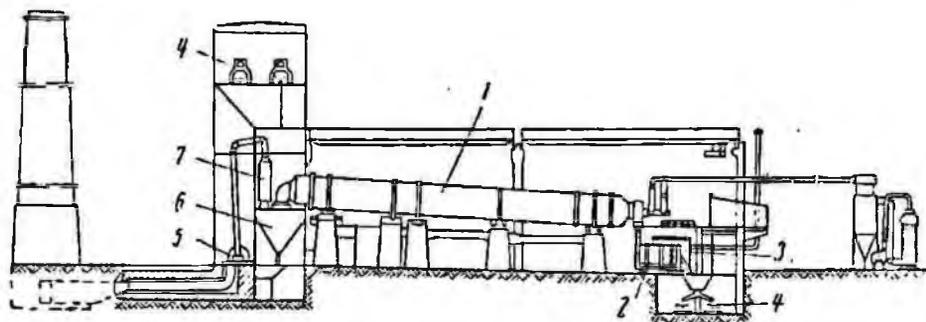


Рис. 4. Расположение оборудования в корпусе обжига обогатительной фабрики ЦГОКа:

1 — вращающаяся обжиговая печь 3600×50 000; 2 — барабанный охладитель 2800; 3 — гравийный фильтр; 4 — ленточные конвейеры; 5 — дымосос Д18×2; 6 — пылевая камера; 7 — скруббер

Железные руды на обогатительных фабриках перерабатываются мокрым способом. Основной производственной вредностью является избыточная влага, за исключением пылевыведения при выпуске руды из бункеров и подаче их в мельницы.

Окисленные железные руды обогащаются флотацией или после предварительного восстановительного обжига — магнитной сепарацией. В первом случае технологический процесс происходит в водной среде и, следовательно, не сопровождается пылевыведением. На обжигмагнитных фабриках процессы переработки железных окисленных руд связаны с выделением пыли, окиси углерода, сернистого газа, лучистого и конвективного тепла, с повышением температуры и избыточной влаги.

Первая в Советском Союзе обжигмагнитная фабрика построена в 1962 г. на ЦГОКе по проекту института Механобрчермет. Исходная руда, поступающая на эту фабрику из карьеров ЦГОКа и СевГОКа, представляет собой окисленные кварциты с примесью магнетита. Содержание железа в руде колеблется в пределах 32—37%, двуокиси кремния — около 40%.

Руда из дробильной фабрики поступает на склад закрытого типа, откуда через специальные люки перегружается передвижными разгрузочными тележками на ленточные конвейеры и направляется в промежуточные бункера корпуса обжига (рис. 4), из которых через весодозаторы подается в трубчатые вращающиеся печи.

Диаметр печи составляет 3,6 м, длина — 50 м, а ее производительность по сырой руде 42 т/ч. На фабрике работают тридцать таких печей. В качестве восстановителя используется бурый уголь. Топливом служит природный газ, который подается из коллектора через торцовую часть печи и периферийные горелки. Воздух для поддержания горения нагнетается воздуходувкой со стороны загрузочной части печи в кольцевой коллектор, откуда по трубопроводам, смонтированным вдоль печи, поступает к горелкам. Газы из печей отсасываются дымососами типа Д18Х2. Разрежение в печах составляет 50—70 н/м².

Температурный режим печи зависит от состава природного газа и характеризуется следующими данными: в зоне нагрева 400—600°С, в зоне восстановления 800—900°С, в отсасываемых газах 300—400°С.

Обоженная руда температурой 500—700°С из печи поступает в барабанный охладитель, где охлаждается водой до температуры 60—80°С, а затем системой ленточных конвейеров направляется в корпус обогащения. Обоженная руда после предварительного измельчения в мельницах обогащается в магнитных сепараторах.

Основными очагами выделения пыли на обжигмагнитной фабрике являются перегрузочные узлы, конвейеры, обжигочные печи, барабанные охладители. Характерно, что по мере повышения температуры перерабатываемого материала интенсивность пылевыведения на рабочих местах возрастает. Особенно она высока при перегрузках горючего материала и на рабочих местах у обжигочных печей и барабанных охладителей.

Горючие и жаропрочные материалы кроме пыли выделяют пар, образующий и повышенный туман как в зимний, так и в летний периоды года. Относительная влажность в помещениях, где перерабатываются горючие и влажные материалы, как правило, составляет 90—100%.

Большое количество выделяющегося тепла и вредных газов выделяется на рабочих местах возле обжигочных печей и барабанных охладителей.

4. Агломерация и окомкование

Агломерация и окомкование железных руд и концентратов занимают важное место в горнорудной промышленности, являясь связующим звеном технологического комплекса между рудником и металлургическим заводом. Окускование позволяет плавать мелкозернистые руды и высокоплотные концентраты.

В нашей стране агломерация железных руд и концентратов получила значительное развитие. Если в 1950 г. производство агломерата составляло 12 млн. т, в 1957 г. 40 млн. т, то в 1970 г. — более 150 млн. т в год. Получает широкое развитие и другой метод окускования железных руд и концентратов — окомкование. В 1970 г. произведено около 20 млн. т обожженных окатышей.

Схемы технологического процесса подготовки шихтовых материалов и их спекания разнообразны и зависят от многих факторов.

На агломерационной фабрике НКГОКа концентрат из обогатительной фабрики системой конвейеров, расположенных в галерее, подается в корпус шихтовых бункеров (рис. 5). Химический состав концентрата примерно следующий: 82% окислов железа (Fe_2O_3 и FeO) 13% кремнезема, 5% окислов алюминия, кальция, магния и других компонентов.

Руда, кокс и известняк загружаются в приемную яму вагоноопрокидывателя, затем ленточными конвейерами складываются в штабеля. Из штабеля руда системой конвейеров подается в корпус шихтовых бункеров. Примерный состав руды: до 77% окислов железа; 17% кремнезема; 3,8% окислов алюминия; 2,2% других компонентов.

Кокс из бункеров конвейерами направляется на вибрационный грохот. Надрешетный продукт крупностью до 40 мм поступает в корпус дробления, где установлены две короткоконусные дробилки КМД-1650. Подрешетный продукт и дробленый кокс направляются в корпус измельчения топлива. Здесь установлено девять четырехвалковых дробилок ДГ-900×700. После дробления и измельчения кокс конвейерами направляется в корпус шихтовых бункеров.

Известняк из штабеля конвейерами подается в корпус дробления, где установлено пять молотковых дробилок типа ДМРИЭ-1450×1300×1000. Дробленый известняк поступает на вибрационный грохот, который установлен после каждой молотковой дробилки. Надрешетный продукт крупностью 3—25 мм, направляется в корпус обжига, подрешетный крупностью 0—3 мм — в корпус шихтовых бункеров.

Из шихтовых бункеров концентрат, руда, кокс и известняк дисковыми питателями дозируют на сборные конвейеры и направляют в корпус первичного смешивания шихты, где ее увлажняют и перемешивают в смесительных барабанах. Шихта имеет примерно следующий состав: 31% концентрата, 20% аглоруды, 15% поварата, 10% кокса, 24% известняка. Из корпуса первичного смешивания шихту направляют в агломерационный корпус.

В корпусе агломерации (рис. 6) шихту реверсивными конвейерами распределяют по бункерам, из которых через дисковые питатели она направляется в барабаны вторичного смешивания. Из смесительных барабанов шихту питателями подают для спекания на шесть агломерационных машин. Рабочая часть каждой машины разбита на участки для спекания площадью 75 м² и для охлаждения агломерата площадью 36 м². В настоящее время спекание шихты производится на всей площади агломерационной ленты. Под рабочей частью ленты расположены вакуум-камеры, через которые просасывается воздух. Над первой вакуум-камерой, которая находится под зажигательным горном, происходит зажигание кокса, содержащегося в шихте. Топливом для зажигания служит смесь томенного и коксового газов. В дальнейшем после выхода

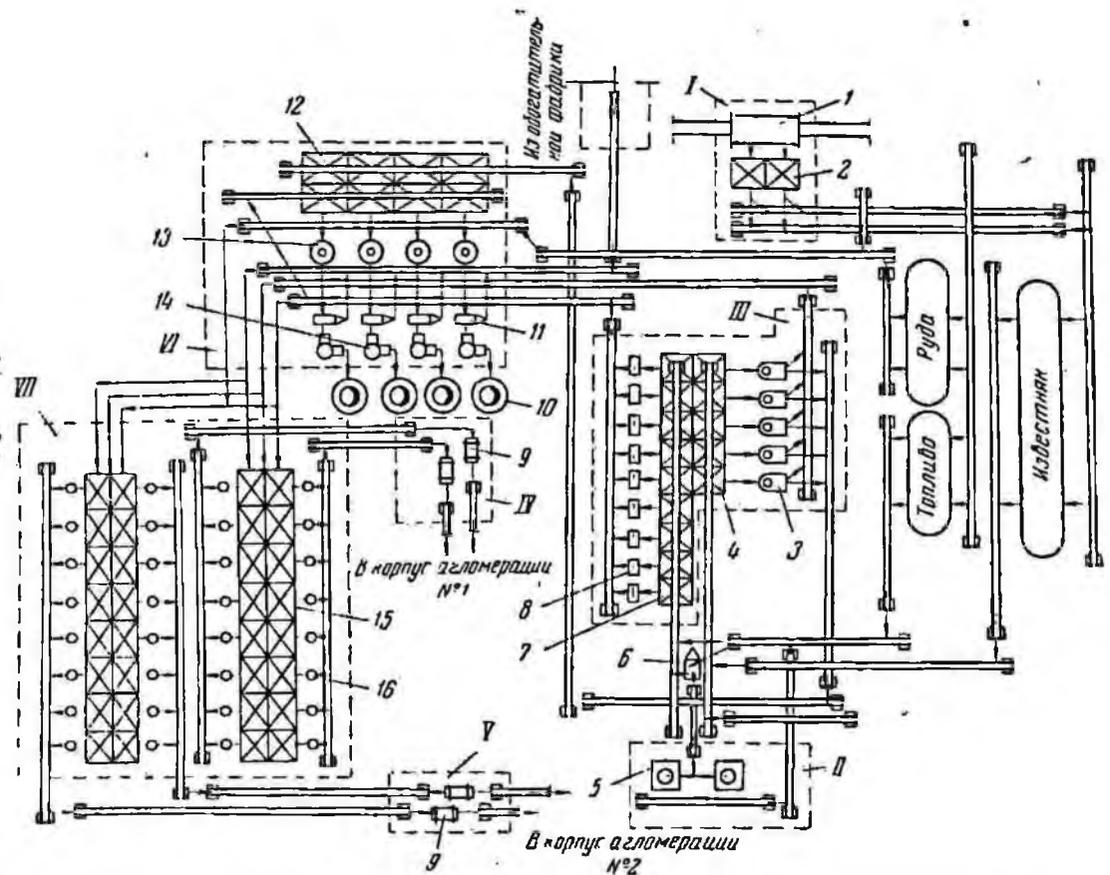


Рис. 5. Схема цепи аппаратов отделения подготовки сырья агломерационной фабрики НКГОКа:
 I — корпус вагоноопрокидывателя; II — корпус дробления топлива; III — корпус дробления известняка и измельчения топлива; IV, V — корпуса первичного смешивания; VI — корпус обжига известняка; VII — корпус шихтовых бункеров;
 1 — вагоноопрокидыватель; 2, 4, 7, 12, 15 — приемные бункера; 3 — молотковая дробилка; 5 — короткоконусная дробилка КМД-1650; 6 — вибрационный грохот; 8 — четырехвалковая дробилка ДГ-900×700; 9 — барабанные смесители; 10 — дымовая труба; 11 — батарейный циклон;
 13 — обжигочная машина ОПР; 14 — дымосос Д-20; 16 — дисковый питатель

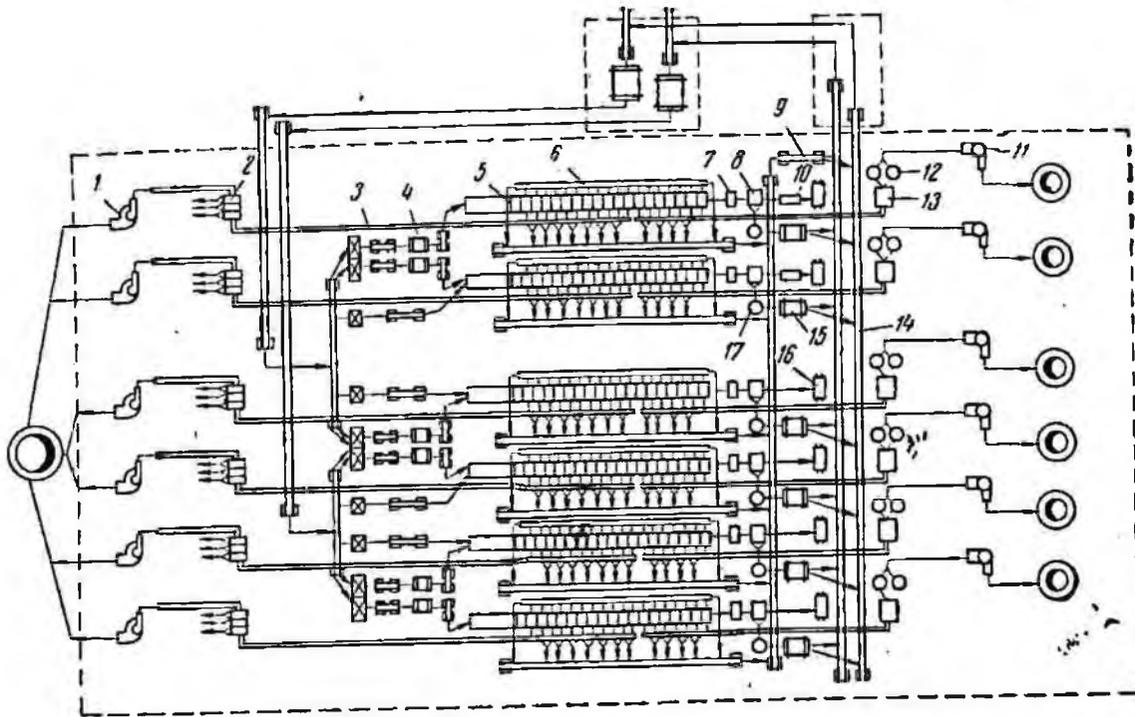


Рис. 6. Схема цепи основных аппаратов агломерационной фабрики № 2 НКГОКа:
 1 — эксгаустер 6500-11-1; 2 — батарейный циклон на 540 элементов; 3 — коллектор-газоход; 4 — барабанный смеситель; 5 — агломерационная машина АКМ 3-75; 6 — скрепер; 7 — механический грохот 2000×5000; 8 — бункер возврата; 9 — передвижной ленточный конвейер; 10 — пластинчатый питатель;
 11 — дымосос Д-21; 12 — циклон СНОТ; 13 — камера с уголковой решеткой; 14 — сборный ленточный конвейер; 15 — барабанный охладитель; 16 — хоппер; 17 — дисковый питатель

спекательных тележек из-под горна горение кокса происходит за счет кислорода воздуха, просасываемого эксгаустерами через слой шихты.

Агломерат из тележек разгружается в одновалковую дробилку, дробится и затем поступает на грохот, где разделяется на два класса. Готовый агломерат крупностью +20 мм по желобу загружается в железнодорожные вагоны. Фракция —20 мм (возврат) поступает в бункер, из которого питателями направляется в барабанный охладитель. Здесь возврат охлаждается водой до температуры 80° С и ленточными конвейерами направляется в корпус первичного смешивания.

Продукты горения, отсасываемые эксгаустерами, и воздух, просасываемый через агломерат дымососами, проходят вакуум-камеры и поступают в коллектор, где крупные фракции пыли осаждаются в пылевых бункерах. Более мелкая пыль улавливается перед эксгаустерами в батарейных циклонах, а перед дымососами — в мокрой пылеулавливающей установке, которая состоит из камеры с орошаемой уголкой решеткой и двух циклонов № 12 Свердловского института охраны труда (СИОТ). Из пылевых бункеров коллектора пыль через двухклапанные затворы выгружается на ленточный конвейер. На этот же конвейер направляется осыпь из-под холостой ветви агломерационной ленты. Пыль и осыпь подаются в барабанные охладители и вместе с возвратом направляются в корпус первичного смешивания. Из бункеров батарейных циклонов пыль удаляется водой. На НКГОКа имеется две аналогичные по технологии агломерационных фабрики.

На аглофабрике ЮГОКа железная руда выгружается из вагонов в приемные бункера, а дробленый известняк и кокс — в приемные воронки открытых складов, откуда грейферным краном загружаются в приемные бункера. Кокс конвейером направляется в корпус дробления, где установлены семь четырехвалковых дробилок.

Концентрат, железная руда, известняк и кокс системой ленточных конвейеров направляют в корпус шихтовых бункеров. Здесь материалы дозируют и конвейерами, расположенными в галерее, направляют в барабаны первичного смешивания шихты.

В отличие от агломерационных фабрик НКГОКа на фабриках № 1 и № 2 ЮГОКа шихта подогревается горячим возвратом. В корпусе агломерации имеется пять агломерационных машин с площадью спекания до 75 м². Спекание шихты заканчивается на последней 16 вакуум-камере. Агломерат после грохочения поступает в хопперы, а возврат через бункер и дисковый питатель — на конвейер с шихтой. Пыль из пылевых бункеров газовых коллекторов и осыпь из-под холостой ветви агломерационной ленты поступают через трубы и ваины с водой, откуда скребковыми конвейерами направляются на конвейеры с шихтой. Состав шихты на агломерационной фабрике ЮГОКа примерно такой же, как и на агломерационной фабрике НКГОКа.

Таблица 2

Характеристика воздушной среды в рабочих помещениях агломерационных фабрик НКГОКа и ЮГОКа*

Место измерения	Год	Фабрика № 2 НКГОКа				
		Запыленность воздуха, мг/м ³			Температура, °С	Относительная влажность, %
		минимальная	максимальная	средняя		
Помещение первичного смешивания шихты	1967	0,9	8,2	4,6	12—34	47—73
	1970	0,7	10,0	5,0	14—24	39—78
У привода барабанов вторичного смешивания	1967	0,6	9,3	5,8	8—25	48—75
	1970	1,0	8,0	3,4	12—26	51—68
У пульта управления агломерационных машин	1967	1,4	5,2	3,1	16—28	38—61
	1970	1,5	11,8	7,2	18—29	41—67
На площадке разгрузки агломерата со спекательных лент агломашин	1967	1,8	35,0	18,0	12—23	38—49
	1970	4,0	11,7	7,6	16—28	41—57
Возле бункеров возврата	1967	2,3	45,0	18,0	13—32	51—70
	1970	1,6	33,0	13,0	16—28	55—75
Возле барабанных охладителей возврата	1967	1,8	21,0	5,0	16—29	38—63
	1970	1,7	18,0	16,0	18—27	45—70

Продолжение табл. 2

Место измерения	Год	Фабрика № 1 ЮГОКа				
		Запыленность воздуха, мг/м ³			Температура, °С	Относительная влажность, %
		минимальная	максимальная	средняя		
Помещение первичного смешивания шихты	1967	1,1	8,5	4,0	20—29	38—57
	1970	0,4	5,3	2,3	16—24	59—60
У привода барабанов вторичного смешивания	1967	0,7	11,9	4,4	16—20	43—60
	1970	1,2	5,1	2,0	15—24	49—60
У пульта управления агломерационных машин	1967	0,9	21—00	7,4	25—28	41—57
	1970	0,8	4,8	2,1	22—25	58—61
На площадке разгрузки агломерата со спекательных лент агломашин	1967	1,4	58,0	18,0	27—30	40—55
	1970	0,4	4,6	2,4	7—26	62—71
Возле бункеров возврата	1967	1,1	9,3	5,4	18—28	63—71
	1970	0,2	8,9	2,5	22—28	59—63
Возле барабанных охладителей возврата	1967	—	—	—	—	—
	1970	—	—	—	—	—

* По данным Криворожской горсанэпидемстанции.

211585

В табл. 2 приведены сравнительные данные запыленности, температуры и влажности воздуха в отдельных рабочих помещениях агломерационных фабрик НКГОКа и ЮГОКа. Как видно, запыленность воздуха на рабочих местах агломерационной фабрики ЮГОКа, где применяется комплекс противопылевых мероприятий, снижена до предельно допустимой санитарными нормами.

На ЦГОКе для производства обожженных окатышей железного концентрата по проекту института Механобрчермет построена фабрика окомкования.

Процесс производства окатышей состоит из получения сырых окатышей, упрочнения их подсушкой при температуре 300—600° С и обжига при температуре 1200—1300° С.

Исходные материалы (концентрат, возврат, бентонит и известняк) загружаются конвейерами в бункера шихты (рис. 7), из которых подаются дисковыми и ленточными питателями на тарельчатые грануляторы. Сырые окатыши конвейерами направляются в спекательный корпус, где установлено восемь машин типа ОК-5-108. На обжиговой машине окатыши последовательно проходят зоны подсушки, обжига и охлаждения. Обожженные окатыши поступают на грохот. Класс +6 мм по желобу направляется в железнодорожные вагоны, а —6 мм (возврат) — в барабанные охладители, где охлаждается водой до температуры 50—70° С. Из барабанных охладителей возврат влажностью 6—8% выгружается на ленточные конвейеры, которыми направляется на грохота в корпус сортировки. Надрешетный продукт +3 мм (постель) поступает в спекательный корпус, а подрешетный —3 мм — в корпус измельчения.

Характеристика воздушной среды на фабриках окомкования аналогична характеристике воздушной среды агломерационных фабрик. Однако запыленность воздуха в корпусе обжига окатышей и особенно в цикле возврата значительно выше предельно допустимой санитарными нормами. Например, на рабочем месте машиниста барабанных охладителей возврата фабрики ЦГОКа концентрация пыли в 1969 г. составляла 16,0—124 мг/м³.

Пылеобразование на участках агломерационных и окомковательных фабрик происходит в результате дробления, измельчения, грохочения, смешивания, перегрузок и транспортирования шихтовых материалов. Интенсивное выделение пыли и пара наблюдается при охлаждении возврата водой и при подогреве шихты возвратом. Значительное количество пыли и тепла выделяется при перегрузке агломерата в железнодорожные вагоны, при спекании шихты и обжиге окатышей, при охлаждении возврата и его транспортировании. В спекательных корпусах имеет место выделение окиси углерода, а при спекании сернистых руд — сернистого газа.

Таким образом, технологические процессы переработки железных руд и концентратов и их спекание сопровождаются интенсивным выделением пыли, водяных паров, избыточного тепла и вредных газов, загрязняющих воздух рабочих помещений фабрик гор-

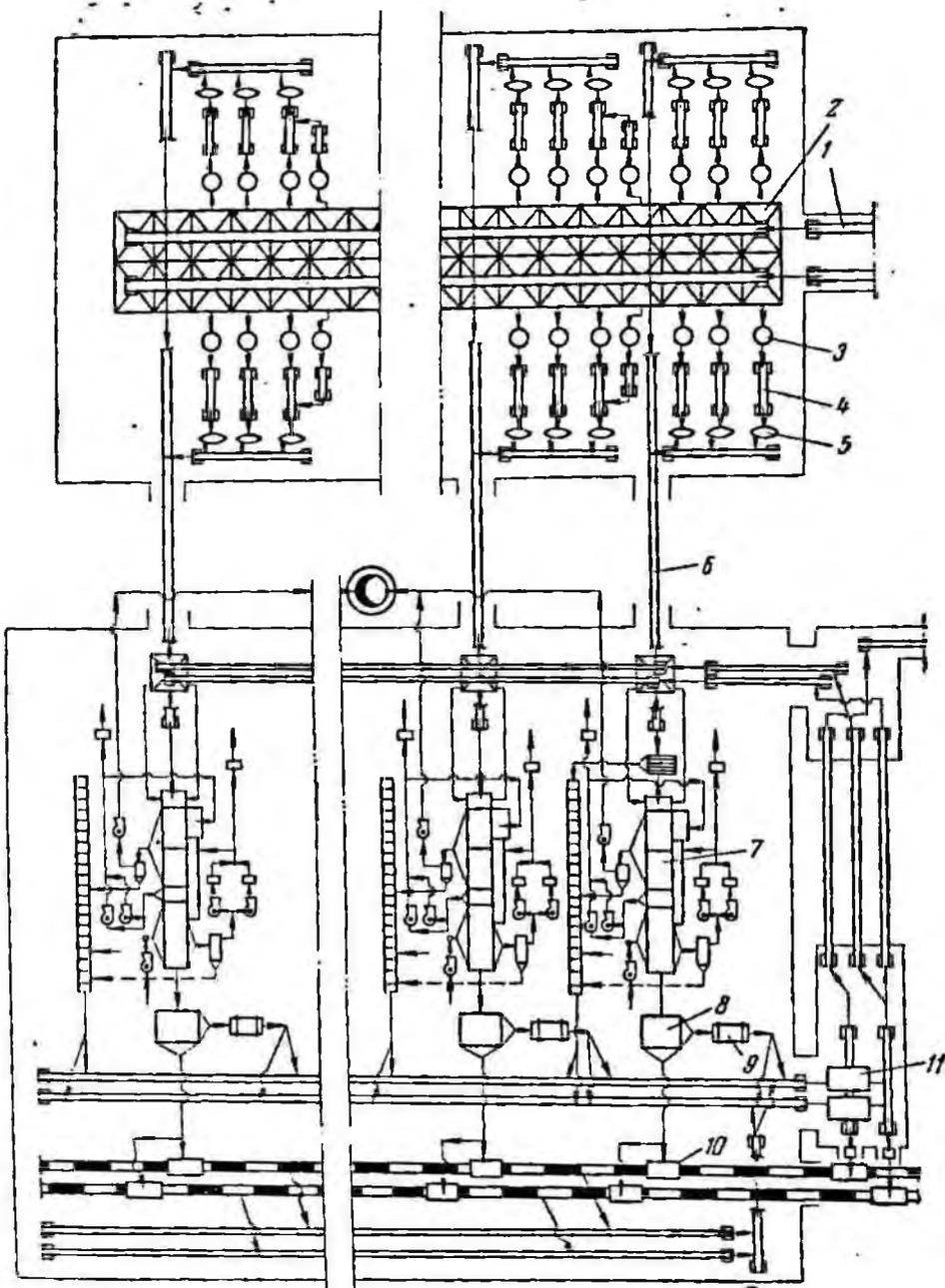


Рис. 7. Схема цепи основных аппаратов фабрики окомкования ЦГОКа:
 1 — конвейер для шихты; 2 — бункера шихты; 3 — дисковый питатель; 4 — ленточный
 питатель; 5 — тарельчатый гранулятор; 6 — конвейер для сырых окатышей; 7 — об-
 жиговая машина ОК-5-108; 8 — грохот для просеивания обожженных окатышей; 9 —
 барабанный охладитель; 10 — хоппер; 11 — грохот для просеивания возврата

нообогагательных комбинатов. Кроме того, концентрация вредностей в воздухе рабочих помещений увеличивается в результате взметывания осевшей пыли при вибрации оборудования и металлических конструкций, поступления вредностей с приточным воздухом и т. п.

На протяжении последних 10—15 лет предприятия, проектные и научно-исследовательские институты провели большую работу по нормализации условий труда на фабриках ГОКов. Это позволило на ряде предприятий, например на фабриках ЮГОКа и СевГОКа, снизить содержание пыли в воздухе рабочих помещений и в вентиляционных выбросах до концентраций, предусмотренных санитарными нормами. На этих предприятиях не превышает санитарные нормы содержание и других вредностей в воздухе рабочих помещений. Опыт предприятий должен быть распространен на все фабрики горнообогагательных комбинатов.

§ 5. МЕРОПРИЯТИЯ ПО НОРМАЛИЗАЦИИ УСЛОВИИ ТРУДА

Все современные средства и способы борьбы с производственными вредностями на фабриках горнообогагательных комбинатов можно разделить на следующие основные группы:

1. Вентиляция

Аспирация: перегрузок горячих материалов, перегрузок сыпучих материалов умеренной температуры, дробильно-измельчительного оборудования.

Общеобменная вентиляция.

2. Очистка вентиляционного воздуха от пыли

Механическими способами.

Фильтрами контактного действия.

Электрофильтрами.

3. Гидрообеспыливание

Увлажнение материалов.

Осаждение пыли диспергированной водой.

Мокрая уборка осевшей пыли.

Гидрообеспыливание при конвейерном транспорте.

4. Технологические мероприятия

Укрупнение и изменение технологий.

Усовершенствование конструкции оборудования.

Автоматизация производственных процессов.

5. Организационные мероприятия

Ремонт, контроль и наладка вентиляционного и санитарно-технического оборудования.

Обучение рабочих методам борьбы с пылью.
Периодические профилактические медицинские осмотры рабочих.

6. Дополнительные мероприятия

Индивидуальные средства защиты.

Изоляция рабочих мест устройством кабин с кондиционированием или подачей свежего воздуха.

Из рассмотренных мероприятий по нормализации условий труда наиболее распространенными на фабриках горнообогатительных комбинатов являются вентиляция, очистка вентиляционного воздуха от пыли, гидрообеспыливание и технологические мероприятия. Однако эффективное снижение концентраций вредных в воздухе рабочих помещений до санитарных норм и, следовательно, создание нормальных условий труда возможно в случае применения комплекса мероприятий.

Основные очаги загрязнения воздуха рабочих помещений фабрик железорудных горнообогатительных комбинатов и рекомендации по их ликвидации приведены в приложении I.

ГЛАВА II.

АСПИРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Особенности выделения пыли при транспортировании сыпучих материалов

Наиболее характерным источником выделения пыли на современных фабриках горнообогатительных комбинатов является конвейерный и самотечный (гравитационный) транспорт. Последний обычно выполняется в виде закрытых желобов и служит для пересыпок материалов с одного транспортирующего звена или оборудования на другое.

Перегрузочные узлы фабрик можно разделить на четыре группы (рис. 8):

перегрузка материала с конвейера на конвейер;

перегрузка материала с конвейера в технологическое оборудование;

выгрузка материала из технологического оборудования на конвейер;

перегрузка материала из одного оборудования в другое.

Во всех случаях перегружаемый материал поступает сначала в воронку, примыкающую к технологическому оборудованию или устанавливаемую у приводного барабана ленточного конвейера, затем под действием силы тяжести перемещается по наклонным или вертикальным желобам и поступает на нижерасположенный транспортирующий конвейер или в технологическое оборудование.

При этом пересыпаемый по желобу материал эжектирует воздух, нагнетая его в укрытие. Возникающее избыточное давление в укрытии выбивает запыленный воздух в рабочее помещение.

Качественное описание эжекции воздуха приведено в ранних работах отечественных и зарубежных исследователей [1—5]. Некоторые из них дают количественную оценку эжектирующих

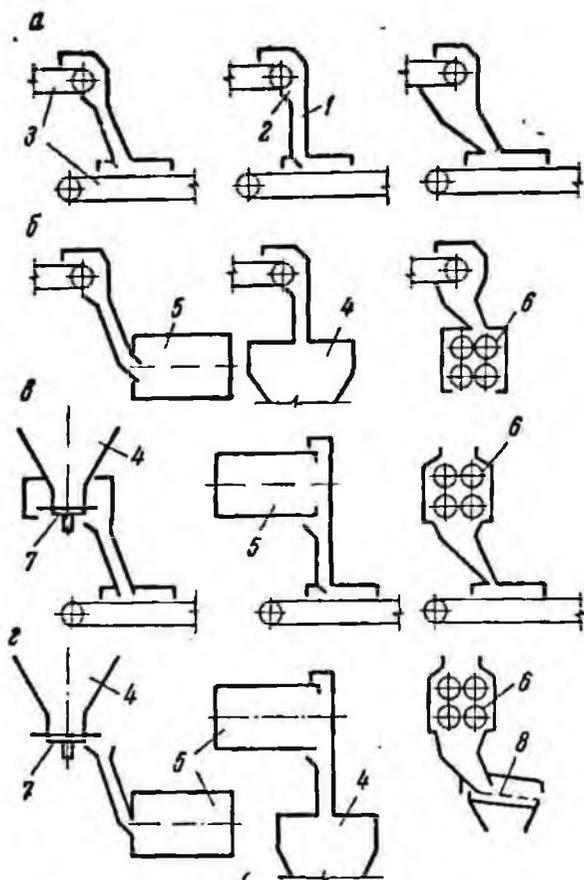


Рис. 8. Схемы перегрузок:

а — с конвейера на конвейер; б — с конвейера в оборудование; в — из оборудования на конвейер; г — из оборудования в оборудование; 1 — желоб; 2 — воронка; 3 — конвейеры; 4 — бункера; 5 — барабаны для охлаждения материала; 6 — дробилки; 7 — дисковые питатели; 8 — грохот

свойств падающего материала. Рекомендуемые этими авторами зависимости имеют ограниченное применение, так как не учитывают ряд факторов, оказывающих существенное влияние на количество эжектируемого воздуха. Так, В. А. Синцеров и В. Н. Павлов [3] предложили расчетные зависимости, не учитывающие крупность материала и распределение кусков по поперечному сечению желоба. М. С. Альтмарк [2] в исследованиях не учитывал

расход материала. Работы зарубежных исследователей Р. Принга, И. Кнадсена, Р. Денниса [5], изучавших эжекцию воздуха падающими каплями, имеют лишь познавательный характер.

На основании глубоких исследований М. Т. Камышенко [6] и А. С. Серенко [7] получены расчетные зависимости, учитывающие почти все основные параметры перегрузок. Однако полученные на экспериментальных установках данные не были обобщены для условий, отличных от эксперимента. Так, в работе [7] вне сферы наблюдений оказались наклонные желоба. В перечисленных работах не учитывалось также влияние разрежения в укрытии на объемы эжектируемого воздуха. А. В. Шелекетин [8] впервые попытался учесть этот фактор. Для расчета объемов воздуха он предложил эмпирическую зависимость, которая, однако, не учитывает крупность материала.

В зарубежной практике известны работы Крузе [9] и Хемеона. Однако полуэмпирический характер расчетных зависимостей, приведенных в этих работах, значительно ограничивает область их применения.

Впервые физически обоснованный количественный анализ явления эжекции был выполнен только в последние годы [11, 12, 13]. В этих работах эжекция воздуха рассматривается, как результат динамического взаимодействия частиц пересыпаемого материала и воздуха, определяемый в первую очередь конструктивными параметрами перегрузки и видом перегружаемого материала. По конструктивным особенностям различают перегрузку по желобам одинакового по длине сечения и по бункерообразным желобам. Первые, наиболее распространенные, делятся в свою очередь на перегрузку по наклонным, вертикальным желобам и желобам с поворотами (изломами).

Кроме того, в дальнейшем будем различать перегрузки материала в зависимости от гранулометрического состава, температуры и влажности материала.

Наиболее распространенными являются перегрузки материалов полифракционного состава (руда, агломерат, известняк и др.). Примером перегрузки монофракционного материала может служить перегрузка железорудных окатышей и цементного клинкера.

Особенностью перегрузок горячих материалов является наличие конвективных токов воздуха, возникающих в результате теплообмена и приводящих к перераспределению избыточных давлений в укрытиях и желобах. При перегрузках нагретых и влажных материалов в результате массообмена образуется водяной пар, количество которого иногда, например при охлаждении материала водой во вращающихся барабанах, очень велико.

Для горнообогатительных комбинатов характерны перегрузки кусковых (руда, агломерат, окатыши, известняк и др.) и мелкозернистых материалов (дробленый кокс, известняк, аглоруда и др.). Менее распространенными являются пересыпки порошкообразного материала (бентонит, измельченный известняк и др.). Пе-

ремещение их в большинстве случаев осуществляется пневмо- или гидротранспортом (фабрики окомкования ЦГОКа, СевГОКа и др.), являющимся с точки зрения поддержания санитарных условий труда лучшим по сравнению с конвейерным транспортом.

Особенности выделения пыли при дроблении сыпучих материалов

Для дробления и измельчения материалов на фабриках ГОКов применяются щековые и конусные, молотковые и четырехвалковые дробилки, барабанные (шаровые и стержневые) мельницы и мельницы самоизмельчения, реже дезинтеграторы.

По интенсивности пылеобразования эти машины можно разделить на три группы.

К первой группе относятся дробилки, при работе которых пыление происходит в основном вследствие образования избыточного давления в рабочей полости от поступающего дробимого материала и только частично от расщепления кусков материала и от движения рабочих органов. К этой группе относятся щековые и конусные дробилки.

Поток воздуха в таких дробилках направлен по ходу движения дробимого материала. Количество воздуха, отсасываемого из укрытия, определяется как для случая перегрузок сыпучих материалов с умеренной температурой.

Ко второй группе относятся машины, при работе которых в кожухах и укрытиях возникает избыточное давление, развиваемое рабочими органами, и направленное движение воздушного потока в желобах, который выбивает запыленный воздух в рабочие помещения. К машинам этого типа относятся дезинтеграторы, молотковые и четырехвалковые дробилки. Направленный воздушный поток в желобах, примыкающих к этому оборудованию, образуется не только в результате эжекционных свойств перегружаемого материала, но и благодаря вращению роторов, в аэродинамическом отношении подобных рабочему колесу нагнетателей. Поток воздуха в таких машинах направлен по ходу движения материала (дезинтеграторы, молотковые нереверсивные и четырехвалковые дробилки) и против (молотковые реверсивные дробилки).

Схема аспирации и метод расчета воздухообмена в укрытиях этих машин отличаются от обычных перегрузок [14].

К третьей группе дробильных машин относятся барабанные мельницы мелкого и тонкого измельчения материала. Работа этих машин при сухом измельчении сопровождается интенсивным выделением пыли вследствие рассыпания и раструски порошков. В эту группу входят барабанные мельницы (шаровые или стержневые) и мельницы самоизмельчения. Следует отметить, что при сухом измельчении мельницы работают в замкнутом цикле с воздушным классификатором: бункер — мельница — классификатор — циклон — мельница.

Применение того или иного типа дробилки и мельницы определяется их конструктивным устройством, физико-механическими и другими свойствами материала, потребной крупностью, пропускной способностью и другими факторами.

Общее уравнение для расчета аспирации технологического оборудования

В основу расчетных методов определения оптимального воздухообмена в аспирационных укрытиях технологического оборудования положено уравнение баланса массы: количество воздуха, отсасываемого из укрытия, равно количеству воздуха, поступающего в укрытие по желобу и через неплотности или рабочие проемы

$$G = G_{\text{н}} + G_{\text{ж}}, \quad (1)$$

где G — количество воздуха, отсасываемого из укрытия, кг/сек;
 $G_{\text{н}}$ — количество воздуха, поступающего в укрытие через неплотности и рабочие проемы, кг/сек;
 $G_{\text{ж}}$ — количество воздуха, поступающего в укрытие по желобу с материалом, кг/сек.

Количество воздуха, поступающего через неплотности и рабочие проемы, определяется величиной разрежения, поддерживаемого в укрытии, и общей площадью неплотностей и рассчитывается или по заданной (усредненной) скорости воздуха в проемах, или по заданному разрежению в укрытии.

$$G_{\text{н}} = \sum_{i=1}^N \mu_i \sqrt{2\rho_0 P_i} F_{\text{н}i}, \quad (2)$$

где N — количество отверстий в укрытии;
 μ_i — коэффициент расхода i -того отверстия;
 ρ_0 — плотность воздуха, поступающего через неплотности, кг/м³;
 P_i — разрежение в области i -того отверстия, н/м²;
 $F_{\text{н}i}$ — площадь i -того отверстия, м².

Коэффициент расхода можно выразить через коэффициент местного сопротивления

$$\mu_i = \zeta_i^{-0,5}. \quad (3)$$

В большинстве случаев неплотности относительно гидравлического сопротивления можно рассматривать как отверстия в тонкой стенке, для которых $\zeta_i = 2,4$ [15].

Разбивая неплотности на равновеликие по площади живого сечения и замеряя разрежения на внутренней поверхности стенки укрытия вблизи этих неплотностей, можно с учетом равенства (3) определить количество просасываемого воздуха

$$G_{\text{н}} = 0,65 F_{\text{н}} \sqrt{2\rho_0 P}, \quad (4)$$

где F_n — общая площадь неплотностей в укрытии, m^2 ;
 P — среднее разрежение в укрытии, равное

$$P = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{P_i} \right)^2, \text{ н/м}^2. \quad (5)$$

В расчетах среднее разрежение принимается оптимальным и определяется опытным путем. Для некоторых укрытий величина оптимального разрежения и площадь неплотностей приведены в приложении III.

Наибольшую трудность при проектировании аспирационных систем представляет определение количества воздуха, поступающего в укрытие с материалом $G_{ж}$. Это объясняется сложностью процесса взаимодействия материала с воздухом, а также необходимостью учета аэродинамических свойств некоторых видов технологического оборудования (молотковых и валковых дробилок, дезинтеграторов и т. д.), создающих избыточное давление в укрытиях.

§ 2. ПЕРЕГРУЗКИ ГОРЯЧИХ МАТЕРИАЛОВ

В общем случае аспирации перегрузок, когда по желобу перемещается сыпучий материал с температурой, отличной от температуры окружающей среды, направленный поток воздуха в желобе образуется под действием двух основных сил: силы, характеризующей эжекционные свойства материала, и теплового напора, возникающего в результате теплообмена между материалом и воздухом. Очевидно, когда температура материала и воздуха одинаковы, тепловой напор равен нулю. Это частный случай — перегрузка холодных материалов.

Теоретически эжекцию воздуха подающим материалом можно объяснить с помощью основных уравнений механики двухкомпонентного потока газ — твердые частицы. Рассмотрим это для одномерного стационарного потока.

Интегрируя уравнение динамики газообразного компонента, можно записать равенство, выражающее закон изменения кинетической энергии единичного объема,

$$\begin{aligned} \rho_r^k (v_r^k)^2 - \rho_r^0 (v_r^0)^2 = & - (P_k - P_0) - \int_0^l (\rho_0 - \rho_r) g \sin \beta dx - \\ & - \lambda \frac{1}{D} \int_0^l \frac{|v_r| v_r}{2} \rho_r dx + \int_0^l s_{кс} \frac{|v_r - v_r^0| (v_r - v_r^0)}{2} \rho_r dx, \end{aligned} \quad (6)$$

где ρ_r^0, ρ_r^k — плотность воздуха в начале и в конце желоба, $кг/м^3$;
 v_r^0, v_r^k — скорость воздуха в начале и в конце желоба, $м/сек$;
 P_0, P_k — давление в начале и в конце желоба, $н/м^2$;
 l, D — длина желоба и его гидравлический диаметр, $м$;
 ρ_0, ρ_r — плотность воздуха в помещении и в желобе, $кг/м^3$;
 g — ускорение силы тяжести, $м/сек^2$;
 β — угол наклона желоба к горизонту, $град$;

λ — коэффициент гидравлического сопротивления желоба;
 u_r, u_T — скорость воздуха и материала в желобе, м/сек;
 s — объемная концентрация материала в желобе, м/м³;

κ — отношение площади миделева сечения частицы к ее объему, $\frac{1}{\text{м}}$;

c — коэффициент лобового сопротивления частицы.

Второй член правой части равенства (тепловой напор) характеризует архимедовы силы, обусловленные межкомпонентным тепло- и массообменом, а последний член, условно названный эжекционным напором, учитывает суммарное аэродинамическое сопротивление частиц материала, перегружаемого по желобу.

Знак абсолютной величины в последних двух членах равенства (6) указывает на перемену направления действия силы сопротивления стенок желоба при изменении направления потока воздуха и эжекционного напора при движении частиц материала со скоростью, меньшей скорости воздушного потока. За положительное направление сил и скоростей принято направление вдоль оси желоба сверху вниз.

После несложных преобразований равенства (6) получим

$$v_r^{\kappa} = \frac{P_3 - P_T + P_2 - P_1}{\sum \zeta^* \frac{|v_r^{\kappa}|}{2} \rho_r^{\kappa}}, \quad (7)$$

где $\sum \zeta^*$ — приведенная сумма коэффициентов местных сопротивлений желоба;

P_1, P_2 — величина разрежения в верхнем и нижнем укрытии, н/м² (см. приложение III);

P_3 — эжекционный напор, равный

$$P_3 = \int_0^l s \kappa c \frac{|u_T - v_r| (u_T - v_r)}{2} \rho_r dx, \text{ н/м}^2; \quad (8)$$

P_T — тепловой напор, равный

$$P_T = \int_0^l (\rho_0 - \rho_r) g \sin \beta dx, \text{ н/м}^2. \quad (9)$$

Равенство (7) показывает, что скорость воздуха и направление его движения в неаспирируемом желобе определяются разностью напоров $P_3 - P_T$.

При положительной величине разности, скорость паровоздушной смеси положительная, т. е. направление потока газа совпадает с направлением движения пересыпаемого материала. Количество воздуха, проходящего по желобу, в этом случае определяется по формуле

$$G_{ж} = F \sqrt{\frac{P_3 - P_T + P_2 - P_1}{\zeta_{ж}^h \frac{1}{2\rho_r^{\kappa}} + \frac{1}{\rho_r^{\kappa}} - \left(\frac{1+m_0}{1+m_k}\right)^2 \frac{1}{\rho_r^0}}}, \quad (10)$$

где $\zeta_{ж}^h$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений, отнесенных к скорости воздуха в конце желоба (см. приложения IV);

m_0, m_k — влагосодержание воздуха в начале и в конце желоба, кг/кг (см. приложение V).

Когда тепловой напор больше эжекционного, воздух поступает в верхнее укрытие. Расход его равен

$$G_{ж} = F \sqrt{\frac{P_{\tau} - P_{э} + P_1 - P_2}{\frac{1}{\rho_r^k} \left(\frac{1 + m_k}{1 + m_0} \right)^2 (0,5 \xi_{ж}^a - 1) + \frac{1}{\rho_r^0}}}, \quad (11)$$

где $\xi_{ж}^a$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений желоба при движении воздуха вверх (см. приложение IV).

Таким образом, количество воздуха, поступающего в укрытие по желобу, можно рассчитать, если известны тепловой и эжекционный напоры.

Для равноускоренного движения материала по желобу, которое бывает практически при всех перегрузках горячих материалов на фабриках окускования, эжекционный напор равен

$$P_{э} = \frac{\bar{c} \varepsilon G_{\tau} [|v_k - v_r|^3 - |v_0 - v_r|^3]}{4dFa_{\tau}}, \quad (12)$$

где \bar{c} — усредненный по длине желоба коэффициент лобового сопротивления, условно названный приведенным коэффициентом сопротивления;

ε — отношение плотности воздуха к плотности материала;

G_{τ} — расход материала, кг/сек;

v_0, v_k — скорость материала в начале и в конце желоба, м/сек;

d — средний диаметр частиц, м;

a_{τ} — ускорение движения материала в желобе, м/сек².

Как показали многочисленные исследования, приведенный коэффициент лобового сопротивления зависит от объемной концентрации и крупности частиц. Объясняется это влиянием стесненности на гидродинамические условия обтекания частиц.

В результате обработки опытных данных для материалов перерабатываемых на фабриках ГОКов, при $10^{-4} < s < 10^{-2}$ получена эмпирическая зависимость

$$\bar{c} = 1,8 \exp\left(-\frac{2,3}{d \cdot 10^3} \sqrt{s \cdot 10^3}\right), \quad (13)$$

где \bar{s} — усредненная по длине желоба объемная концентрация материала, равная

$$\bar{s} = \frac{2G_{\tau}}{\rho_r F (v_0 + v_k)}, \quad (14)$$

где ρ_r — плотность материала, кг/м³.

Для материалов полифракционного состава средний диаметр частиц рассчитывается по формуле

$$d = \sum_{i=1}^N y_i d_i, \quad (15)$$

где y_i — массовая доля частиц i -той фракции;
 d_i — диаметр частиц i -той фракции, м.

Скорость материала в конце желоба, где поток не отклоняется стенками, определяется по формуле

$$v_k = \sqrt{2gH}, \quad (16)$$

где g — ускорение силы тяжести, м/сек²;
 H — вертикальное расстояние от верха приводного барабана верхнего конвейера до входа материала в нижнее укрытие, м.

Материал, сбрасываемый с конвейера, встретится со стенкой (рис. 9), если

$$H_1 = \frac{g\tau_1^2}{2} < H_0, \quad (17)$$

где τ_1 — время, необходимое для достижения материалом стенки укрытия при движении с горизонтальной скоростью, равной скорости конвейера, сек;

$$\tau_1 = \frac{l_r}{v_{\text{конв}}},$$

где l_r — горизонтальное расстояние от оси барабана до стенки укрытия, м;

$v_{\text{конв}}$ — скорость подающего (верхнего) конвейера, м/сек.

В этом случае для определения коэффициента уменьшения скорости материала в результате встречи со стенкой необходимо определить угол поворота

$$\gamma = 180^\circ - \left(\beta_0 + \arctg \frac{4,43 \sqrt{H_1}}{v_{\text{конв}}} \right), \quad (18)$$

где β_0 — угол наклона стенки.

Скорость v_i при наличии поворотов желоба и при встрече потока материала со стенкой определяют последовательным расчетом всех прямолинейных участков по формуле

$$v_i = \sqrt{(v_{i-1} k_{ni})^2 + 2a_{\tau i} \frac{H_i}{\sin \beta_i}}, \quad (19)$$

где v_{i-1} — скорость движения материала в конце предыдущего участка желоба или в момент встречи со стенкой (в последнем случае v_{i-1} , определяется как равнодей-

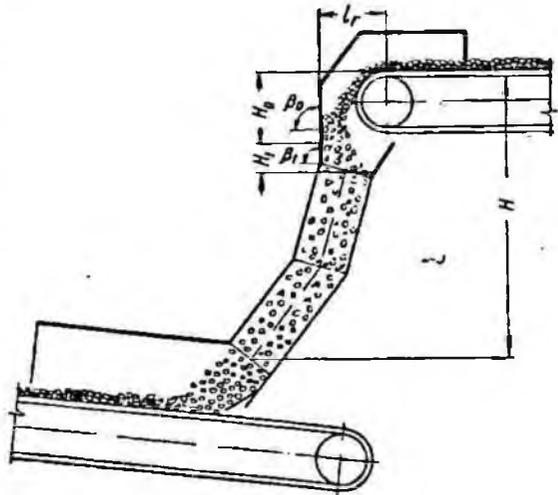


Рис. 9. Расчетная схема для определения конечной скорости движения материала.

ствующая векторов скорости $v_{\text{нов}}$ и скорости, приобретаемой при вертикальном падении на расстоянии $H=H_1$), м/сек;

k_{ni} — коэффициент уменьшения скорости при повороте потока в начале i -того участка или при встрече со стенкой;

$a_{\tau i}$ — ускорение материала на i -том участке желоба;

H_i — высота перепада материала на i -том прямолинейном участке желоба, м;

β_i — угол наклона i -того участка желоба к горизонтальной плоскости, град.

$$a_{\tau i} = g(1 - f_{\text{тр}} \operatorname{ctg} \beta_i) \sin \beta_i, \quad (20)$$

где $f_{\text{тр}}$ — коэффициент трения движущегося материала о днище желоба (при стальном днище $f_{\text{тр}}=0,51$, при породной подушке $f_{\text{тр}}=0,7$).

Значение k_{ni} в зависимости от угла поворота следующее:

Угол поворота, град	5	10	20	30	40	45
k_{ni}	1,0	0,97	0,93	0,85	0,75	0,69

Скорость v_k определяется последовательным расчетом всех прямолинейных участков желоба. Расчетное ускорение, которое получает материал, определяется по формуле

$$a_{\tau} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_{\tau i}, \quad (21)$$

где N — количество прямолинейных участков желоба.

Скорость материала в начале желоба v_0 определяется по формуле

$$v_0 = v_{\text{вх}} \sin \beta_1, \quad (22)$$

где $v_{\text{вх}}$ — скорость материала при входе в первый участок желоба, м/сек;

β_1 — угол наклона первого участка желоба, град.

Величина теплового напора зависит от интенсивности межкомпонентного теплообмена и определяется изменением температуры воздуха по длине желоба. Для практических расчетов можно использовать следующую зависимость:

$$P_m = \frac{\rho_0 - \rho_y}{2} gH, \quad (23)$$

где ρ_y — плотность воздуха, поступающего в укрытие по желобу, кг/м³;

H — высота перепада материала, м.

Учитывая сложность расчета межкомпонентного теплообмена,

плотность воздуха ρ_y для перегрузок горячих материалов фабрик окускования рекомендуется определять при температуре

$$t_y = k_t \frac{t_0 + t_T}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (24)$$

где t_0 — температура воздуха в помещении, $^\circ\text{C}$;

t_T — температура материала, $^\circ\text{C}$;

k_t — поправочный коэффициент, определяемый в зависимости от разности температур ($\Delta t = t_T - t_0$) по табл. 3.

Следует отметить, что данные этой таблицы получены на основании опытных замеров в условиях фабрик окускования. Для применения их при расчете аспирации перегрузок других производств необходимо провести дополнительные испытания.

Как правило, в условиях фабрик окускования направленный воздушный поток в желобах формируется по схеме прямотока. Для локализации пылевывделений предусматривается установка верхнего и нижнего аспирационных укрытий.

Производительность отсосов рассчитывается по формулам: для верхнего укрытия

$$G_1 = G_{н1} - G_{ж} \frac{1 + m_0}{1 + m_k}, \quad (25)$$

для нижнего укрытия

$$G_2 = G_{н2} + G_{ж}, \quad (26)$$

где G_1, G_2 — производительность соответственно верхнего и нижнего отсосов, кг/сек;

$G_{н1}, G_{н2}$ — количество воздуха, просасываемого через неплотности соответственно верхнего и нижнего укрытий, кг/сек.

Порядок расчета.

При исходных данных определяются:

по формуле (15) средний (условный) диаметр материала;

по формулам (16—22) — скорость материала в начале и в конце желоба, а также ускорение a_T ;

по формуле (14) объемная концентрация материала в желобе;

по формуле (13) приведенный коэффициент лобового сопротивления.

Рассчитывается количество воздуха, поступающего по желобу в нижнее укрытие.

Для этого определяют по формуле (23) тепловой напор, задаются скоростью воздуха v_T и по формуле (12) рассчитывают эжек-

Таблица 3
Поправочный коэффициент k_t

Δt	k_t	Δt	k_t
15—50	1,0	200—300	0,60
50—100	0,9	300—400	0,55
100—150	0,75	400—500	0,50
150—200	0,65	500—600	0,45

ционный напор. Затем по формуле (10) определяют количество воздуха, поступающего в укрытие, и рассчитывают истинную скорость

$$v_{н} = \frac{G_{г}}{\rho_{г} F} . \quad (27)$$

Если окажется, что $v_{н}$ не равна заранее принятой скорости $v_{г}$, делают перерасчет, вновь задавая скорость, и т. д. до тех пор, пока не станет

$$\frac{v_{н} - v_{г}}{v_{н}} \leq 0,1 .$$

За расчетную величину принимают

$$v = \frac{v_{н} + v_{г}}{2} . \quad (28)$$

количество воздуха, поступающего в укрытие по желобу, определяют по формуле

$$G_{ж} = v \rho_{г} F . \quad (29)$$

Определяют производительность местных отсосов.

Для этого по формуле (4) рассчитывают количество воздуха, просасываемого через неплотности укрытия. При этом площадь неплотностей принимается по данным приложения III. Затем по формулам (25) и (26) определяется производительность местных отсосов.

В процессе расчетов может оказаться, что $G_1 < 0$. Это значит, что для обеспыливания перегрузки достаточно только нижнего отсоса. Производительность рассчитывают в такой же последовательности, однако при расчете количества воздуха $G_{ж}$ следует вместо формулы (10) использовать равенство

$$G_{ж} = F \sqrt{\frac{P_3 - P_T + P_2}{\zeta'' \frac{1}{2\rho_{г}^k} + \frac{1}{\rho_{г}^k} - \left(\frac{1+m_0}{1+m_k}\right)^2 \frac{1}{\rho_{г}^0}}} , \quad (30)$$

где ζ'' — сумма коэффициентов местных сопротивлений с учетом сопротивления входа воздуха в верхнее укрытие (см. приложение IV).

При расчете по формуле (10) может оказаться, что $P_3 - P_T + P_2 - P_1 < 0$. Это значит, что воздух в желобе движется вверх (из нижнего укрытия в верхнее). Расчет производительности местных отсосов выполняется в той же последовательности, однако при расчете количества воздуха, поступающего в укрытие по желобу, следует пользоваться вместо формулы (10) равенством (11). Производительность местных отсосов рассчитывается по формулам:

для верхнего укрытия

$$G_1 = G_{н1} + G_{ж}, \quad (31)$$

для нижнего укрытия

$$G_2 = G_{н2} - G_{ж} \frac{1 + m_k}{1 + m_0}. \quad (32)$$

Общий объем аспирации равен сумме объемов воздуха, просасываемого через неплотности верхнего и нижнего укрытий, и паров, образующихся при перегрузках нагретых влажных материалов. Приведенные расчетные зависимости позволяют определить перераспределение этих объемов между верхним и нижним отсосами. Учитывая, что исходные данные ненадежны и что некоторые из них ориентировочны (оптимальное разрежение в укрытиях, площадь неплотностей), при расчете производительности отсосов для горячих материалов следует вводить коэффициенты запаса: для производительности верхнего отсоса $k_3 = 1,2$; для нижнего $k_3 = 1,1$.

Перегрузки сухих материалов

Перерабатываемые на фабриках горнообогатительных комбинатов горячие материалы (агломерат, окатыши, обожженный известняк, обожженная руда), как правило, сухие — влажность их не превышает 0,1%.

Водяной пар при перегрузках таких материалов практически не выделяется. Паровыделение происходит только при транспортировании горячих материалов после орошения водой (в барабанных охладителях и в смесительных барабанах) или после смешивания их с холодным влажным материалом.

Расчет аспирации перегрузок сухих горячих материалов несколько упрощается, так как из расчетных формул (10, 11, 25, 30, 32) исключается член $\frac{1 + m_k}{1 + m_0} = 1$, учитывающий увеличение влагосодержания, поскольку из-за отсутствия межкомпонентного массообмена влагосодержание воздуха в желобе не изменяется.

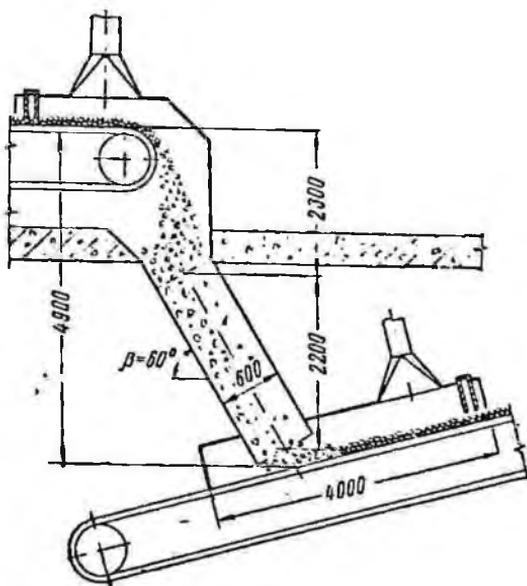


Рис. 10. Расчетная схема для определения объема аспирации при перегрузке материала с конвейера на конвейер

Пример 1. Определить объемы аспирации при перегрузке сухого возврата с конвейера на конвейер (рис. 10).

Исходные данные:

расход возврата $G_T = 38 \text{ кг/сек}$;

гранулометрический состав возврата:

Класс, мм	20—10	10—5	5—2,5	2,5—1,25	1,25—0,63	0,63—0
Выход, %	2	31	25	24	8	10

температура возврата $t_T = 100^\circ \text{C}$;

плотность возврата $\rho_T = 3700 \text{ кг/м}^3$;

температура воздуха в помещении $t_0 = 18^\circ \text{C}$;

высота перепада возврата $H = 4,9 \text{ м}$;

площадь поперечного сечения желоба $F = 0,36 \text{ м}^2$;

ширина верхнего конвейера $B_K = 800 \text{ мм}$;

периметр нижнего укрытия в плане $\Pi = 10 \text{ м}$;

площади неплотностей и оптимальные разрежения в укрытиях (см. приложение III) равны: $F_{П1} = 0,96 \text{ м}^2$, $P_1 = 5 \text{ н/м}^2$; $F_{П2} = 0,02 \cdot 10 = 0,2 \text{ м}^2$, $P_2 = 8 \text{ н/м}^2$;

$$d = 0,01 (15 \cdot 2 + 7,5 \cdot 31 + 3 \cdot 75 \cdot 25 + 1,88 \cdot 24 + 0,99 \cdot 8 + 0,315 \cdot 10) = 4,1 \text{ мм};$$

$$v_0 = \sqrt{19,6 \cdot 2,3} \sin 60^\circ = 5,8 \text{ м/сек};$$

$$a_T = 9,8 (1 - 0,51 \operatorname{ctg} 60^\circ) \sin 60^\circ = 6,0 \text{ м/сек}^2;$$

$$v_K = \sqrt{5,8^2 + 2 \cdot 6,0 \frac{2,2}{\sin 60^\circ}} = 8,0 \text{ м/сек};$$

$$\bar{s} = \frac{2 \cdot 38}{3700 \cdot 0,36 (5,8 + 8,0)} = 4,1 \cdot 10^{-3};$$

$$\bar{c} = 1,8 \exp\left(-\frac{2,3}{4,1} \sqrt{4,1}\right) = 0,6.$$

1. Определяем количество воздуха, поступающего по желобу в нижнее укрытие.

Вычисляем тепловой напор [$\rho_0 = 1,213 \text{ кг/м}^3$ при $t_0 = 18^\circ \text{C}$; $\rho_T = 1,083 \text{ кг/м}^3$ при

$$t_v = 0,9 \frac{100 + 18}{2} = 53^\circ \text{C}, \text{ (см. приложение V)}$$

$$P_T = \frac{1,213 - 1,083}{2} 9,8 \cdot 4,9 = 3,1 \text{ н/м}^2.$$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений (см. приложение IV) равна

$$\zeta_{ж}^H = 0,3 + 0,3 + 1,05 = 1,65.$$

По формуле (10) находим

$$G_{ж} = 0,36 \sqrt{\frac{P_3 - 3,1 + 8 - 5}{\frac{1,65}{2 \cdot 1,083} + \frac{1}{1,083} - \frac{1}{1,213}}} = 0,39 \sqrt{P_3 - 0,1}, \text{ кг/сек.}$$

С учетом формул (27) и (12)

$$v_r = \frac{0,39 \sqrt{P_3 - 0,1}}{1,083 \cdot 0,36} = \sqrt{P_3 - 0,1}, \text{ м/сек;} \quad (A)$$

$$P_3 = \frac{0,6 \cdot 1,083 \cdot 38 [|8,0 - v_r|^3 - |5,8 - v_r|^3]}{3700 \cdot 4 \cdot 0,0041 \cdot 0,36 \cdot 6} =$$

$$= 0,189 [|8,0 - v_r|^3 - |5,8 - v_r|^3], \text{ н/м}^2. \quad (B)$$

Решая методом последовательных приближений совместно равенства (A) и (B), находим расчетную скорость воздуха, поступающего по желобу в нижнее укрытие
 $v = 3,75 \text{ м/сек}$,
 и его расход

$$G_{ж} = 3,75 \cdot 1,083 \cdot 0,36 = 1,46 \text{ кг/сек.}$$

2. Определяем производительность отсосов.

По формуле (4) находим

$$G_{н1} = 0,65 \cdot 0,96 \sqrt{2 \cdot 5 \cdot 1,213} = 2,18 \text{ кг/сек.}$$

$$G_{н2} = 0,65 \cdot 0,2 \sqrt{2 \cdot 8 \cdot 1,213} = 0,57 \text{ кг/сек.}$$

Тогда производительность отсосов с учетом коэффициентов запаса равна

$$G_1 = (2,18 - 1,46) 1,2 = 0,86 \text{ кг/сек.}$$

$$G_2 = (0,57 + 1,46) 1,1 = 2,24 \text{ кг/сек.}$$

Для неагретого возврата расчет намяного упрощается ($\rho_{г} = \rho_0 = 1,213 \text{ кг/м}^3$; $P_{г} = 0$).

Учитывая, что нужен только один (нижний) отсос, по формуле (30) определяем

$$G_{ж} = F \sqrt{\frac{P_3 + P_1}{\zeta_{н} \frac{1}{2\rho_0}}} = 0,36 \sqrt{\frac{P_3 + 8}{\frac{2,0}{2 \cdot 1,213}}} =$$

$$= 0,4 \sqrt{P_3 + 8}, \text{ кг/сек.}$$

где

$$\zeta_{н} = 1,65 + 2,4 \left(\frac{0,36}{0,96} \right)^2 = 2,0.$$

Откуда

$$v_r = 0,91 \sqrt{P_3 + 8}, \text{ м/сек.} \quad (C)$$

где

$$P_3 = 0,2 [|8,0 - v_r|^3 - |5,8 - v_r|^3], \text{ н/м}^2. \quad (D)$$

Решая совместно равенства (C) и (D), находим расчетное значение скорости ($v_r = 4,0 \text{ м/сек}$) и расход воздуха, поступающего по желобу в нижнее укрытие

$$G_{ж} = 4,0 \cdot 1,213 \cdot 0,36 = 1,75 \text{ кг/сек.}$$

Производительность нижнего отсоса составляет

$$G_2 = 0,57 + 1,75 = 2,32 \text{ кг/сек.}$$

Промышленные испытания местных отсосов на перегрузках горячих материалов агломерационных фабрик показали, что рассчитанные по приведенной методике объемы аспирации удовлетворительно совпадают с данными экспериментальных замеров. Относительная погрешность не превышает $\pm 15\%$.

Перегрузки влажных материалов

Влияние массообмена при перегрузках влажных материалов на объемы аспирации можно проследить на примере расчета аспирации барабанных охладителей.

Процесс охлаждения материала в барабанных охладителях сопровождается интенсивным выделением паров, проникающих вместе с пылью через неплотности и проемы в рабочие помещения. Для локализации выделяющихся вредностей в практике применяются емкие укрытия с различной схемой установки местных отсосов [16].

Аспирацию барабанных охладителей можно рассматривать как частный случай аспирации перегрузки горячего материала в большую емкость, где в результате тепло- и массообмена происходит еще и интенсивное выделение водяного пара.

Поэтому определить оптимальный объем отсасываемой смеси можно по описанной выше методике, рассматривая емкость барабана как нижнее укрытие загрузочного или как верхнее укрытие разгрузочного желоба. К необходимым объемам аспирации в этом случае добавляется объем выделяющихся паров.

Рассчитаем объемы воздухообмена в барабане на основе уравнения теплового баланса

$$G_T I_T + G_B I_B \pm \frac{G_1 I_1}{1 + m_1} + G_H I_H = G'_T I'_T + \frac{G_6 I_6}{1 + m_6} \pm \frac{G_2 I_2}{1 + m_2} + Q_m, \quad (33)$$

и уравнения массового баланса для сухой части воздуха

$$\frac{G_H}{1 + m_H} \pm \frac{G_1}{1 + m_1} = \frac{G_6}{1 + m_6} \pm \frac{G_2}{1 + m_2}, \quad (34)$$

- где G_T, G'_T — расход материала, загружаемого в барабан и выгружаемого из него, кг/сек;
 G_B — расход воды, подаваемой в барабан, кг/сек;
 G_1, G_2 — расход паровоздушной смеси в конце загрузочного и в начале разгрузочного желоба, кг/сек;
 G_6, G_H — расход смеси, аспирируемой из барабана и про-сасываемой через неплотности, кг/сек;
 I_T, I'_T — теплосодержание материала, поступающего в барабан и выгружаемого из него, кдж/кг;
 I_B — теплосодержание воды, поступающей в барабан, кдж/кг;
 I_1, I_2 — теплосодержание паровоздушной смеси в конце

загрузочного желоба и в начале разгрузочного, кдж/кг ;

I_6, I_n — теплосодержание аспирируемой смеси и смеси, просасываемой через неплотности, кдж/кг ;

m_1, m_2 — влагосодержание паровоздушной смеси в конце загрузочного и в начале разгрузочного желобов, кг/кг ;

m_n, m_6 — влагосодержание смеси, просасываемой в барабан через неплотности и аспирируемой из барабана, кг/кг ;

Q_T — теплопотери через стенки барабана и его укрытий, кдж/сек .

Знак плюс соответствует прямотоку (направление движения паровоздушной смеси и материала в желобах совпадают), а знак минус — противотоку (смесь движется навстречу перегружаемому материалу).

Анализ уравнения (33) показал, что практически количество тепла, вносимого в барабан материалом, намного выше тепла, поступающего с просасываемым воздухом и водой. Пренебрегая потерями тепла в окружающую среду, уравнение теплового баланса при прямотоке (что имеет место в большинстве случаев) принимает вид

$$G_T(I_T - I_T') = G_1(I_6 - I_1) + G_n I_6. \quad (35)$$

Откуда

$$I_6 = \frac{G_T(I_T - I_T') + G_1 I_1}{G_1 + G_n}. \quad (36)$$

Расчет объемов аспирации состоит из:

определения теплосодержания I_1 и количества воздуха G_1 , поступающего по загрузочному желобу в барабан;

определения количества воздуха G_n , просасываемого через неплотности в барабан;

расчета по формуле (36) теплосодержания I_6 паровоздушной смеси, уходящей по разгрузочному желобу и в местный отсос барабана. Так как удаляемая паровоздушная смесь насыщена, температуру и влагосодержание ее t_6 и m_6 следует определять по таблицам приложения V;

расчета количества паровоздушной смеси G_2 , уходящей по разгрузочному желобу в нижнее укрытие;

определения количества паровоздушной смеси, отсасываемой от барабана,

$$G_6 = (G_1 + G_n)(1 + m_6) - G_2. \quad (37)$$

Пример 2. Определить объемы аспирации барабанного охладителя возврата (рис. 11).

Исходные данные:

расход материала $G_T = 83,5 \text{ кг/сек}$;

гранулометрический состав возврата тот же, что и в примере 1;

температура возврата до охлаждения в барабане $t_T = 450^\circ \text{C}$, после охлаждения $t'_T = 100^\circ \text{C}$;

плотность возврата $\rho_T = 4100 \text{ кг/м}^3$;

температура воздуха в помещении $t_0 = 18^\circ \text{C}$;

высота перепада материала с пластинчатого питателя в барабан $H_1 = 3,75 \text{ м}$ и с барабана на конвейер $H_2 = 6 \text{ м}$;

угол наклона верхнего желоба $\beta_1 = 65^\circ$, нижнего — $\beta_2 = 90^\circ$;

площадь поперечного сечения верхнего желоба $F_1 = 0,8 \text{ м}^2$, нижнего — $F_2 = 1 \text{ м}^2$;

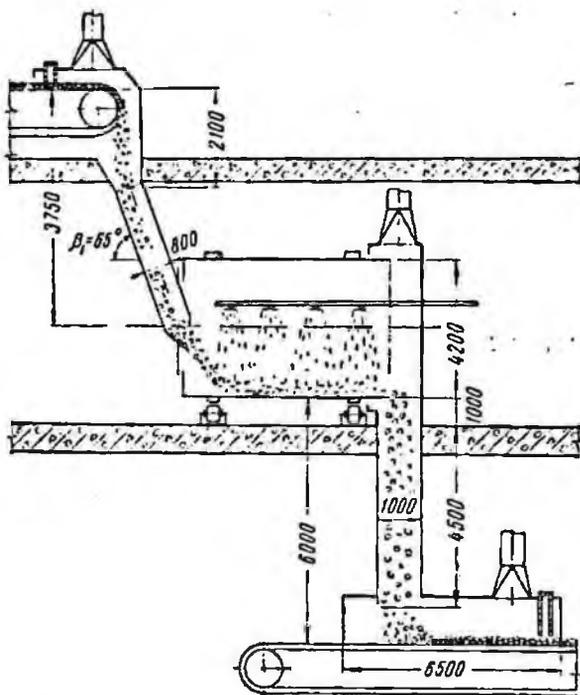


Рис. 11. Расчетная схема для определения объема аспирации при перегрузках, примыкающих к барабанному охладителю

площади неплотностей и оптимальные разрежения в укрытиях (см. приложение III):

приводного барабана пластинчатого питателя $F_{H1} = 1,4 \text{ м}^2$, $P_1 = 5 \text{ н/м}^2$;

барабанного охладителя $F_H = 0,5 \text{ м}^2$; $P_6 = 15 \text{ н/м}^2$;

башмака разгрузочного желоба $F_{H2} = 0,3 \text{ м}^2$; $P_2 = 8 \text{ н/м}^2$;

средний диаметр частиц возврата $d = 4,1 \text{ мм}$ (см. пример 1);

ускорение и скорости материала в начале и в конце загрузочного желоба

$$v'_0 = \sqrt{19,6 \cdot 2,1 \sin 65^\circ} = 5,8 \text{ м/сек};$$

$$a'_T = (1 - 0,51 \text{ ctg } 65^\circ) 9,8 \cdot \sin 65^\circ = 6,75 \text{ м/сек}^2;$$

$$v'_K = \sqrt{5,8^2 + 2 \cdot 6,75 \frac{1,65}{\sin 65^\circ}} = 7,6 \text{ м/сек};$$

ускорение и скорости материала в начале и в конце разгрузочного желоба

$$v''_0 = 19,6 \cdot 1,0 = 4,4 \text{ м/сек};$$

$$a''_r = 9,8 \text{ м/сек}^2;$$

$$v''_k = \sqrt{4,4^2 + 2 \cdot 9,8 \cdot 4,5} = 10,4 \text{ м/сек};$$

усредненная объемная концентрация материала:
в загрузочном желобе

$$\bar{s}' = \frac{2 \cdot 83,5}{4100 \cdot 0,8 (5,8 + 7,6)} = 3,8 \cdot 10^{-3},$$

в разгрузочном желобе

$$\bar{s}'' = \frac{2 \cdot 83,5}{4100 \cdot 1,0 (4,4 + 10,4)} = 2,75 \cdot 10^{-3}.$$

Приведенный коэффициент лобового сопротивления частиц возврата:
в загрузочном желобе

$$\bar{c}' = 1,8 \exp\left(-\frac{2,3}{4,1} \sqrt{3,8}\right) = 0,6;$$

в разгрузочном желобе

$$\bar{c}'' = 1,8 \exp\left(-\frac{2,3}{4,1} \sqrt{2,75}\right) = 0,71.$$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений:
для разгрузочного желоба

$$\zeta_{ж}^n = 0,3 + 0,3 + 1,05 = 1,65$$

для разгрузочного желоба

$$\zeta_{ж}^r = 0,3 + 1,05 = 1,35.$$

1. Определяем количество воздуха G_1 , поступающего по загрузочному желобу в барабанный охладитель.

Для этого рассчитываем:

температуру воздуха, поступающего по желобу в барабан

$$t'_y = 0,5 \frac{450 + 18}{2} = 117^\circ \text{C};$$

тепловой напор ($\rho'_y = 0,905 \text{ кг/м}^3$ при $t'_y = 117^\circ \text{C}$, $\rho'_0 = 1,213 \text{ кг/м}^3$ при $t'_0 = 18^\circ \text{C}$)

$$P'_r = \frac{1,213 - 0,905}{2} 9,8 \cdot 3,75 = 5,6 \text{ н/м}^2;$$

эжекционный напор

$$P_9 = \frac{0,6 \cdot 0,905 \cdot 83,5 [|7,6 - v_r|^3 - |5,8 - v_r|^3]}{4100 \cdot 4 \cdot 0,0041 \cdot 0,8 \cdot 6,75} =$$

$$= 0,125 [|7,6 - v_r|^3 - |5,8 - v_r|^3] \text{ н/м}^2; \quad (A)$$

скорость воздуха в желобе (при $m_0 = m_k$ — массообмен в загрузочном желобе отсутствует)

$$v_r = \frac{0,8}{0,905 \cdot 0,8} \sqrt{\frac{P_9 - 5,6 + 15 - 5}{\frac{1,65}{2 \cdot 0,905} + \frac{1}{0,905} - \frac{1}{1,213}}} =$$

$$= \sqrt{P_9 + 4,4} \text{ м/сек}. \quad (B)$$

Решая методом последовательных приближений совместно уравнения (А) и (В), находим расчетную скорость воздуха, поступающего в барабан,

$$v = 3,46 \text{ м/сек}$$

и расход воздуха

$$G_1 = 3,46 \cdot 0,8 \cdot 0,905 = 2,5 \text{ кг/сек.}$$

2. Определяем количество воздуха, поступающего через неплотности в укрытие пластинчатого питателя,

$$G_{\text{пл}} = 0,65 \cdot 1,4 \sqrt{2,5 \cdot 1,213} = 3,16 \text{ кг/сек.}$$

3. Определяем производительность отсоса пластинчатого питателя

$$G_{\text{пл}} = 3,16 - 2,50 = 0,66 \text{ кг/сек}$$

или с учетом коэффициента запаса

$$G_{\text{пл}} = 1,2 \cdot 0,66 = 0,79 \text{ кг/сек.}$$

4. Определяем количество воздуха, просасываемого через неплотности в барабан

$$G_{\text{бб}} = 0,65 \cdot 0,34 \sqrt{2,5 \cdot 1,213} = 1,36 \text{ кг/сек.}$$

5. Определяем теплосодержание, влагосодержание и температуру паровоздушной смеси, уходящей через разгрузочный желоб и в местный отсос барабана. По формуле (36) находим

$$I_6 = \frac{83,5 \cdot 0,75 (450 - 100) + 2,50 \cdot 1 \cdot 117}{2,50 + 1,36} = 5800 \text{ кДж/кг,}$$

где 0,75 — удельная теплоемкость возврата, $\text{кДж/кг} \cdot \text{град}$.

При заданном I_6 (см. приложение V) находим влагосодержание насыщенного воздуха $m'_0 = 2,14 \text{ кг/кг}$, его температуру $t'_0 = 93^\circ \text{C}$ и плотность $\rho'_0 = 0,682 \text{ кг/м}^3$.

6. Определяем общее количество паровоздушной смеси, уходящей из барабана

$$G_6 + G_{\text{в}} = (2,50 + 1,36)(1 + 2,14) = 12,1 \text{ кг/сек.}$$

7. Определяем количество паровоздушной смеси, поступающей из барабана в укрытие башмака нижнего желоба.

Для этого рассчитываем температуру паровоздушной смеси, поступающей по желобу в укрытие

$$t''_y = 1,0 \frac{93 + 100}{2} = 96^\circ \text{C.}$$

При $t''_y = 96^\circ \text{C}$ (см. приложение V) плотность смеси $\rho''_y = 0,643 \text{ кг/м}^3$ и влагосодержание $m''_y = 4 \text{ кг/кг}$ (см. приложение V).

Тепловой напор

$$P_r = \frac{1,213 - 0,643}{2} \cdot 9,8 \cdot 6 = 16,8 \text{ н/м}^2.$$

Эжекционный напор

$$P_s = \frac{0,7 \cdot 0,643 \cdot 83,5 [|10,4 - v_r|^3 - |4,4 - v_r|^3]}{4100 \cdot 4 \cdot 0,0041 \cdot 1 \cdot 9,8} = 0,058 [|10,4 - v_r|^3 - |4,4 - v_r|^3], \text{ н/м}^2. \text{ (C)}$$

Скорость воздуха в желобе

$$v_r = \frac{1}{0,643} \sqrt{\frac{P_2 - 16,8 + 8 - 15}{\frac{1,35}{2 \cdot 0,643} + \frac{1}{0,643} - \left(\frac{1+2,14}{1+4}\right)^2 \frac{1}{1,213}}} = 1,03 \sqrt{P_2 - 23,8}, \text{ м/сек. (D)}$$

Решая совместно равенства (C) и (D), находим скорость $v = 2,4$ м/сек и расход смеси, поступающей в укрытие башмака разгрузочного желоба,

$$G_2^* = 2,4 \cdot 0,643 \cdot 1,0 = 1,54 \text{ кг/сек.}$$

Количество паровоздушной смеси, уходящей из барабана по разгрузочному желобу, равно

$$G_2^* = 1,54 \frac{1+2,14}{1+4} = 0,97 \text{ кг/сек.}$$

8. Определяем производительность местного отсоса барабана

$$G_6 = 12,1 - 0,97 = 11,1 \text{ кг/сек}$$

или с учетом коэффициента запаса

$$G_6 = 1,2 \cdot 11,1 = 13,4 \text{ кг/сек.}$$

9. Определяем количество паровоздушной смеси, поступающей в укрытие башмака разгрузочного желоба через неплотности

$$G_{H2} = 0,65 \cdot 0,3 \sqrt{2 \cdot 8 \cdot 1,213} = 0,86 \text{ кг/сек.}$$

10. Определяем количество паровоздушной смеси, отсасываемой из укрытия башмака разгрузочного желоба,

$$G_{y6} = 0,86 + 1,54 = 2,40 \text{ кг/сек}$$

или с учетом коэффициента запаса

$$G_{y6} = 1,1 \cdot 2,40 = 2,64 \text{ кг/сек.}$$

Объемы аспирации, рассчитанные по приведенной методике, соответствуют данным экспериментальных испытаний местных отсосов барабанных охладителей обожженной руды ЦГОКа. Отклонение рассчитанных объемов аспирации от фактических колеблется в пределах 1,8—24%, в среднем 10%.

§ 3. ПЕРЕГРУЗКИ МАТЕРИАЛОВ УМЕРЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Направленный поток воздуха в желобах при перегрузках ненагретых материалов определяется только действием эжекционного напора. Как видно из равенства (7), направление воздушного потока совпадает с направлением движения потока материала (прямоток). Эжектируемый воздух поступает из верхнего укрытия в нижнее. Поэтому для эффективного обеспыливания перегрузок ненагретых материалов предусматривается устройство аспирируемых укрытий только в местах загрузки конвейеров.

Исходное уравнение для расчета объемов аспирации (6) в случае пересыпок холодных материалов упрощается. Левая часть этого равенства, учитывая посто-

янтво поперечного сечения желоба, равна нулю. Второй член правой части равен также нулю так как отсутствует межкомпонентный теплообмен.

Таким образом,

$$\zeta_n \frac{v_r^2}{2} \rho_0 = \int_0^l \text{сКс} \frac{|v_r - v_r| (v_r - v_r)}{2} \rho_0 dx + P_2 \quad (38)$$

или после несложных преобразований

$$\zeta_n \frac{\rho_0}{2F^2} L_3^3 = \int_0^l \frac{G_r}{\rho_r} \text{кС} \frac{|v_r - v_r| (v_r - v_r)}{2} \psi \rho_0 dx + P_2 L_3, \quad (39)$$

где ζ_n — сумма коэффициентов местных сопротивлений желоба с учетом входа воздуха в верхнее укрытие (см. приложение IV);

L_3 — количество эжектируемого воздуха, $\text{м}^3/\text{сек}$;

ψ — коэффициент скольжения фаз.

Уравнение (39) решено при $\Psi = \bar{\Psi} = 1$ и $v_r - v_r > 0$. В этом случае имеем [11, 17]

$$\zeta_n \frac{\rho_0}{2F^2} L_3^3 = \int_0^l n P_n dx, \quad (40)$$

где n — количество падающих частиц, сек^{-1} , ($n = \frac{G_r}{\rho_r \Omega_r}$);

Ω_r — объем частицы, м^3 ;

P_n — сила лобового сопротивления

$$P_n = cf \frac{(v_r - v_r)^2}{2} \rho_0, \quad \text{н}/\text{м}^2, \quad (41)$$

где f — площадь миделева сечения, м^2 .

Наиболее совершенные методики расчета количества аспирируемого воздуха при перегрузках холодных материалов основаны на уравнении (40). Несмотря на некоторые допущения, принятые при выводе этого уравнения, главным из которых является одномерность потока, разработанные на этой основе методики удовлетворительно описывают явление эжекции в реальных условиях и получают все большее распространение в практике проектирования [18, 19].

При решении уравнения (40) и разработке методики расчета возникла необходимость все холодные материалы разделить на три класса: кусковые со средним диаметром частиц $d \geq 3 \text{ мм}$; мелкозернистые со средним диаметром $0,2 < d < 3 \text{ мм}$ и содержащие частицы диаметром менее 3 мм не меньше 40% ; порошкообразные, содержащие частицы диаметром менее $0,15 \text{ мм}$ более 50% при максимальном размере частиц не более $1,5 \text{ мм}$.

Перегрузки кусковых материалов

Для перегрузок кускового материала, учитывая сравнительно большой размер частиц и их плотность, при расчете скорости движения силами лобового сопротивления можно пренебречь. Считая,

таким образом, движение материала в желобе равноускоренным, а также полагая

$$c = c_0 = 0,45\Phi, \quad (42)$$

где c_0 — коэффициент лобового сопротивления частицы в авто-модельной области чисел Рейнольдса;

Φ — динамический коэффициент формы частиц:

округлой формы	2,42
продолговатой	3,08
шарообразной	1,0
неправильной	3,49,

О. Д. Нейков [11] после интегрирования равенства (40) получил

$$\frac{\lambda^3}{6\lambda^2 - 8\lambda + 3} = \frac{K}{N}, \quad (43)$$

где λ — отношение скорости воздуха в желобе к конечной скорости материала ($\lambda = \frac{v_r}{v_k}$);

$$T = 0,125 \frac{c_0}{\zeta^n} \cdot \frac{G_T v_k}{\rho_r F a_r d}; \quad (44)$$

$\frac{K}{N} = T$ — безразмерный коэффициент.

Таким образом, вычислив по исходным данным T и определив по формуле (43) или по графику (рис. 12) коэффициент λ , находим количество эжектируемого воздуха

$$L_э = \lambda v_k F. \quad (45)$$

Порядок определения объемов аспирации для перегрузок кусковых материалов следующий:

1. Рассчитываем количество эжектируемого воздуха. Для этого определяем:

по формулам (19) и (21) конечную скорость материала v_k и ускорение a_r ;

сумму коэффициентов местных сопротивлений ζ^n (см. приложение IV);

по формуле (15) средний диаметр d частиц материала;

по формуле (44) безразмерный коэффициент T ;

коэффициент λ по графику (см. рис. 12), предварительно вычислив T . По формуле (45) рассчитываем количество эжектируемого воздуха.

2. По формуле (4) определяем количество воздуха, просасываемого через неплотности укрытия

$$L_H = 0,65 F_{H2} \sqrt{\frac{2P_2}{\rho_0}}, \quad \text{м}^3/\text{сек}. \quad (46)$$

3. Определяем объем аспирации

$$L = k_p L_9 + L_{\text{н}}, \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (47)$$

где k_p — поправочный коэффициент, учитывающий увеличение количества эжектируемого воздуха благодаря разрежению в укрытии, равный

$$k_p = 1 + 0,2 \sqrt{P_2}. \quad (48)$$

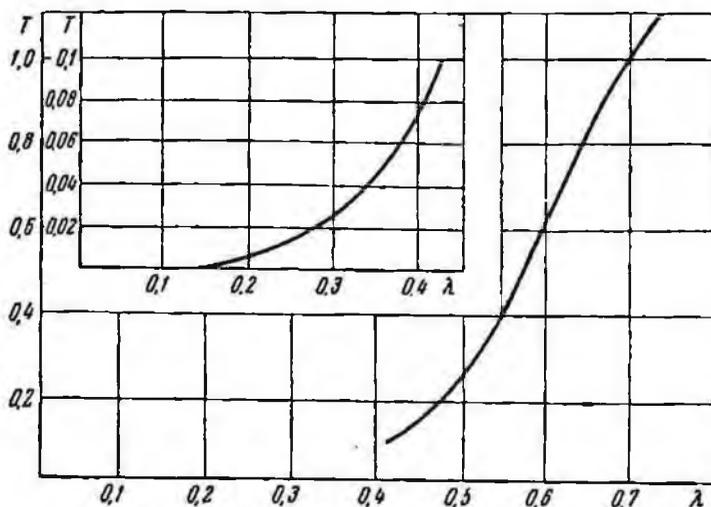


Рис. 12. Зависимость $T=f(\lambda)$

Пример 3. Определить объем аспирации перегрузок руды с конвейера на конвейер (схема перегрузки см. рис. 10).

Исходные данные:

расход материала $G_{\text{т}} = 42 \text{ кг/сек}$;
гранулометрический состав:

Класс, мм	120—75	75—45	45—20	20—10	10—6	6—0
Выход, %	45	19	18	9	2,5	6,5

частицы руды неправильной формы ($\Phi = 3,49$; $C_0 = 1,57$);
плотность материала $\rho_{\text{т}} = 3900 \text{ кг/м}^3$;
 $F = 0,36 \text{ м}^2$; $F_{\text{т1}} = 0,96 \text{ м}^2$; $P_2 = 8 \text{ н/м}^2$; $a_{\text{т}} = 6,0 \text{ м/сек}^2$;
 $v_{\text{к}} = 8 \text{ м/сек}$; $\zeta'' = 2,0$ (см. пример 1).

1. Рассчитываем количество эжектируемого воздуха:

$$d = 0,01 (97,5 \cdot 45 + 60 \cdot 19 + 32,5 \cdot 18 + 15 \cdot 9 + 8 \cdot 2,5 + 3 \cdot 6,5) = 63 \text{ мм.}$$

При

$$T = 125 \frac{1,57}{2,0} \cdot \frac{42 \cdot 8}{3900 \cdot 0,36 \cdot 6 \cdot 63 \cdot 10^{-3}} = 0,062;$$

$$\lambda = 0,36;$$

$$L_9 = 0,36 \cdot 8 \cdot 0,36 = 1,04 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

2. Определяем объем просасываемого через неплотности нижнего укрытия воздуха

$$L_{\text{н}} = 0,65 \cdot 0,2 \sqrt{\frac{2,8}{1,213}} = 0,47 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

3. Определяем объем аспирации

$$k_p = 1 + 0,2 \sqrt{8} = 1,57;$$

$$L = 1,57 \cdot 1,04 + 0,47 = 2,09 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Перегрузки мелкозернистых материалов

Характерным для перегрузок мелкозернистых материалов (шихта, кокс, дробленый известняк, концентрат) является то, что силы аэродинамического сопротивления при падении частиц в желобе соизмеримы с силами тяжести. При расчете скорости движения мелкозернистого материала в отличие от кускового необходимо учитывать сопротивление среды.

Поэтому при решении исходного уравнения (40) принимают [13]

$$c = 4,1 \text{Re}^{-0,3}, \quad (49)$$

где Re — число Рейнольдса ($\text{Re} = \frac{v_{\tau} d}{\nu}$);

ν — коэффициент кинематической вязкости воздуха, $\text{м}^2/\text{сек.}$

После интегрирования уравнения (40) и последующих упрощений получим

$$\frac{\lambda^3}{1 - 2,28\lambda + 1,28\lambda^2} = A, \quad (50)$$

где A — параметр

$$A = 6 \cdot 10^{-3} \frac{\Phi}{\gamma_{\text{н}}} \cdot \frac{G_{\tau} v_1^{0,7}}{\rho_{\tau} F d^{1,3}}. \quad (51)$$

Скорость материала v_1 вычисляется с учетом сопротивления среды по формуле

$$H = 0,051 v_1^2 + 3,37 \cdot 10^{-4} \frac{d^{-1,3} v_1^{3,7} \Phi}{\rho_{\tau}} + 2,85 \cdot 10^{-6} \frac{d^{-2,6} v_1^{5,4} \Phi^2}{\rho_{\tau}^2} +$$

$$+ 2,6 \cdot 10^{-8} \frac{d^{-3,9} v_1^{7,1} \Phi^3}{\rho_{\tau}^3} + 2,58 \cdot 10^{-10} \frac{d^{-5,2} v_1^{8,8} \Phi^4}{\rho_{\tau}^4}. \quad (52)$$

Формула (52) получена интегрированием уравнения динамики частицы

$$\frac{dv_1}{dt} = g - k \epsilon c \frac{v_1^2}{2}, \quad (53)$$

где ϵ — отношение плотности воздуха к плотности материала;

c — коэффициент лобового сопротивления, определяемый по формуле (49);

H — высота перепада материала, м.

При расчете аспирации скорость v_1 рекомендуется определять по табл. 4, составленной на основании равенства (52).

Для этого вычисляется приведенная высота падения материала

$$h_{пр} = \frac{v_k^2}{2g}, \text{ м,} \quad (54)$$

где v_k — конечная скорость материала, определяемая по формуле (19).

Затем при заданной плотности ρ_T перегружаемого материала и вычисленном среднем диаметре d частиц определяется v_1 .

При расчете объемов воздуха, эжектируемого потоком мелкозернистого материала, определяют величину $\zeta_{п}$ (см. приложение IV).

По данным гранулометрического состава рассчитывают диаметр частиц перегружаемого материала. При этом учитывают только те частицы, скорость движения которых больше скорости эжектируемого воздуха, т. е.

$$d = \frac{100 - a}{\sum_{i=1}^n \frac{N_i}{d_i}}, \quad (55)$$

где a — суммарное содержание частиц, скорость витания которых меньше или равна скорости эжектируемого воздуха;

N_i — массовое содержание частиц крупностью d_i , %.

По табл. 4 определяют скорость движения материала v_1 .

Таблица 4

Зависимость скорости частицы, м/сек, от высоты падения, плотности ее и размера

Размер частицы d , мм	ρ_T , кг/м ³															
	1000			2000			3000			4000						
	$h_{пр}$, м															
	< 0,5	= 1,0	= 1,5	> 2,0	< 0,5	= 1,0	= 1,5	> 2,0	< 0,5	= 1,0	= 1,5	> 2,0	< 0,5	= 1,0	= 1,5	> 2,0
0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1	1,1
0,4	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4
0,6	0,85	0,85	0,85	0,85	1,3	1,3	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6
0,8	1,3	1,3	1,3	1,3	1,6	1,7	1,7	1,7	2,1	2,1	2,1	2,1	2,4	2,5	2,5	2,5
1,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	2,0	2,0	2,0	2,3	2,3	2,3	2,3	2,8	3,3	3,3	3,3
1,5	2,3	2,5	2,5	2,5	2,1	2,4	2,5	2,5	2,8	3,2	3,2	3,2	2,9	3,5	3,9	3,9
2,0	2,7	3,0	3,0	3,0	2,5	3,2	3,3	3,3	3,1	4,0	4,2	4,2	3,1	4,0	4,4	4,4
2,5	2,9	3,3	3,5	3,5	2,6	3,3	3,6	3,7	3,2	4,6	4,9	4,9	3,2	3,8	4,9	4,9
3,0	3,1	3,5	3,7	3,7	2,7	3,6	4,2	4,2	3,3	4,4	5,1	5,3	3,3	4,2	5,3	5,7

иентировочно можно не учитывать следующие частицы:

d мм	.....	ρ_T , кг/м ³
<0,8	.....	1000
<0,6	.....	2000
<0,5	.....	3000
<0,4	.....	4000

По формуле (51) рассчитывают параметр A .

По формуле (50) или графику (рис. 13) определяют коэффициент λ .

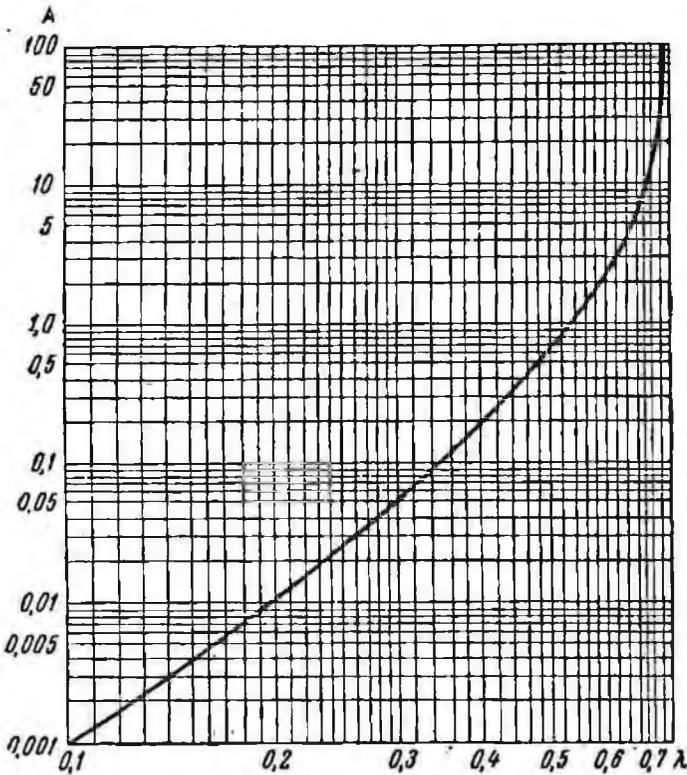


Рис. 13. Зависимость $A=f(\lambda)$

Определяют количество эжектируемого воздуха

$$L_0 = k_p \lambda v_1 F, \quad (56)$$

где k_p — коэффициент, учитывающий увеличение объемов эжекции при наличии разрежения в укрытии, определяется по формуле (48).

Экспериментальные исследования динамики потока мелкозернистого материала в наклонном желобе показали, что распределение частиц по высоте поперечного сечения носит ярко выраженный экспоненциальный характер [20]. Объемная концентрация резко изменяется по высоте поперечного сечения. Следовательно,

условия гидродинамического обтекания частиц, находящихся на разной глубине потока, неодинаковы. Нарушается условие одномерности, положенное в основу аналитического вывода исходного уравнения (40). Как показали результаты экспериментов, объемы эжекции в наклонных желобах меньше, чем в вертикальных (при прочих равных условиях в вертикальном желобе поток частиц равномерно заполняет все сечение). Поэтому при расчете объемов эжектируемого воздуха в наклонных желобах следует вводить поправочный коэффициент k_β , имеющий следующие значения:

β , град	45	50	60	70	80	90
k_β	0,62	0,72	0,82	0,90	0,95	1,0

Для вертикальных перегрузок принцип одномерности потока мелкозернистого материала нарушается при движении в бункерообразных желобах или в желобах с большой площадью поперечного сечения, когда поток материала занимает только часть желоба. В этом случае в расчет следует вводить не фактическое сечение желоба, а условное

$$F_{\text{усл}} = 3,14 \cdot 10^{-2} \left(H + 8,9 \sqrt{\frac{G_\tau}{\rho_\tau v_{\text{конв}}}} \right)^2, \text{ м}^2. \quad (57)$$

Если окажется, что $F_{\text{усл}} > F$, для расчета следует принимать F . Экспериментально установлено, что на объемы эжектируемого воздуха как при вертикальных, так и при наклонных желобах существенно влияет удельная нагрузка материала. Объясняется это тем, что при увеличении количества перегружаемого материала растет объемная концентрация частиц в потоке и изменяются гидродинамические условия обтекания частиц. Учитывая это, предлагается вводить в расчет поправочный коэффициент k_q , имеющий следующие значения:

$q = \frac{G_\tau}{F}, \frac{\text{кг}}{(\text{м}^2 \cdot \text{сек})} \dots$	200	250	300	350	400	500	600	700	800
$k_q \dots$	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,34	0,23	0,17	0,13

Таким образом, объем эжектируемого воздуха следует определять по формуле

$$L_3 = k_p k_\beta k_q \lambda v_1 F_{\text{усл}}. \quad (58)$$

Пример 4. Определить объем аспирации перегрузки кокса с конвейера на конвейер (схема перегрузки см. рис. 10).

Исходные данные:

расход материала $G_\tau = 12,0 \text{ кг/сек}$;

гранулометрический состав:

Класс, мм	9—5	5—3	3—1,6	1,6—0,8	0,8—0,23	0,23—0,1	0,1—0
Выход, %	1,2	1,56	24,1	22,6	21,9	10,76	17,88

частицы кокса имеют неправильную форму $\Phi = 3,49$;

плотность материала $\rho_\tau = 1400 \text{ кг/м}^3$;

оптимальное разрежение в нижнем укрытии $P_2 = 6 \text{ н/м}^2$;

скорость верхнего конвейера $v_{\text{конв}} = 1,4 \text{ м/сек}$;

$$F=0,36 \text{ м}^2; F_{н2}=0,2 \text{ м}^2; \zeta^n=2,0; v_n=8 \text{ м/сек};$$

$$H=4,9 \text{ м}; \beta=60^\circ \text{ (см. пример 1)}.$$

1. Определяем d . В первом приближении не учитываются частицы $d_t < 0,8 \text{ мм}$, т. е.

$$a = 21,9 + 10,76 + 17,88 = 50,54\%.$$

Тогда

$$d = \frac{100 - 50,54}{\frac{1,2}{7} + \frac{1,56}{4} + \frac{24,1}{2,3} + \frac{22,6}{1,2}} = 1,7 \text{ мм}.$$

По табл. 4 при $d=1,7 \text{ мм}$ и $h_{np} = \frac{8^2}{2 \cdot 9,8} = 3,3 \text{ м}$ находим $v_1=2,82 \text{ м/сек}$.

$$A = 6 \cdot 10^{-3} \frac{3,49}{2,0} \cdot \frac{12 \cdot 2,82^{0,7}}{1400 \cdot 0,36 \cdot (1,7 \cdot 10^{-3})^{1,3}} = 2,05.$$

$$\lambda=0,58.$$

$$F_{усл} = 3,14 \cdot 10^{-2} \left(4,9 + \sqrt{8,9 \frac{12}{1400 \cdot 1,4}} \right)^2 = 0,98 > 0,36 \text{ м}^2.$$

2. Принимаем $F=0,36 \text{ м}^2$.

$$k_p = 1 + 0,2\sqrt{6} = 1,49;$$

$$k_\beta = 0,82;$$

$$k_q = 1,0;$$

$$\text{при } q = \frac{12}{0,36} = 33,3 < 220 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{сек}.$$

3. По формулам (58) и (46) находим

$$L_9 = 1,49 \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 0,58 \cdot 2,82 \cdot 0,36 = 0,72 \text{ м}^3/\text{сек};$$

$$L_{II} = 0,65 \cdot 0,2 \sqrt{\frac{2,6}{1,213}} = 0,41 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

4. Объем аспирации равен

$$L = 0,41 + 0,72 = 1,13 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Таблица 5

Результаты промышленных испытаний местных отсосов перегрузок ЮГОКа

Перегрузка	Объем аспирации, м ³ /сек	
	замеренный	рассчитанный
Известняка с конвейера № 34 на конвейер № 35	1,25	1,37
Аглоруды:		
с конвейера № 2 на конвейер № 3	1,16	1,78
с конвейера № 3 на конвейер № 4	0,72	0,76
Кокса:		
с конвейера № 17 на конвейер № 18	0,87	0,97
с конвейера № 18 на конвейер № 19	0,99	1,38
с конвейера № 19 на конвейер № 20	0,56	0,58

условия гидродинамического обтекания частиц, находящихся на разной глубине потока, неодинаковы. Нарушается условие одномерности, положенное в основу аналитического вывода исходного уравнения (40). Как показали результаты экспериментов, объемы эжекции в наклонных желобах меньше, чем в вертикальных (при прочих равных условиях в вертикальном желобе поток частиц равномерно заполняет все сечение). Поэтому при расчете объемов эжектируемого воздуха в наклонных желобах следует вводить поправочный коэффициент k_{β} , имеющий следующие значения:

β , град	45	50	60	70	80	90
k_{β}	0,62	0,72	0,82	0,90	0,95	1,0

Для вертикальных перегрузок принцип одномерности потока мелкозернистого материала нарушается при движении в бункерообразных желобах или в желобах с большой площадью поперечного сечения, когда поток материала занимает только часть желоба. В этом случае в расчет следует вводить не фактическое сечение желоба, а условное

$$F_{усл} = 3,14 \cdot 10^{-2} \left(H + 8,9 \sqrt{\frac{G_{\tau}}{\rho_{\tau} v_{конв}}} \right)^2, \text{ м}^2. \quad (57)$$

Если окажется, что $F_{усл} > F$, для расчета следует принимать F .

Экспериментально установлено, что на объемы эжектируемого воздуха как при вертикальных, так и при наклонных желобах существенно влияет удельная нагрузка материала. Объясняется это тем, что при увеличении количества перегружаемого материала растет объемная концентрация частиц в потоке и изменяются гидродинамические условия обтекания частиц. Учитывая это, предлагается вводить в расчет поправочный коэффициент k_q , имеющий следующие значения:

$q = \frac{G_{\tau}}{F}, \frac{\text{кг}}{(\text{м}^2 \text{сек})}$	200	250	300	350	400	500	600	700	800
k_q	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,34	0,23	0,17	0,13

Таким образом, объем эжектируемого воздуха следует определять по формуле

$$L_3 = k_p k_{\beta} k_q \lambda v_1 F_{усл}. \quad (58)$$

Пример 4. Определить объем аспирации перегрузки кокса с конвейера на конвейер (схема перегрузки см. рис. 10).

Исходные данные:

расход материала $G_{\tau} = 12,0$ кг/сек;

гранулометрический состав:

Класс, мм	9—5	5—3	3—1,6	1,6—0,8	0,8—0,23	0,23—0,1	0,1—0
Выход, %	1,2	1,56	24,1	22,6	21,9	10,76	17,88

частицы кокса имеют неправильную форму $\Phi = 3,49$;

плотность материала $\rho_{\tau} = 1400$ кг/м³;

оптимальное разрежение в нижнем укрытии $P_2 = 6$ н/м²;

скорость верхнего конвейера $v_{конв} = 1,4$ м/сек;

$$F=0,36 \text{ м}^2; F_{п2}=0,2 \text{ м}^2; \zeta^n=2,0; v_n=8 \text{ м/сек};$$

$$H=4,9 \text{ м}; \beta=60^\circ \text{ (см. пример 1)}.$$

1. Определяем d . В первом приближении не учитываются частицы $d_t < 0,8 \text{ мм}$, т. е.

$$a = 21,9 + 10,76 + 17,88 = 50,54\%.$$

Тогда

$$d = \frac{100 - 50,54}{\frac{1,2}{7} + \frac{1,56}{4} + \frac{24,1}{2,3} + \frac{22,6}{1,2}} = 1,7 \text{ мм}.$$

По табл. 4 при $d=1,7 \text{ мм}$ и $h_{пр} = \frac{8^2}{2 \cdot 9,8} = 3,3 \text{ м}$ находим $v_t = 2,82 \text{ м/сек}$.

$$A = 6 \cdot 10^{-3} \frac{3,49}{2,0} \cdot \frac{12 \cdot 2,82^{0,7}}{1400 \cdot 0,36 \cdot (1,7 \cdot 10^{-3})^{1,3}} = 2,05.$$

$$\lambda = 0,58.$$

$$F_{усл} = 3,14 \cdot 10^{-2} \left(4,9 + \sqrt{8,9 \frac{12}{1400 \cdot 1,4}} \right)^2 = 0,98 > 0,36 \text{ м}^2.$$

2. Принимаем $F=0,36 \text{ м}^2$.

$$k_p = 1 + 0,2\sqrt{6} = 1,49;$$

$$k_\beta = 0,82;$$

$$k_q = 1,0;$$

$$\text{при } q = \frac{12}{0,36} = 33,3 < 220 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{сек}.$$

3. По формулам (58) и (46) находим

$$L_s = 1,49 \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 0,58 \cdot 2,82 \cdot 0,36 = 0,72 \text{ м}^3/\text{сек};$$

$$L_H = 0,65 \cdot 0,2 \sqrt{\frac{2,6}{1,213}} = 0,41 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

4. Объем аспирации равен

$$L = 0,41 + 0,72 = 1,13 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Таблица 5

Результаты промышленных испытаний местных отсосов перегрузок ЮГОКа

Перегрузка	Объем аспирации, м ³ /сек	
	замеченный	рассчитанный
Известняка с конвейера № 34 на конвейер № 35	1,25	1,37
Аглоруды:		
с конвейера № 2 на конвейер № 3	1,16	1,78
с конвейера № 3 на конвейер № 4	0,72	0,76
Кокса:		
с конвейера № 17 на конвейер № 18	0,87	0,97
с конвейера № 18 на конвейер № 19	0,99	1,38
с конвейера № 19 на конвейер № 20	0,56	0,58

Промышленные испытания местных отсосов на агломерационной фабрике ЮГОКа показали (табл. 5), что рассчитанные по предложенной методике объемы аспирации удовлетворительно совпадают с замеренными экспериментально.

Хорошее совпадение с результатами экспериментальных замеров получено и при испытаниях аспирации перегрузок медно-никелевых окатышей (комбинат «Печенганикель») [39], шихты и магнезита (Красноармейский динасовый завод) [40].

Перегрузки порошкообразных материалов

Еще более своеобразна с точки зрения аналитического описания аэродинамика потоков порошкообразных материалов. Эти материалы перемещаются по желобу в виде так называемых пакетов, частично разрушающихся при падении. В связи с изменением размера пакетов характер динамического взаимодействия материала с воздухом намного усложняется. Вопросы аспирации таких перегрузок можно, очевидно, решить только эмпирическим или полуэмпирическим путем. Впервые эжектирующие свойства этих материалов были исследованы в лабораторных и промышленных условиях институтом НИИрудвентилиация. Лабораторная установка представляла собой наклонный желоб с подвесным потолком, позволяющим изменять поперечное сечение [21, 13] и угол наклона желоба, а также высоту перегрузки. Для этого установку укрепляли на разъемной металлической раме.

При пересыпке порошкообразных материалов из верхнего бункера в нижний в последнем благодаря отсосу воздуха поддерживалось атмосферное давление. При этом количество отсасываемого воздуха, очевидно, было равно количеству воздуха, увлекаемого материалом под действием эжекционного напора. На этом принципе и основано экспериментальное определение объемов эжектируемого воздуха.

При пересыпке исследуемого материала измеряли расход материала, поступающего из верхнего бункера в желоб, и расход воздуха, отсасываемого из нижнего бункера для поддержания в нем атмосферного давления. Для сохранения расхода пересыпаемого материала постоянным в выпускном отверстии верхнего бункера устанавливали протарированные диафрагмы. При проведении экспериментов использовали как специально подготовленные монодисперсные материалы (железная руда $\rho_T = 3800 \text{ кг/м}^3$ крупностью: 10—20 мм; 5—10 мм; 1,25—5 мм; 0,63—1,25 мм; 0,315—0,63 мм; 0,14—0,315 мм), так и материалы полифракционного состава (железная руда крупностью менее 0,14 мм). Расход материала изменялся от 0,08 до 3,3 кг/сек при сечении желоба $F = 0,0132 \text{ м}^2$. Опыты проводили при углах наклона желоба $\beta = 90^\circ, 64^\circ, 54^\circ, 48^\circ$.

Как показали результаты экспериментов (рис. 14), размеры частиц пересыпаемого материала при прочих равных условиях ока-

зывают существенное влияние на объемы эжектируемого воздуха. Это объясняется, по-видимому, не только изменением суммарной площади миделева сечения частиц за счет изменения их крупности (при одном и том же расходе), но также и различными гидродинамическими условиями обтекания частиц и, следовательно, различным соотношением аэродинамических и гравитационных сил. Уменьшение суммарной площади миделева сечения с уве-

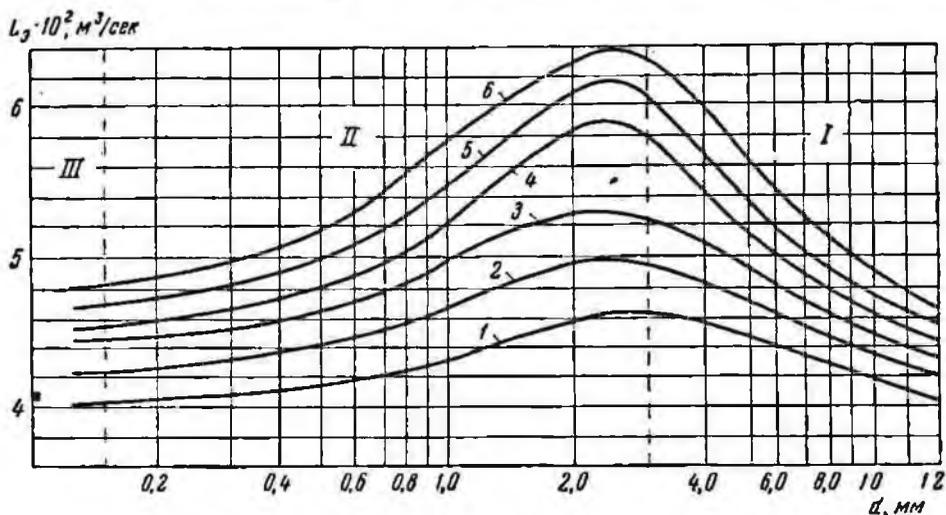


Рис. 14. Изменение объема эжектируемого воздуха с увеличением крупности пересыпаемого материала ($\beta=90^\circ$) при различной удельной нагрузке в желобе ($\text{кг/сек}\cdot\text{м}$):

1— $q=21$; 2— $q=42$; 3— $q=63$; 4— $q=83$; 5— $q=105$; 6— $q=128$

личением крупности частиц уменьшает эжекционный напор, что в свою очередь уменьшает объем эжектируемого воздуха. Увеличение силы сопротивления среды движению мелких частиц уменьшает динамическое взаимодействие материала и эжектируемого воздуха, что также ведет к уменьшению эжектирующей способности порошкообразных материалов.

Представленные графики зависимости $L_a=f(d_p)$ (см. рис. 14) разделяются на три зоны, соответствующие трем классам крупности сыпучих материалов: $d > 3 \text{ мм}$ — кусковой материал; $0,015 < d < 2,5 \text{ мм}$ — мелкозернистый материал; $d < 0,15 \text{ мм}$ — порошкообразный материал.

Расчеты показывают, что фактическая скорость эжектируемого воздуха при пересыпке материалов крупностью $0,14\text{--}0,315 \text{ мм}$ и менее $0,14 \text{ мм}$ больше скорости витания частиц этих материалов. Следовательно, в этом случае методика расчета объема эжектируемого воздуха для мелкозернистых материалов непригодна.

Сравнивая объемы воздуха, эжектируемые потоком материала различной крупности, можно заметить, что объем воздуха, увле-

каемый порошкообразным материалом крупностью менее 0,14 мм, численно равен объему воздуха, эжектируемого материалом крупностью 10—20 мм (при равных расходах материала). Учитывая сказанное, была предпринята попытка разработать методику расчета объемов эжектируемого воздуха на основе равенства (40), вводя понятие условного диаметра d_y (поток порошкообразного материала заменялся потоком монофракции крупностью d_y та-

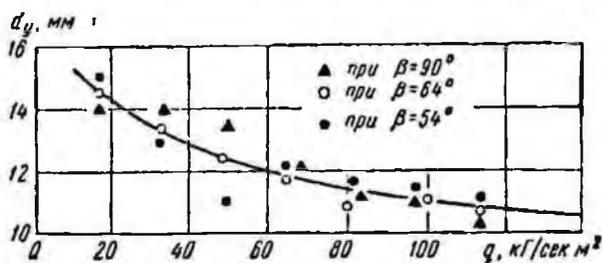


Рис. 15. Зависимость $d_y=f(q)$ для порошкообразного материала

ким образом, чтобы конечный результат — объем эжектируемого воздуха — при прочих равных условиях оставался прежним). Экспериментальными исследованиями установлено, что условный диаметр этой монофракции зависит от удельной нагрузки (рис. 15).

Проверка методики расчета на полупромышленной установке с использованием магнезита Красноармейского динасового завода, измельченного в трубчатой мельнице, апатитового концентрата комбината «Апатит» и цемента Криворожского цементного завода, дала удовлетворительные результаты. Промышленные исследования аспирации перегрузок саткинского завода «Магнезит», проведенные Алма-Атинским отделением ГПИ Сантехпроект, показали, что к порошкообразным материалам можно отнести и полидисперсные материалы, максимальный размер частиц которых не превышает 1,5 мм, а содержание частиц диаметром меньше 0,15 мм более 50%.

В условиях фабрик горнообогатительных комбинатов к порошкообразным материалам относятся рудный концентрат и бентонит. В настоящее время перегрузки концентрата на комбинатах не аспирируются в связи с большой влажностью его. В дальнейшем для улучшения условий окускования, возможно, будет применена сушка концентрата. Объем аспирации в этом случае рассчитывают по предлагаемой методике.

Количество эжектируемого воздуха определяется по формуле

$$L_{\text{э}} = \lambda v_{\text{к}} F_{\text{усл}} k_p k' \beta, \quad (59)$$

где λ — коэффициент, определяемый по графику (см. рис. 12);
 $F_{\text{усл}}$ — условное сечение, определяемое по формуле (57), м²;

k_p — поправочный коэффициент, определяемый по формуле (48);

k'_β — поправочный коэффициент, учитывающий влияние угла наклона желоба ($k'_\beta = 0,5$ при $\beta \leq 45^\circ$; $0,8$ при $\beta = 50^\circ$; 1 при $\beta \geq 60^\circ$).

Пример 5. Определить объем аспирации перегрузки концентрата (схема перегрузки см. рис. 10).

Исходные данные:

расход материала $G_T = 12$ кг/сек;

плотность материала $\rho_T = 4200$ кг/м³;

частицы концентрата неправильной формы

($\Phi = 3,49$, $c_0 = 1,57$); $F = 0,36$ м²;

$\xi^a = 2,0$; $v_k = 8$ м/сек; $a_T = 6$ м/сек² (см. пример 1).

$q = 33,3$ кг/м²·сек);

$F_{уд} > F$; $k_p = 1,49$; $L_n = 0,41$ м³/сек (см. пример 4).

1. При $q = 33,3$ кг (м²·сек) по графику (см. рис. 15) находим $d_T = 14$ мм.

По формуле (44) вычисляем

$$T = 0,125 \cdot \frac{1,57}{2,0} \cdot \frac{12 \cdot 8}{4200 \cdot 0,36 \cdot 6 \cdot 14 \cdot 10^{-3}} = 0,074.$$

2. По графику (см. рис. 12) находим $\lambda = 0,4$.

Объем эжектируемого воздуха равен

$$L_3 = 0,4 \cdot 8 \cdot 0,36 \cdot 1,49 \cdot 1,0 = 1,72 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

3. Объем аспирации составляет

$$L = 1,72 + 0,41 = 2,13 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

§ 4. ДРОБИЛЬНО-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Оборудование первой группы

Щековые дробилки применяются для крупного дробления материала.

Как показали промышленные исследования, при работе щековых дробилок избыточное давление воздуха возникает в укрытии зева и в разгрузочной щели.

Наиболее эффективная аспирация щековых дробилок состоит из аспирационных укрытий питателя и места разгрузки дробленого материала из дробилки на конвейер. Не исключена возможность применения в практике общего аспирационного укрытия дробилки и питателя с отсосом воздуха по схеме сверху вниз [11]. Такая схема применяется на подземных дробильных фабриках.

Конусные дробилки применяются для крупного, среднего и мелкого дробления. Они отличаются высокой производительностью, относительно небольшим расходом электроэнергии, спокойной работой механизмов, высокой степенью дробления и др.

Выделение пыли в конусных дробилках наблюдается при падении материала на распределительную тарелку и в дробящее пространство, а также при разгрузке дробленого материала из дробилки на конвейер.

Для обеспыливания конусных дробилок рекомендуется отсос воздуха производить от верхнего кожуха и от укрытия места разгрузки дробленого материала из дробилки на конвейер.

При расчете производительности местных отсосов щековых и конусных дробилок учитывается количество воздуха, эжектируемого падающим материалом и просасываемого через неплотности укрытий [11]. В этом отношении аспирация дробилок подобна аспирации перегрузок сыпучих материалов умеренной температуры. Последовательность расчета аналогична рассмотренному ранее расчету аспирации перегрузочных узлов, примыкающих к барабанному охладителю (см. пример 2).

Аэродинамические особенности конусных дробилок не изучены. Существуют лишь качественные описания динамики воздушных потоков в укрытиях аэродинамических моделей дробилок. Расчетные зависимости, приведенные в литературе [22], основаны только на результатах лабораторных исследований и не проверены в промышленных условиях.

Оборудование второй группы

В отличие от щековых и конусных дробилок аспирация оборудования второй группы рассчитывается с учетом нагнетающей способности дробящих органов

$$L = L_{ж} + L_{н}, \quad (60)$$

где L — количество воздуха, отсасываемого из укрытия, $м^3/сек$;
 $L_{ж}$ — количество воздуха, поступающего по желобу в укрытие под действием эжекционного напора и напора, создаваемого ротором дробилки, $м^3/сек$;
 $L_{н}$ — количество воздуха, просасываемого через неплотности укрытия, $м^3/сек$.

Количество воздуха, поступающего в укрытие по желобу, рассчитывают по упрощенной формуле

$$L_{ж} = L_{пзб} + L_{э}, \quad (61)$$

где $L_{пзб}$ — количество воздуха, проходящего по желобу под действием только нагнетающей способности ротора дробилки, $м^3/сек$;

$L_{э}$ — количество воздуха, поступающего в укрытие по желобу только благодаря эжекции материала, $м^3/сек$.

Разделение воздушного потока в желобе на два носит условный характер. Следует помнить, что здесь имеется в виду только сумма напоров, под действием которых перемещается воздух, а не сумма расходов. Этот случай аналогичен совместной работе двух нагнетателей, последовательно установленных в одной сети. Роль первого нагнетателя выполняет ротор дробилки, роль второго — пересыпаемый материал. Разделение потока в желобе на два составляющих упрощает расчет объемов аспирации.

Рассмотрим более подробно схемы и методы расчета аспирации для каждого типа оборудования второй группы.

Дезинтеграторы применяют, главным образом, для дробления мягких материалов (угля, кокса, сухой глины и т. п.), а также для перемешивания измельченных материалов.

Аэродинамическая схема дезинтегратора подобна схеме центробежного вентилятора. При работе дезинтегратор развивает большое давление, которое затрудняет обеспыливание места разгрузки дробленого материала.

Для обеспыливания дезинтеграторов Л. А. Глушков [23] рекомендует устраивать после них герметически закрытые перегрузочные бункера так, чтобы желоб бункера всегда был заполнен материалом. Это создает естественный затвор из перерабатываемого материала, который предотвращает выбивание запыленного воздуха в рабочие помещения. Кроме того, для уменьшения количества воздуха, нагнетаемого ротором дезинтегратора, устанавливают в желобах клапаны-мигалки и обводные трубы, соединяющие загрузочные и разгрузочные желоба. Таким устройством дезинтегратор будет замкнут «на себя» и, как утверждает автор, большая часть нагнетаемого воздуха будет циркулировать во внутренней системе.

Опыт работы аспирационных систем на фабриках горнообогатительных комбинатов показал, что наилучшее обеспыливание дезинтегратора достигается при аспирации укрытий в месте разгрузки материала из желоба на конвейер. Для уменьшения объема нагнетаемого воздуха и выравнивания давления укрытие места загрузки материала в желоб или непосредственно сам желоб следует соединять обводным воздуховодом с укрытием места разгрузки дробленого материала из дезинтегратора на конвейер. Обводной воздуховод рассчитывается методом удельных потерь давлений или его сечение принимается из расчета $0,082 \text{ м}^2$ на каждые 100 т часовой производительности.

Полное давление дезинтегратора определяется по эмпирической формуле [24]

$$P_n = \varphi \omega^2 D^3, \text{ н/м}^2, \quad (62)$$

где φ — коэффициент, учитывающий изменение давления в зависимости от сопротивления движению воздуха (для дезинтегратора $\varphi = 5 \cdot 10^{-2}$; для дезинтегратора-смесителя $\varphi = 8,6 \cdot 10^{-2}$);

ω — угловая скорость вращения ротора, *рад/сек*;

D — диаметр ротора (подвижной корзины), *м*.

Объем воздуха, нагнетаемого ротором дезинтегратора, определяется по формуле

$$L_{\text{наб}} = c_a \omega D^3, \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (63)$$

где c_a — аэродинамический коэффициент (для дезинтегратора $c_a = 2,7 \cdot 10^{-2}$ и дезинтегратора-смесителя $c_a = 3,35 \cdot 10^{-2}$).

В результате большой аэродинамической активности ротора дезинтегратора скорость нагнетаемого воздуха в разгрузочном желобе, как правило, выше скорости движения материала. Эжекционный напор при этом меньше нуля [см. формулу (12)]. Выгружаемый материал оказывает тормозящее действие на поток нагнетаемого воздуха, количество которого при работе дезинтегратора под нагрузкой уменьшается. Поэтому наиболее неблагоприятной для обеспыливания является работа дезинтегратора на холостом ходу. При этом в укрытие башмака разгрузочного желоба нагнетается максимальное количество воздуха. Поэтому объемы аспирации рекомендуется рассчитывать для наихудшего случая работы дезинтегратора, т. е. для работы на холостом ходу ($L_{ж} = L_{пзб}$).

Пример 6. Определить объем воздуха, отсасываемого из укрытия места разгрузки материала из дезинтегратора-смесителя СМ-937.

Исходные данные:

диаметр ротора $D = 2,15$ м;

угловая скорость вращения $\omega = 16$ рад/сек;

площадь неплотностей в укрытии $F_{н2} = 0,2$ м²;

оптимальное разрежение $P_2 = 15$ н/м² (см. приложение III);

температура воздуха в помещении $t_0 = 18^\circ$ ($\rho_0 = 1,213$ кг/сек).

1. Количество воздуха, нагнетаемого в укрытие ротором, равно

$$L_{пзб} = 3,35 \cdot 10^{-2} \cdot 16 \cdot 2,15^3 = 5,36 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

2. Количество воздуха, поступающего в укрытие через неплотности

$$L_{н} = 0,65 \cdot 0,2 \sqrt{\frac{2,15}{1,213}} = 0,64 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

3. Объем аспирации составит

$$L = 5,36 + 0,64 = 6,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Молотковые дробилки применяются для крупного, среднего и мелкого дробления материалов средней твердости и мягких, таких, как железная руда, известняк, уголь, гипс, мел, барит, асбестовые руды и т. п.

В молотковых дробилках материал дробится в рабочем пространстве, ограниченном корпусом с футеровочными плитами и молотками, которые свободно подвешены в дисках ротора.

Удельный расход электроэнергии на дробление в молотковых дробилках ниже, чем в щековых и конусных. Они отличаются высокой производительностью.

Молотковые дробилки бывают нескольких типов. На горно-обогатительных комбинатах широко применяются однороторные реверсивные и нереверсивные молотковые дробилки. При работе этих дробилок (особенно на холостом ходу) запыленный воздух интенсивно нагнетается ротором в рабочие помещения.

В литературе имеется множество рекомендаций по обеспыливанию молотковых дробилок [23, 25—30]. Однако большинство из них заключается в устройстве отдельных приспособлений, способствующих, по мнению авторов, значительному уменьшению

или предотвращению пылевыведения при работе дробилок. Например, в работах [23, 25—27] для обеспыливания молотковой дробилки предлагается соединить загрузочный и разгрузочный желоба обводным воздуховодом. Это позволяет выравнять в укрытиях давление и уменьшить количество воздуха, нагнетаемого ротором дробилки. Для герметизации желобов рекомендуют устанавливать клапаны из конвейерной ленты.

Наряду с устройством обводного воздуховода [23, 25—27] рекомендуют отсасывать воздух из укрытий мест загрузки материала в дробилку и разгрузки его из дробилки на конвейер. Объем отсасываемого воздуха принимается по данным практики.

Последующие исследования [28—30] динамики воздушных потоков показали, что молотковые дробилки работают подобно центробежным нагнетателям: в реверсивных молотковых дробилках воздух засасывается через разгрузочный желоб и неплотности в торцах корпуса и нагнетается в загрузочный желоб; в неререверсивных молотковых дробилках, наоборот, воздух засасывается через загрузочный желоб и нагнетается в разгрузочный желоб.

Для локализации пылевыведения при работе молотковой дробилки места загрузки материала в желоб и разгрузки дробленого материала из дробилки на конвейер оборудуют герметичными укрытиями.

Наиболее рациональной аспирацией молотковой реверсивной дробилки является отсос воздуха только из укрытия места загрузки, а неререверсивной — из укрытия места разгрузки материала. Для уменьшения объема воздуха, нагнетаемого ротором дробилки, и выравнивания давления следует устраивать обводные воздуховоды.

В реверсивных молотковых дробилках верхний воздуховод соединяет укрытые места загрузки материала в желоб или непосредственно желоб, а нижний — укрытие конвейера дробленого материала с областью разрежения у оси вращения ротора. Верхний обводной воздуховод рассчитывают методом удельных потерь давлений, или его сечение принимают из расчета $0,05 \text{ м}^2$ на каждые 100 т часовой производительности. Сечение нижнего обводного воздуховода принимается в два раза меньшим.

Полное давление молотковых дробилок определяется по эмпирической формуле [24]

$$P_{\text{п}} = \varphi_{\text{д}} m \frac{l_{\text{м}}}{l_{\text{р}}} e \omega D_{\text{м}}^2, \text{ н/м}^2, \quad (64)$$

где $\varphi_{\text{д}}$ — коэффициент, учитывающий изменение давления в зависимости от сопротивления движению воздуха, определяется по графику (рис. 16);

m — число молотков в ряду;

$l_{\text{м}}$ — ширина молотка, м ;

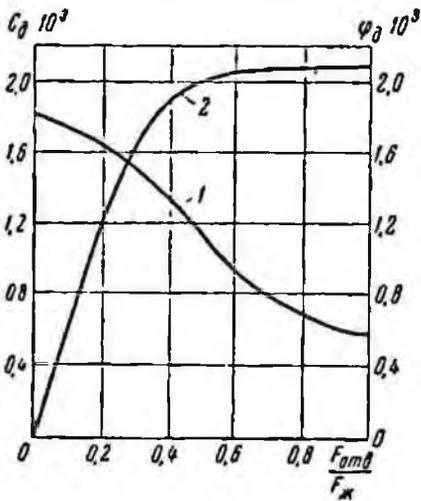
$l_{\text{р}}$ — ширина ротора, м ;

e — число рядов молотков на роторе;

ω — угловая скорость вращения ротора, рад/сек;

D_M — диаметр ротора с молотками, м.

В неререверсивных молотковых дробилках обводной воздуховод должен соединять между собой укрытия мест загрузки и разгрузки материала. Расчет воздуховода неререверсивных молотковых дробилок такой же, как и для реверсивных дробилок.



При работе молотковых дробилок под загрузкой, как и при работе дезинтеграторов, количество нагнетаемого воздуха меньше в результате тормозящего действия движущегося материала. Поэтому расчет объемов аспирации молотковых дробилок выполняется для случая, когда оборудование работает на холостом ходу и в укрытие нагнетается максимальное количество воздуха ($L_{ж} = L_{язб}$).

Количество воздуха, нагнетаемого ротором молотковой дробилки, определяют по формуле

$$L_{язб} = c_d m \frac{l_m}{l_p} e \omega D_M^3, \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (65)$$

где c_d — аэродинамический коэффициент дробилки, определяемый по графику (см. рис. 16).

Рис. 16. Зависимость $\varphi_B = f\left(\frac{F_{отв}}{F_{ж}}\right)$

(1) и $c_d = f\left(\frac{F_{отв}}{F_{ж}}\right)$ (2) ($F_{отв}$ — площадь живого сечения колосниковой решетки дробилки, м^2 ; $F_{ж}$ — площадь поперечного сечения желоба, м^2)

Пример 7. Определить необходимое количество воздуха, отсасываемого из укрытия места загрузки материала в реверсивную дробилку ДМРИЭ 1450×1300. Материал загружается в дробилку ленточным питателем. Ширина ленты $B_k = 800$ мм.

Исходные данные:

диаметр ротора с молотками $D_M = 1,45$ м;

число молотков в ряду $m = 11$;

число рядов молотков $e = 10$;

ширина молотка $l_m = 0,075$ м;

ширина ротора $l_p = 1,3$ м;

угловая скорость вращения ротора $\omega = 74$ рад/сек;

площадь неплотностей в аспирационном укрытии $F_{нт} = 0,8 \cdot 12 = 0,96$ м^2 ;

разрежение $P_1 = 8$ н/м² (см. приложение III);

температура воздуха в помещении $t_0 = 18^\circ \text{C}$ ($\rho_0 = 1,213$ кг/м³).

1. Определяем количество воздуха, нагнетаемого в укрытие ротором дробилки

$$L_{язб} = 2,1 \cdot 10^{-3} \cdot 11 \cdot \frac{0,075}{1,3} \cdot 10 \cdot 74 \cdot 1,45^3 = 3,0 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

2. Определяем количество воздуха, поступающего в укрытие через неплотности,

$$L_H = 0,65 \cdot 0,96 \sqrt{\frac{2,8}{1,213}} = 2,3 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

3. Определяем объем аспирации

$$L = 3,0 + 2,3 = 5,3 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Валковые дробилки с гладкими валками применяют для среднего и мелкого дробления методом раздавливания и незначительного истирания крепких и средней твердости пород. Эти дробилки не переизмельчают материал. На фабриках ГОКов применяются четырехвалковые дробилки с валками диаметром от 400 до 1500 мм и длиной от 250 до 700 мм. При работе дробилок пыль выделяется в месте выгрузки дробленого материала на конвейер. Если питатель расположен в корпусе дробилки, пыление происходит также у места падения материала с конвейера на питатель [7, 31, 32]. Указанные места должны быть оборудованы герметичными укрытиями.

При подаче материала непосредственно в загрузочное отверстие дробилки отсос воздуха производят из укрытия разгрузки дробленого материала из дробилки на конвейер. Количество отсасываемого воздуха рассчитывается по формуле (60).

Объем воздуха, нагнетаемый валками, определяется по формуле

$$L_{\text{изб}} = 6,3F_{\text{щ}}\omega D_{\text{в}}, \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (66)$$

где $F_{\text{щ}}$ — площадь сечения щели между нижними валками

$$F_{\text{щ}} = sl, \text{ м}^2; \quad (67)$$

s — ширина щели между нижними валками, м;

l — длина валка, м;

ω — угловая скорость вращения нижних валков,

$$\omega = \pi \frac{n}{30}, \text{ рад/сек}; \quad (68)$$

n — скорость вращения валка, об/мин;

$D_{\text{в}}$ — диаметр валков, м.

При подаче материала питателем из желоба загрузочное отверстие дробилки необходимо предусмотреть дополнительный отсос воздуха из укрытия питателя в объеме, рассчитанном по методике для перегрузок мелкозернистых материалов с умеренной температурой.

Пример 8. Определить объем аспирации четырехвалковой дробилки ДГ 900×700 (рис. 17).

Исходные данные:

расход материала $G_T = 42 \text{ кг/сек}$;

плотность материала $\rho_T = 1700 \text{ кг/м}^3$;

гранулометрический состав дробленого материала:

Класс, мм 2,5 2,5—1,2 1,2—0,6 0,6—0,3 0,3

Выход, % 6,6 30,7 25,8 14,3 22,6

частицы материала (кокса) имеют неправильную форму, $\Phi = 3,49$;

площадь поперечного сечения желоба $F = 0,35 \text{ м}^2$;

диаметр нижних валков $D_{\text{в}} = 0,86 \text{ м}$;

ширина щели между нижними валками $S_2 = 0,003 \text{ м}$;

угловая скорость вращения нижних валков $\omega_2 = 21 \text{ рад/сек}$;

длина валков $l = 700 \text{ мм}$.

Площади неплотностей и оптимальное разрежение (см. приложение III) равны:

$$F_{n1} = 1,2 \cdot 0,8 = 0,96 \text{ м}^2; F_{n2} = 0,02 \cdot 10 = 0,2 \text{ м}^2; P_2 = 6 \text{ н/м}^2.$$

Температура воздуха в помещении $t_0 = 18^\circ \text{C}$ ($\rho_0 = 1,213 \text{ кг/м}^3$).

1. Определяем объем эжектируемого воздуха (методику расчета см. § 3).

Согласно приложению IV

$$\zeta'' = 15 + 1,05 + 2,4 \left(\frac{0,35}{0,96} \right)^2 = 16,4.$$

Скорость материала при выходе из щели между нижними валками

$$v_0 = \frac{1}{2} \cdot 21 \cdot 0,86 = 9 \text{ м/сек.}$$

Скорость материала при выходе из разгрузочного желоба

$$v_k = \sqrt{9^2 + 19,6 \cdot 1,6} = 10 \text{ м/сек.}$$

Приведенная высота падения

$$h_{пр} = \frac{10^2}{19,6} = 5,1 \text{ м.}$$

Определяем средний диаметр частиц кокса. В первом приближении не учитываются частицы $d_i < 0,6 \text{ мм}$, т. е.

$$a = 14,3 + 22,6 = 36,9\%.$$

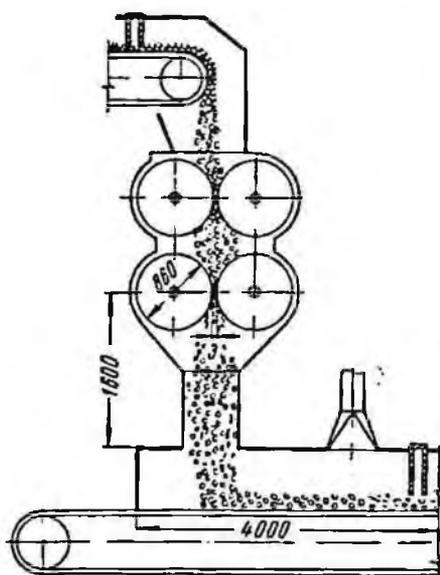


Рис. 17. Схема выгрузки кокса из четырехвалковой дробилки

Тогда

$$d = \frac{100 - 36,9}{\frac{6,6}{2,5} + \frac{30,7}{1,85} + \frac{25,8}{0,9}} = 1,3 \text{ мм.}$$

По табл. 4 при $d = 1,3 \text{ мм}$ и $h_{пр} = 5,1 \text{ м}$ $v_1 = 2,8 \text{ м/сек.}$

При

$$A = 6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{3,49}{16,4} \cdot \frac{42 \cdot 2,8^{0,7}}{1700 \cdot 0,35 \cdot (1,3 \cdot 10^{-3})^{1,3}} = 1,01$$

по графику (см. рис. 13) находим $\lambda = 0,52$.

Объем эжектируемого воздуха определяем по формуле

$$L_3 = 1,49 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,52 \cdot 4 \cdot 0,35 = 1,08 \text{ м}^3/\text{сек.},$$

где $k_p = 1 + 0,2\sqrt{6} = 1,49$ [см. формулу (48)];

$k_\beta = 1,0$ при $\beta = 90^\circ$;

$k_q = 1,0$ при $q = \frac{42}{0,35} = 120 < 220 \text{ кг/м}^2 \text{ сек.}$

2. По формуле (66) определяем количество воздуха, нагнетаемого валками в укрытие

$$L_{нагн} = 6,3 \cdot 0,003 \cdot 0,7 \cdot 0,86 \cdot 21 = 0,24 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

3. По формуле (46) рассчитываем количество воздуха, просасываемого в укрытие через неплотности.

$$L_n = 0,65 \cdot 0,2 \sqrt{\frac{2,6}{1,213}} = 0,41 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

4. Определяем необходимый объем аспирации

$$L = 0,24 + 1,08 + 0,41 = 1,73 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Оборудование третьей группы

Барабанные мельницы применяются для мелкого и тонкого измельчения различного минерального сырья мокрым и сухим способом. От прочих мельниц они отличаются лишь дробящей средой, в качестве которой применяются стальные или чугунные ша-

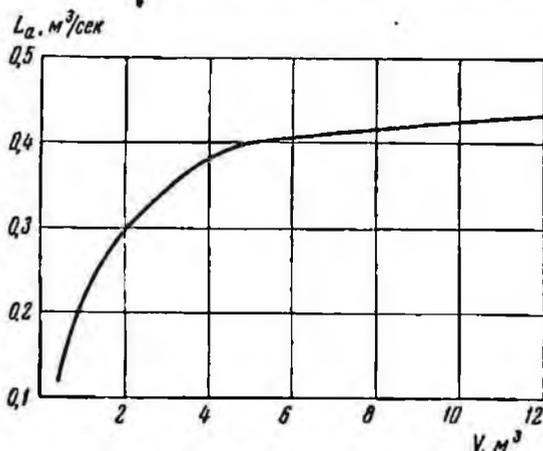


Рис. 18. Зависимость объема аспирации от объема барабанной мельницы

ры. Для сухого измельчения применяют мельницы с периферической разгрузкой готового продукта через сито, образующее цилиндрическую поверхность корпуса мельницы.

Для обеспыливания шаровой мельницы рекомендуется производить аспирацию от кожуха и от загрузочного желоба.

Эффективное обеспыливание шаровых мельниц достигается при разрежении в кожухе мельницы около $9 \text{ н}/\text{м}^2$. Объем аспирации от шаровых мельниц определяется по графику, показанному на рис. 18, причем 60% объема отсасывается от кожуха и 40% — от загрузочного желоба [31].

§ 5. АСПИРАЦИОННЫЕ УКРЫТИЯ

Для локализации пылевыведений при перегрузках сыпучих материалов на фабриках ГОКов применяют различные аспирационные укрытия.

Наиболее распространенными являются емкие укрытия кабинного типа. В этом случае пылящее оборудование или отдельные его узлы находятся внутри вентилируемого металлического кожуха (кабины). Эти укрытия применяются в тех случаях, когда они не затрудняют ведение технологического процесса и позволяют сохранить высокие эксплуатационные качества оборудования.

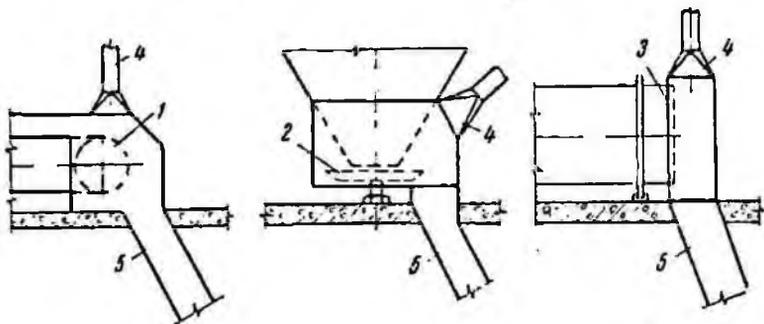


Рис. 19. Схемы емких аспирационных укрытий:
1 — приводной барабан ленточных конвейеров; 2 — дисковый питатель;
3 — барабанный охладитель; 4 — местный отсос; 5 — желоб

Как правило, такими укрытиями оборудованы приводные барабаны ленточных конвейеров, дисковые питатели, барабанные охладители и смесительные барабаны (рис. 19). Большая емкость укрытий способствует снижению подвижности воздуха в полости укрытия, что в свою очередь приводит к равномерному распределению разрежения на внутренней поверхности стенок укрытия.

Укрытия в местах примыкания к подвижным частям оборудования уплотняют гибкими вставками из конвейерной ленты.

Для локализации пылевыделений при падении сыпучего материала на конвейерную ленту применяют одинарные укрытия или укрытия с двойными стенками (рис. 20). Первые выполняются в виде П-образного металлического кожуха, уплотненного гибкими вставками из конвейерной ленты. В зарубежной практике проектирования вертикальные стенки этих кожухов иногда выполняются с изломом.

Эксплуатация и многочисленные аэродинамические исследования показали невыгодные аэродинамические характеристики этих укрытий. Вследствие малой емкости давление воздуха на внутренней поверхности стенок укрытия распределяется неравномерно. В результате для достижения заданного разрежения во всех точках укрытия необходимо отсасывать большое количество воздуха.

Как показали исследования, зона наименьших разрежений располагается в области падения материала из желоба на ленту, а наибольших — в месте подсоединения воздухоприемника. Значительное разрежение возникает у выхода конвейера из укрытия, т. е. там, где бывает большая часть неплотностей. Для выравнивания давлений иногда применяют дополнительный отсос от торцо-

вой стенки укрытия. Однако это не приводит к уменьшению необходимого количества отсасываемого воздуха, а лишь усложняет систему аспирации и затрудняет обслуживание перегрузочных узлов.

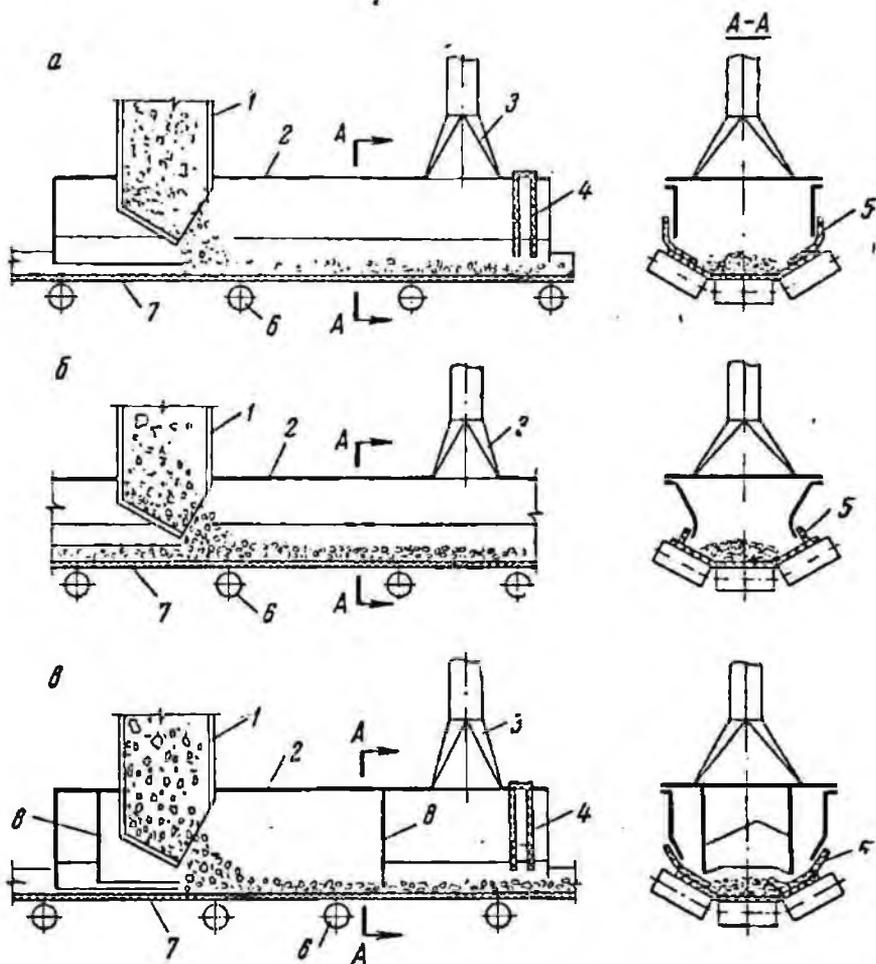


Рис. 20. Схемы аспирационных укрытий мест загрузки конвейеров:
 а — одинарные; б — с изогнутыми боковыми стенками (проект фирмы Лурги); в — с двойными стенками; 1 — желоба; 2 — укрытия; 3 — местный отсос; 4 — фартуки; 5 — уплотнения; 6 — ролики; 7 — ленты конвейера; 8 — внутренние стенки укрытий

Лучшими в аэродинамическом отношении укрытиями, как показали исследования многих авторов [33—35], являются укрытия с двойными стенками. Эти укрытия кроме внешних (наружных) имеют еще и внутренние вертикальные стенки. Наружные стенки удалены от зоны больших избыточных давлений в месте падения материала на ленту. Эта особенность укрытий способствует лучшему выравниванию давлений на наружных стенках укрытия и более рациональным воздухообменам.

Для эффективного обеспыливания перегрузок в укрытии с двойными стенками при прочих равных условиях необходимо поддерживать значительно меньшее разрежение, чем в одинарных. Равномерное распределение давления по внутренней поверхности укрытий и дополнительное гидравлическое сопротивление внутренних стенок позволяют уменьшить объем отсасываемого воздуха.

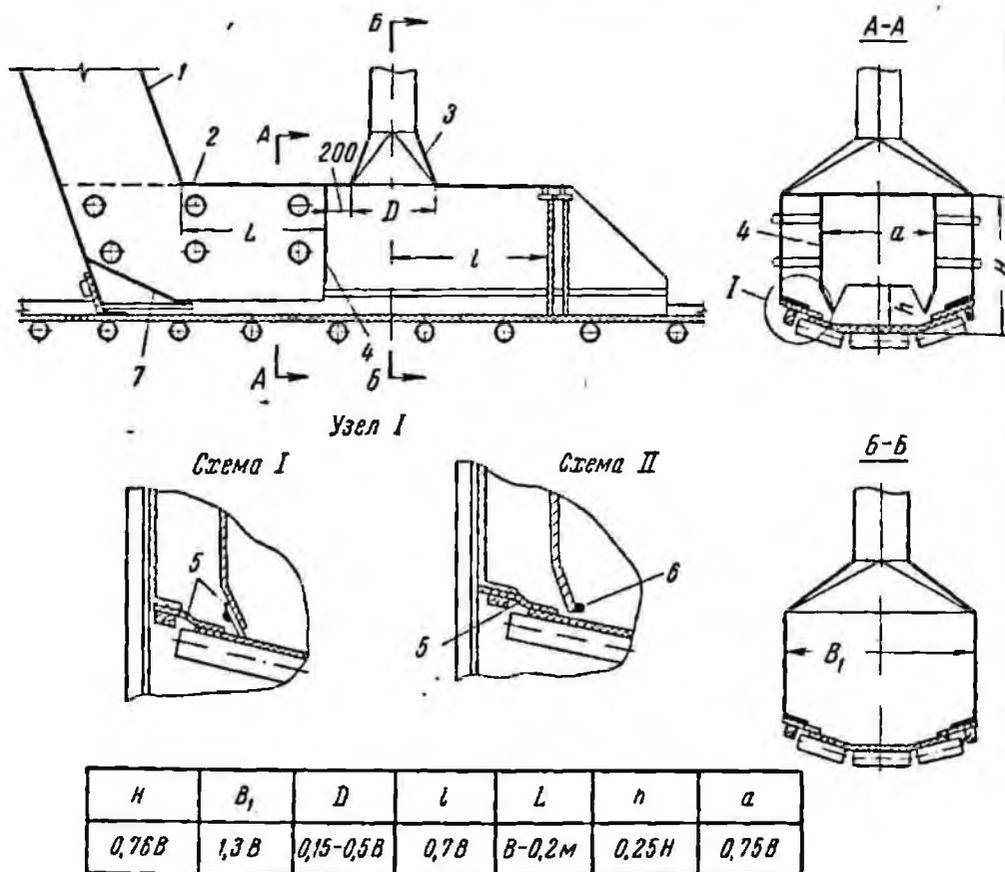


Рис. 21. Аспирационное укрытие с двойными стенками:

1 — желоб; 2 — укрытие; 3 — местный отсос; 4 — внутренние стенки укрытия; 5 — уплотнение; 6 — головка рельса; 7 — отбойная плита; схема I — для мелкозернистых и порошкообразных материалов; схема II — для кускового материала

Особые требования предъявляются к конструкции укрытий для обеспыливания мелкозернистых и порошкообразных материалов — при эффективном обеспыливании унос материала в аспирационную сеть должен быть минимальным. Институт НИИРВ для данных материалов разработал укрытие с двойными стенками и внутренней жесткой перегородкой. Конструкция такого укрытия показана на рис. 21.

Исследованиями, проведенными на Красноармейском динасовом заводе, комбинате «Печенганикель» и на агломерационных фа-

бриках НКГОКа [36], установлено, что наличие жесткой внутренней перегородки сокращает потребные аспирационные объемы в два-три раза. Кроме того, в несколько раз уменьшается концентрация пыли в аспирационном воздухе, а следовательно, и общий унос материала.

Характерной особенностью этих укрытий является устойчивое разрежение по всей их длине, предотвращающее поступление пыли в рабочее помещение.

Применение укрытий данной конструкции для обеспыливания перегрузок мелкозернистых, порошкообразных и горячих материалов позволяет обеспылить перегрузки относительно небольшими объемами аспирации и снизить унос материала.

Для перегрузок кусковых материалов хорошо зарекомендовали себя укрытия с двойными стенками без внутренней перегородки [37, 38].

ГЛАВА III

ОБЩЕОБМЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

§ 1. ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЕ ФАБРИКИ

Объем воздуха, удаляемый из помещений дробильно-сортировочных фабрик аспирационными установками, должен быть возмещен организованным притоком очищенного и подогретого в зимнее время воздуха [41]. При неполной компенсации вытяжки притоком наружный воздух проникает в помещения через неплотности строительных конструкций, открытые проемы, ворота и галереи, соединяющие корпус между собой. По наблюдениям Е. М. Эльтермана [42], неорганизованное поступление воздуха в корпус через нижние галереи и удаление через верхние происходит под действием теплового напора даже при сбалансированных механических притоке и вытяжке.

Результаты обследования дробильно-сортировочных фабрик ЮГОК, апатитонепелиновой фабрики АНОФ-2 комбината «Апатит» и Качканарского ГОКа (табл. 6) показали, что воздух, поступающий из галереи, имеет довольно низкую температуру. Расход воздуха в отдельных случаях достигает 13,9 м³/сек. Проникновение холодного воздуха в корпус через нижние галереи приводит к значительной неравномерности температуры воздуха по высоте и требует дополнительного расхода тепла на его нагревание.

Опыт обеспыливания в условиях горнообогатительных комбинатов показал, что герметизация и аспирация оборудования, увлажнение материалов, мокрая уборка просыпи и другие мероприятия позволяют снизить запыленность воздуха в корпусах дробильно-сортировочных фабрик до предельно допустимой санитарными нормами [33]. Поэтому в цехах дробильных фабрик может быть применена сосредоточенная задача приточного воздуха.

Таблица 6

Метеорологические параметры воздушных потоков в корпусах дробления горнообогастительных комбинатов [42]

Предприятие	Корпус дробления	Галерея	Скорость движения воздуха в сечении галереи, м/сек	Расход воздуха в сечении галереи, м ³ /сек	Температура воздуха, °С		
					в галерее	в помещении	наружного (ниже 0°)
ЮГОК 1-я агломерационная фабрика	Среднего Мелкого	Нижняя	0,32	2,6	11,0	18,9	10,4
		»	0,3	1,8	2,9	9,1	12,6
ЮГОК 2-я агломерационная фабрика	Среднего Мелкого	Нижняя	0,4	4,7	3,2	16,0	8,2
		Верхняя	0,1	-4,9	18,1	16,0	8,2
АНОФ-2	Крупного Среднего	Нижняя	0,3	6,6	7,0	12,8	1,0
		»	0,64	13,9	5,5	10,5	2,1
Качканарский ГОК	Среднего Мелкого	Нижняя	0,6	10,8	6,7	18,0	20,4
		Верхняя	0,6	-11,1	23,6	18,0	20,4

Изменения температуры и подвижности воздуха при сосредоточенной подаче исследовал Е. М. Эльтерман на модели корпуса среднего и мелкого дробления Днепровского горнообогастительного комбината. При масштабе моделирования 1:20 длина модели составляла 3 м, ширина 0,9 м и высота 1,30 м. Схемы сосредоточенной подачи воздуха показаны на рис. 22. Воздух выпускался через насадки с поворотными лопатками.

Таблица 7
Максимальная разность температур в модели

Схема (см. рис. 22)	Средняя температура, °С	Температура притока, °С	Максимальная разность температур, °С
а	28,6	38,1	3,0
б	27,2	39,7	1,0
в	28,2	39,0	2,2
г	28,0	39,4	2,5
д	28,8	39,4	1,0

Эффективность схемы притока автор оценивал по максимальной разности температур в модели (табл. 7). На основании исследований были рекомендованы схемы с раздачей воздуха на одном уровне (рис. 22, б и д).

Однако, как отмечает А. Г. Сотников [43], такой способ оценки эффективности воздухообмена не совсем правильный,

так как регламентируемое нормами отклонение температур $\pm 1^\circ\text{C}$ нельзя относить ко всем без исключения точкам объема рабочей зоны. Это связано с тем, что в отдельных точках (вблизи окон,

над источниками конвективного тепла) отклонения температур всегда будут превышать допустимые.

Статистическая обработка экспериментальных данных распределения температур в модели Е. М. Эльтермана [42] показала, что доверительному интервалу отклонения температур от среднего значения $\pm 0,5^\circ\text{C}$ соответствуют доверительные вероятности

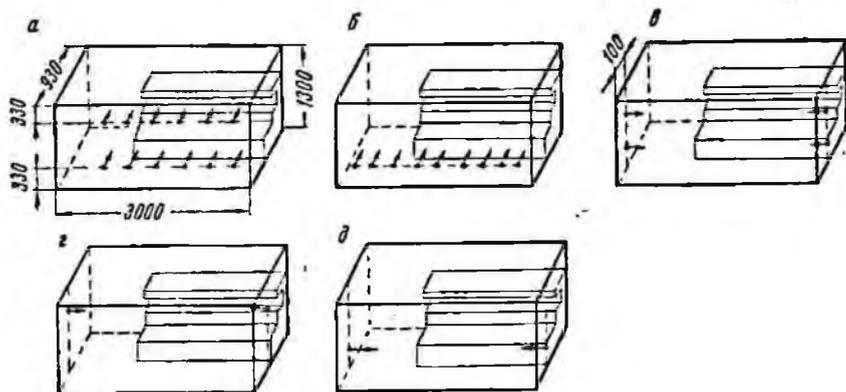


Рис. 22. Сосредоточенная подача воздуха в модель [42]:

а — на разных уровнях поперек корпуса; б — в нижнюю зону; в — на разных уровнях встречными струями вдоль корпуса; г, д — встречными струями на одном уровне

99,3% для схемы воздухообмена (см. рис. 22, а) и более 99,9% для остальных схем. Следовательно, рассмотренные схемы воздухообмена являются по эффективности эквивалентными. Достаточно равномерное распределение температур, полученное в модели, обусловлено хорошим перемешиванием воздуха при подаче притока компактными струями, рассредоточенностью местных вытяжек по объему помещения.

Поэтому при проектировании общеобменной вентиляции в корпусах дробильно-сортировочных фабрик раздачу воздуха в помещениях высотой 5 м и более можно осуществлять сосредоточенно патрубками с поворотными лопатками. Для помещений высотой менее 5 м следует предусматривать подачу воздуха рассредоточенно пристенными воздухораспределителями или перфорированными воздуховодами.

Воздухораздача рассчитывается в соответствии с «Указаниями по расчету приточных воздухораспределительных устройств» [45]. При этом подвижность воздуха в рабочей зоне и вблизи возможных мест пылевыделений не должна превышать 0,5 м/сек, а минимальная подвижность во всем помещении должна быть 0,15 м/сек [32].

Удельная энергия, вносимая в помещение всеми приточными струями, должна быть не менее $7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{сек}^3$ [42].

Удельная энергия приточной струи определяется по формуле

$$E = \frac{M_{\text{пс}} v^2}{\rho_0 V}, \text{ м}^2/\text{сек}^3, \quad (69)$$

где $M_{\text{пс}}$ — массовый расход приточной струи, $\text{кг}/\text{сек}$;
 v — начальная скорость струи, $\text{м}/\text{сек}$;
 ρ_0 — плотность воздуха в помещении, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 V — объем помещения, м^3 .

Поступление холодного наружного воздуха в корпус через проемы ворот предотвращается устройством воздушно-тепловых завес, а для устранения поступления холодного воздуха через нижние и удаления через верхние галереи в последних предусматриваются перегородки с самозакрывающимися дверями.

§ 2. ОБОГАТИТЕЛЬНЫЕ ФАБРИКИ

Технологические процессы обогащения сопровождаются выделением в воздух производственных помещений тепла работающими электродвигателями и влаги с открытых водных поверхностей. Приточная вентиляция рассчитывается на ассимиляцию тепло- и влаговыделений.

Количество тепла, выделяемое работающими электродвигателями, определяется по формуле

$$Q = aN, \text{ квт}, \quad (70)$$

где a — коэффициент, учитывающий долю энергии, поступающей в виде тепла в помещение;

N — установочная мощность электродвигателей, квт .

Коэффициент a для отделений измельчения равен 0,06, мокрой магнитной сепарации — 0,16, сгущения, обезвоживания и гравитации — 0,12, флотации и фильтрации — 0,08, насосных — 0,10 [32].

Количество влаги, испаряющейся с открытой водной поверхности, равно

$$G = 10^{-6} (a + 36,2v) (P_f - \varphi P_0) F, \text{ кг}/\text{сек}, \quad (71)$$

где a — фактор гравитационной подвижности окружающей среды;

v — скорость движения воздуха над источником испарения, $\text{м}/\text{сек}$;

P_f, P_0 — парциальные давления насыщающих воздух водяных паров при температуре окружающего воздуха и поверхности испаряющейся жидкости, $\text{кн}/\text{м}^2$ (см. приложение III);

φ — относительная влажность окружающего воздуха;

F — площадь поверхности испарения, м^2 .

Значение фактора гравитационной подвижности для температур +15—+30°С в помещении следующее:

Температура воды, °С.	до 30	40	50	60	70	80	90	100
<i>a</i>	46	58	69	77	85	96	106	125

Температура поверхности испарения в зависимости от температуры жидкости при параметрах воздуха в помещении $t=20^{\circ}\text{C}$, $\varphi=0,7$ имеет следующие значения:

Температура, °С:																
жидкости	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
поверхности испарения	18	23	28	33	37	41	45	48	51	54	58	63	69	75	82	90

Количество влаги при испарении с какой-либо поверхности холодной воды, имеющей температуру мокрого термометра, можно определить по формуле

$$G = 1,76 \cdot 10^{-6} (t_c - t_m) F, \text{ кг/сек}, \quad (72)$$

где t_c — температура сухого термометра, °С,
 t_m — температура мокрого термометра, °С.

Следует отметить, что зависимости, позволяющие вычислить влаговыведения, получены для спокойной поверхности жидкости. В случае неровной поверхности, возникающей при движении жидкости, поверхность испарения резко возрастает и должна быть увеличена в 1,5—2,5 раза [47]. В связи с тем, что вопросы испарения влаги в производственных условиях обогатительных фабрик до настоящего времени не исследованы, необходимо расчетными данными пользоваться осторожно.

Производительность приточных установок определяют при условии ассимиляции тепло- и влаговыведений графоаналитическим методом. Расчет выполняется для переходного периода, когда температура наружного воздуха +10°С. В зимнее время для уменьшения расхода тепла на нагревание приточного воздуха предусматривается рециркуляция.

Раздачу притока рекомендуется производить сосредоточенными струями в нижнюю зону помещения, удаление — через шахты с естественной или механической вытяжкой. Приточную вентиляцию совмещают с воздушным отоплением.

§ 3. ОТДЕЛЕНИЕ СПЕКАНИЯ АГЛОМЕРАЦИОННЫХ И ОКОМКОВАТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

При спекании агломерата объем технологического отсоса бывает значительным (табл. 8). Разрежение, создаваемое технологическим отсосом в спекательном отделении, может быть 3,5—13,4 н/м² (табл. 9), а на агломерационных фабриках Магнитогорского металлургического комбината достигает 28 н/м² [48]. Полностью компенсировать отсос организованным притоком техниче-

Таблица 8

Воздушный баланс спекательного отделения с шестью агломерационными машинами площадью спекания 75 м^2 (параметры наружного воздуха: $t=21,8^\circ \text{С}$, $\varphi=0,68$)

Приток (вытяжка)	Расход воздуха		Параметры воздуха	
	$\text{м}^3/\text{сек}$	$\text{н.м}^3/\text{сек}$	$^\circ\text{С}$	φ
Поступает в помещение				
Монтажные проемы	38	34	32,4	0,31
Фрамуги аэрационного фонаря	148	135	26,1	0,41
Приточная вентиляция	47	44	22,1	0,64
Воздушное душирование	4,8	4,5	20,0	0,60
Оконные проемы	6,6	6,1	22,4	0,68
Дверные проемы лестничных клеток	3,7	3,4	23,9	0,63
Дверные проемы наружные	6,7	6,2	24,0	0,48
Подача воздуха в горны дутьевыми вентиляторами	5,5	5,0	26,9	0,51
Всего поступает . . .	—	238,2	—	—
Уходит из помещения				
Вытяжка эксгаустерами	162	146	28,9	0,35
Монтажные проемы	59	53	30,2	0,33
Естественная вытяжка от горнов аглома- шин	27	22	67,0	0,10
Фрамуги аэрационного фонаря	14	13	31,2	0,24
Естественная вытяжка от челноковых пи- тателей шихты	8,9	7,9	35,1	0,38
Естественная вытяжка от головных частей агломерационных машин	2,8	2,4	46,0	0,20
Оконные проемы	1,0	0,9	28,8	0,34
Всего уходит . . .	—	245,2	—	—

Невязка баланса — 3%

Таблица 9

Разрежение в спекательных отделениях агломерационных фабрик

Место замера на агломерационной машине	Разрежение, н/м^2	
	ЮГОК (между агломерационными машинами 2—3)	НКГОК (между агломерационными машинами 3—4)
Головная часть	4—6	6—7
Средняя часть	6—8	7—12
Разгрузочная часть	7—10	13—15

ски трудно. Поэтому пополнить объем можно неорганизованным притоком через азрационные фонари, оконные и дверные проемы и неплотности в ограждающих конструкциях.

Воздух, проникающий в спекательное отделение со стороны разгрузки агломерата, а также с отметки, где начинается холостой ход агломерационной машины, имеет большую запыленность. Поэтому концентрация пыли в воздухе спекательных отделений превышает допустимую санитарными нормами:

Агломерационная фабрика	Запыленность, мг/м ³
Качканарского ГОКа	53
ЮГОКа	0,4—24
НКГОКа	1,4—57
Гороблагодатского РУ	85—320
Магнитогорская 1—4	11—260
Фабрика окомкования Центрального ГОКа	18—200
Соколовско-Сарбайского ГОКа	27—200

Для создания санитарно-гигиенических условий труда в главных корпусах агломерационных фабрик необходимо по возможности более полно разделить воздушные потоки технологического и санитарно-гигиенического назначения. Частично это достигается укрытием агломерационных машин герметичными кожухами. Укрытие только рабочей и обратной ветвей агломерационной машины позволило на аглофабрике № 1 ЮГОКа уменьшить разрежение в спекательном отделении. Под действием разрежения до 20% воздуха, необходимого для спекания, поступало в укрытие со стороны разгрузочной части агломерационной машины (табл. 10).

Более полное укрытие агломерационных машин, захватывающее головную часть с приводными звездочками, позволяет уменьшить количество воздуха, отсасываемого эксгаустерами из агломерационного зала до 40% [49]. Институт Механобр предложил для уменьшения количества воздуха, отсасываемого эксгаустерами из агломерационного зала, установить на агломерационных машинах № 4—6 Западносибирского завода вертикальные шахты для забора воздуха за пределами корпуса спекания [50].

Разрежение в укрытии, необходимое для преодоления гидравлического сопротивления шахты, вызывает подсос воздуха через неплотности укрытия из спекательного отделения. Этим недостатком обладают также схемы воздухообмена, в которых для движения воздуха используется разрежение в спекательном отделении [47, 49].

Более рациональной является схема агломерационной фабрики Качканарского ГОКа (рис. 23), по которой часть воздуха, нагретого при просасывании через слой агломерата на чашевом охладителе и очищенного от пыли в электрофилт্রে, смешивается с холодным и подается в секционные горны и в укрытие агломерационной машины. Таким образом, до 40% необходимого для спе-

кания воздуха подается организованным путем. Воздух, аспирируемый от места разгрузки агломерата, также целесообразно подавать после очистки в укрытие агломерационной машины.

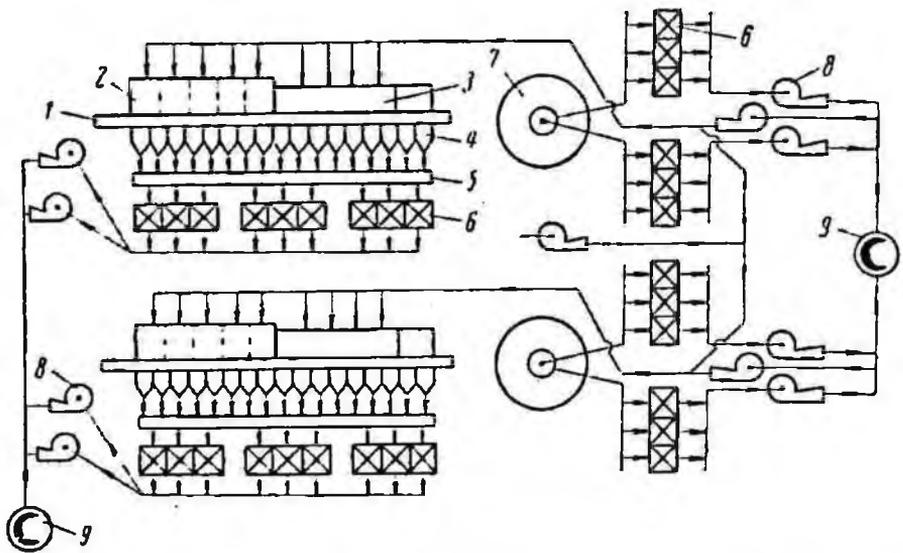


Рис. 23. Газовоздушные тракты агломерационной машины КЗ-200 (АКМ 252/312):

1 — агломерационная машина; 2 — секционный горн; 3 — укрытие агломерационной машины; 4 — вакуум-камера; 5 — газовый коллектор; 6 — пылеуловитель; 7 — чашевый охладитель; 8 — тягодутьевое оборудование; 9 — дымовая труба

Таблица 10
Распределение баланса воздушных потоков агломерационных машин

Поток	Расход воздуха на агломерационных фабриках, км ³ /сек			
	№ 1 ЮГОКа		№ 1 НКГОКа	
	Машина			
	1	2	1	2
Из агломерационного зала	23,6	30,8	36,1	35,9
Из помещения обратного хода тележек . .	22,2	15,8	10,5	10,8
Со стороны разгрузочной части	10,9	11,6	9,4	9,7

Таким образом, уже в настоящее время имеются возможности значительно уменьшить объем воздуха, отсасываемого эксгаустерами из агломерационного зала. Дебаланс воздухообмена можно компенсировать приточными и воздушно-душирующими установками. Только при этих условиях можно организовать аэрацию агломерационного зала в соответствии с требованиями санитарных и строительных норм.

При расчете аэрации выделение тепла оборудованием рекомендуется принимать по табл. 11.

Таблица 11

Выделение тепла оборудованием главных корпусов агломерационных фабрик [51]

Помещение	Тепловыделение, <i>квт</i> , на одну агломерационную машину площадью спекания, <i>м²</i>					
	50	75	100	160	200	312
Спекательное	0,38	0,52	0,64	0,87	2,33	5,80
Обратного хода тележек	0,22	0,29	0,36	0,52	—	—
Газовых коллекторов	0,10	0,14	0,16	0,35	—	—

Для обжиговых машин окомковательных фабрик ориентировочные значения тепловыделений можно принимать также по табл. 11.

§ 4. ГАЛЕРЕИ ПАРЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ

На некоторых фабриках окускования железной руды нагретые влажные материалы (агломерационную шихту, подогретую

Таблица 12

Распределение температуры и относительной влажности воздуха по объему галереи (Температура наружного воздуха 12,6° С, шихты — 38° С, влажность шихты 8,4%, объем притока 1,41 *м³/сек*)

Высота над полом, <i>м</i>	Между левым конвейером и стеной		Между конвейерами		Между правым конвейером и стеной	
	<i>t</i> , °С	ϕ , %	<i>t</i> , °С	ϕ , %	<i>t</i> , °С	ϕ , %
Сечение 1						
2,0	22,8	1,0	23,2	0,98	22,2	1,0
1,5	20,4	0,94	20,7	0,96	21,0	0,97
1,0	20,0	0,96	20,4	0,94	20,6	0,93
0,5	20,1	0,98	19,5	0,94	20,6	0,93
Сечение 2						
2,0	23,0	0,95	23,2	0,98	23,6	1,0
1,5	21,6	0,95	21,4	0,98	22,8	1,0
1,0	21,0	0,92	19,8	0,96	20,0	0,97
0,5	20,0	0,96	19,4	0,97	20,0	0,97
Сечение 3						
2,0	23,4	0,91	24,0	1,0	24,8	1,0
1,5	21,0	0,98	20,0	0,98	24,2	1,0
1,0	20,4	0,98	19,6	0,95	21,6	0,94
0,5	20,0	1,0	19,6	0,94	20,6	0,95

теплом возврата, охлажденный водой возврат агломерата или окатышей) транспортируют ленточными конвейерами. При транспортировке таких материалов в воздух производственных помещений выделяются пыль и водяные пары.

В табл. 12 приведены результаты измерения температуры и влажности в некоторых поперечных сечениях галерей агломерационной фабрики № 1 НКГОКа. Высота галерей 2 м, ширина около 8 м и длина 71 м. На участке длиной 49 м галерея проходит под землей. По галерее двумя ленточными конвейерами ($B_k = 1200$ мм) транспортируется агломерационная шихта. Влага, испаряющаяся при транспортировке шихты, насыщает воздух галерей, образуя иногда туман. Это указывает на недостаточное количество приточного воздуха, поступающего в галерею.

Измерение запыленности воздуха показало (табл. 13), что основным источником пылеобразования в галереях является просыпь

Т а б л и ц а 13

Запыленность воздуха в галереях парящих материалов

Место отбора проб	Параметры окружающего воздуха		Температура, °С		Влажность шихты, %	Запыленность, мг/м³		
	t, °С	Ф, %	воздуха в укрытии	шихты		максимальная	минимальная	средняя

Агломерационная фабрика № 2 НКГОКа (открытые конвейеры)

Над грузеной лентой конвейера	11,8	0,96	—	25—35	4,2	42	17	30
Под порожней лентой конвейера						133	56	90
В проходе между конвейерами						56	23	36

Агломерационная фабрика № 1 ЮГОКа (укрытые конвейеры)

Над грузеной лентой в укрытии возле места загрузки шихты на конвейер	20,4	0,87	45—50	75—80	5,3	34	14	26
Над грузеной лентой в середине галереи						29	14	24
Под порожней лентой конвейера						140	88	125
В проходе между конвейерами						33	24	28

Агломерационная фабрика № 1 ЮГОКа (саморазгружающиеся тележки на отметке +36 м)

Над грузеной лентой конвейера	29,6	0,47	—	67—73	5,5	11	6	8
Под порожней лентой конвейера						237	40	118
В проходе между конвейерами						10	3	7

частиц материала с порожней ленты конвейера. При смыве водой прилипших к ленте частиц и аспирации перегрузочных узлов запыленность воздуха в галереях не превышает предельно допустимой санитарными нормами. Для борьбы с образованием тумана можно использовать общеобменную вентиляцию.

При расчете общеобменной вентиляции необходимо знать количество влаги и тепла, выделяющихся при транспортировании палящих материалов. Исследования закономерностей испарения вла-

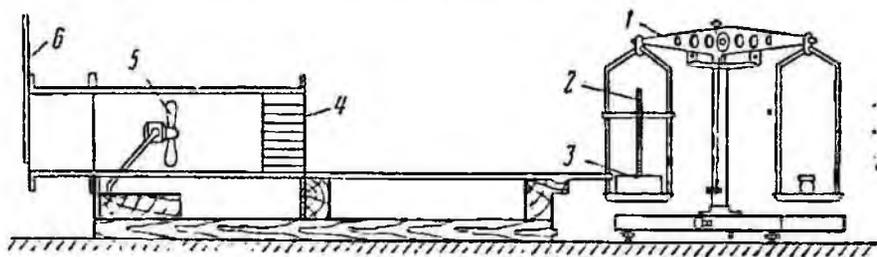


Рис. 24. Лабораторная установка для исследования закономерностей испарения влаги:

1 — технические весы; 2 — термометр; 3 — бокса с влажным материалом; 4 — пластинчатая решетка; 5 — осевой вентилятор; 6 — дроссельная заслонка

ги с поверхности зернистых материалов проведены на лабораторной установке (рис. 24). Результаты экспериментов [56] подтвердили прямо пропорциональную зависимость между количеством испаряющейся влаги и разностью парциальных давлений

$$G = \alpha' (P_f - \varphi P_0) F \frac{101.3}{P_{бар}}, \text{ кг/сек}, \quad (73)$$

где α' — коэффициент массообмена, $\text{кг/кн} \cdot \text{сек}$;
 φ — относительная влажность окружающего воздуха;
 P_f, P_0 — парциальные давления насыщающих водяных паров при температуре материала и окружающего воздуха, кн/м^2 ;

F — площадь поверхности испарения в плане, м^2 ;

$$F = 0,6 B_k l, \text{ м}^2, \quad (74)$$

B_k — ширина ленты конвейера, м ;

l — длина открытой части конвейера, м ;

$P_{бар}$ — барометрическое давление, кн/м^2 .

Зависимость коэффициента массообмена от вида материала, крупности, влажности и скорости его транспортировки, установленная методом корреляционного анализа, имеет вид [46]

$$\alpha' = (A_0 + 0,34D + 9,6v) 10^{-6} \cdot W^n, \text{ кг/кн} \cdot \text{сек}, \quad (75)$$

где A_0 и n — опытные величины, зависящие от вида материала (табл. 14);

D — крупность материала, мм ;

v — скорость транспортировки материала, м/сек;
 W — влажность материала, %.

Для других материалов аналогичного минерального состава значения A_0 и n можно также принимать по табл. 14.

Таблица 14

Значение опытных величин

Материал	A_0	n
Аглошхста НКГОКа	9,8	0,4
Аглошхста Камыш-Бурунского ЖРК	0,5	0,8
Аглоруда НКГОКа	17,0	0,4
Руда Михайловского ЖРК (КМА)	5,0	0,6
Обоженная руда ЦГОКа	9,6	0,5
Окатыши ЦГОКа	3,8	0,5
Возврат окатышей	7,5	0,5

Крупность полидисперсных материалов рекомендуется вычислять, учитывая их гранулометрический состав, по формуле

$$D = 0,2 \sqrt{\sum_{i=1}^n N_i d_i^2}, \text{ мм}, \quad (76)$$

где N_i — содержание в материале фракции со средним геометрическим диаметром зерен d_i , % по весу.

Вычисление коэффициента массообмена по вышеприведенным формулам не вызывает больших затруднений [57]. При ориентировочных расчетах коэффициент массообмена находят по номограмме (рис. 25). Схема определения $A_0 \rightarrow v_f \rightarrow D \rightarrow \alpha' \leftarrow n \leftarrow W$.

Количество тепла, выделяющегося в воздух помещения с паром (скрытое тепло), определяют по уточненной М. И. Фильнеем [52] зависимости

$$Q_c = (2500 + 1,8t_f) G, \text{ квт}. \quad (77)$$

Количество явного тепла вычисляют по известной формуле Ньютона — Рахмана

$$Q = \alpha (t_f - t_0) F, \text{ квт}, \quad (78)$$

где α — коэффициент теплообмена, квт/м²·град;
 t_f — температура транспортируемого материала, °С;
 t_0 — температура окружающего воздуха, °С.

Исследованиями теплообмена, проведенными на опытном стенде (рис. 26), получено критериальное уравнение теплообмена в виде

$$Nu = 8,95 Re^{0,5}, \quad (79)$$

где Nu — критерий Нуссельта ($Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$);

Re — критерий Рейнольдса ($Re = v_f \frac{l}{\nu}$);

λ — коэффициент теплопроводности воздуха, *квт/м·град*;

ν — коэффициент кинематической вязкости воздуха, *м²/сек.*

Коэффициент теплообмена равен

$$\alpha = 5,7 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{v_f}{l}}, \text{ квт/м}^2 \cdot \text{град.} \quad (80)$$

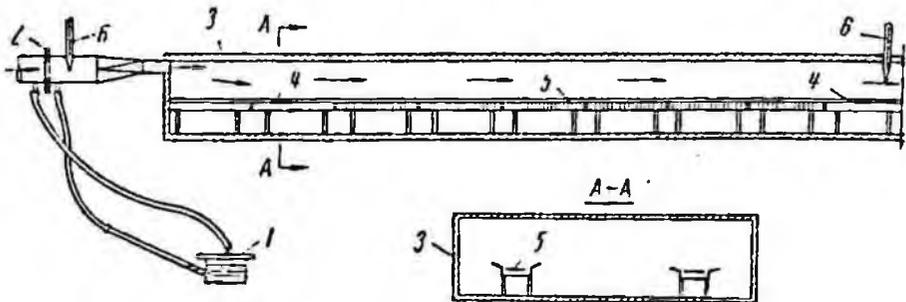


Рис. 26. Экспериментальный стенд:

1 — микроманометр; 2 — измерительная диафрагма; 3 — корпус модели; 4 — холодные секции модели конвейера; 5 — нагреваемые секции; 6 — термометр

Воздухообмен для обестуманивания галерей рассчитывают графоаналитическим методом, пользуясь $I-d$ диаграммой.

Для этого определяют угловой масштаб процесса

$$\varepsilon = \frac{Q + Q_c}{G}, \text{ кдж/кг.} \quad (81)$$

Затем на $I-d$ диаграмме через точку 3 (рис. 27), характеризующую расчетные параметры воздуха в галерее, проводят луч процесса до пересечения с влажосодержанием приточного воздуха в зимний период (точка 1) и в переходный период (точка 2). Параметры воздуха (точка 4), удаляемого из помещения, выбирают таким образом, чтобы температура точки росы уходящего воздуха была выше на 1°C температуры внутренней поверхности наружного ограждения.

Расчет воздухообмена следует выполнять для переходного периода. Количество приточного воздуха равно

$$G_B = \frac{G}{d_4 - d_2}, \text{ кг/сек,} \quad (82)$$

где d_4 и d_2 — влажосодержание уходящего и приточного воздуха, *кг/кг.*

На модели конвейерной галереи, схема которой показана на рис. 26, исследовали распределение температуры воздуха по объе-

му галерей при различных расходах приточного воздуха и тепло-выделениях. При моделировании были выдержаны рекомендован-

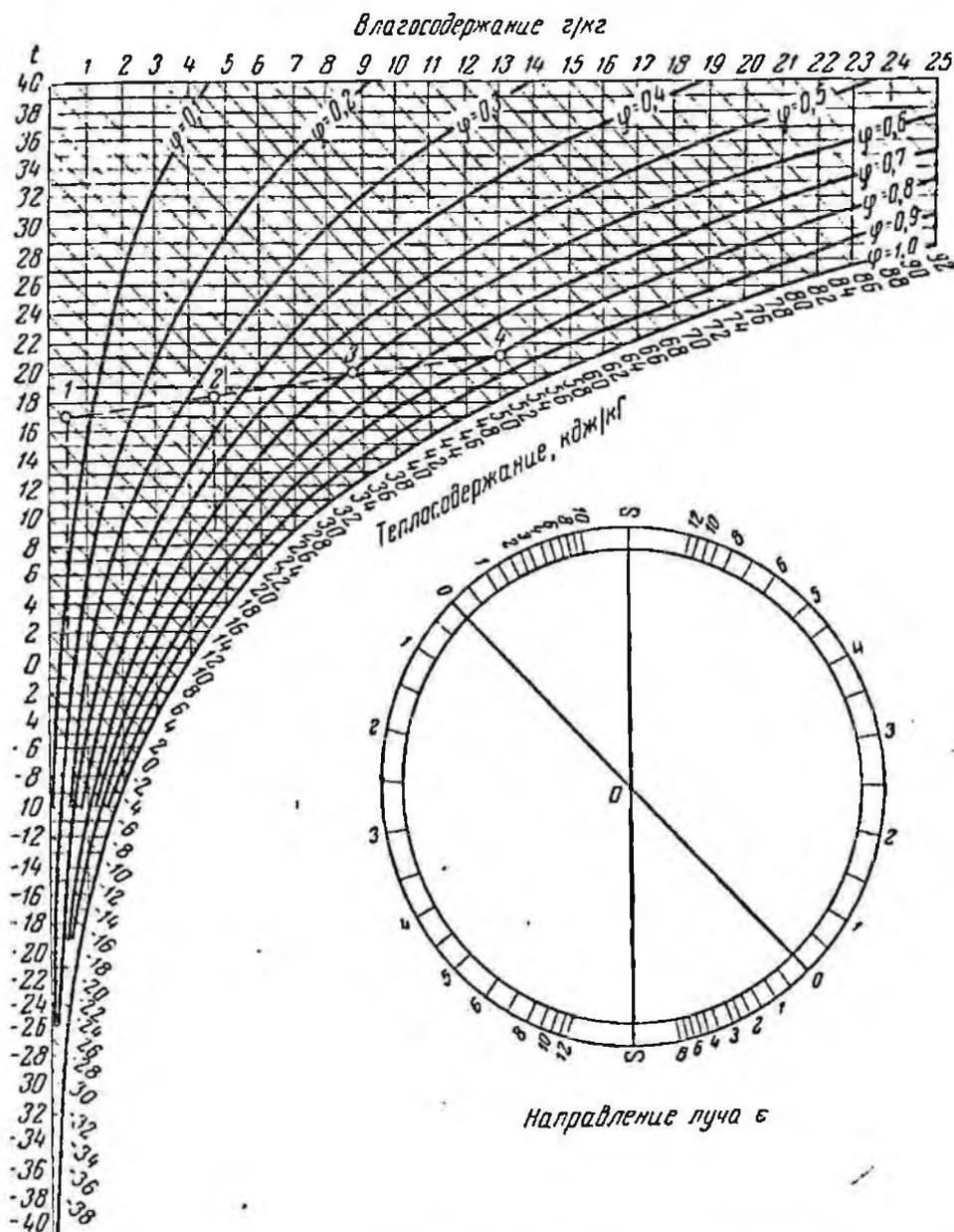


Рис. 27. Построение луча изменения состояния воздуха на $t-d$ диаграмме

ные масштабы [53]. Потери тепла в помещении компенсировали мощностью источников тепла [54].

Прирост теплосодержания сухого воздуха

$$\Delta I = c\Delta t, \text{ кДж/кг.}$$

(83)

Прирост теплосодержания пара в воздухе по формуле (77) составляет

$$\Delta I_c = (2500 + 1,8\Delta t) \Delta d, \text{ кдж/кг.} \quad (84)$$

Можно составить отношение

$$\frac{\Delta I}{\Delta I_c} = \frac{Q}{Q_c} = \vartheta. \quad (85)$$

Следует отметить, что симплекс ϑ является такой же характеристикой процесса изменения состояния воздуха при выделении влаги и тепла, как и угловой масштаб ε , потому что они являются функциями одних и тех же величин:

$$\varepsilon = f_1(Q, I_c, G), \quad \vartheta = f(Q, I_c, G).$$

Кроме того, они связаны отношением

$$\varepsilon = I_c(\vartheta + 1), \text{ кдж/кг.} \quad (86)$$

По формуле (85)

$$\Delta I = \Delta I_c \vartheta$$

или с учетом уравнений (83) и (84)

$$c\Delta t = (2500 + 1,8\Delta t) \Delta d \vartheta, \quad (87)$$

откуда

$$\Delta d = \frac{c\Delta t}{(2500 + 1,8\Delta t) \vartheta}. \quad (88)$$

Прирост влагосодержания воздуха

$$\Delta d = \bar{d} - d_{пр},$$

а прирост температуры

$$\Delta t = \bar{t} - t_{пр}.$$

Черточкой сверху обозначены усредненные по объему помещения влагосодержание и температура воздуха; $d_{пр}$ — влагосодержание, а $t_{пр}$ — температура приточного воздуха. Тогда уравнение (88) примет вид

$$(\bar{d} - d_{пр}) = \frac{c(\bar{t} - t_{пр})}{[2500 + 1,8(\bar{t} - t_{пр})] \vartheta}. \quad (89)$$

Действительная температура и влагосодержание воздуха в различных точках помещения отличаются от их средних значений. Поэтому для нахождения отклонения влагосодержания от среднего в зависимости от отклонения температуры можно применить к уравнению (89) правило оценки погрешности функциональной зависимости [44]

$$\delta Y = \sqrt{\sum_1^n \left(\frac{\partial f}{\partial X_i} \delta X_i \right)^2}, \quad (90)$$

где δ — погрешность функции и аргумента.

После преобразования получим

$$\delta(\bar{d} - d_{\text{пр}}) = \frac{2500c}{[2500 + 1,8(\bar{t} - t_{\text{пр}})]^2 \vartheta} \delta(\bar{t} - t_{\text{пр}}). \quad (91)$$

По правилу погрешность разности [55]

$$\delta(\bar{d} - d_{\text{пр}}) = \delta\bar{d} + \delta d_{\text{пр}} = \delta\bar{d},$$

так как $d_{\text{пр}} = \text{const}$ и $\delta d_{\text{пр}} = 0$.

Аналогично

$$\delta(\bar{t} - t_{\text{пр}}) = \delta\bar{t}.$$

Если принять за величину ошибки среднеквадратичные отклонения $\delta\bar{d} = s_d$ и $\delta\bar{t} = s_t$, то уравнение (91) примет вид

$$s_d = \frac{2500c}{[2500 + 1,8(\bar{t} - t_{\text{пр}})]^2 \vartheta} s_t. \quad (92)$$

Таким образом, по отклонению температуры от среднего значения можно найти отклонение влагосодержания при известной характеристике процесса ϑ , что и было использовано при моделировании.

На модели были исследованы следующие схемы подачи приточного воздуха: плоской, настилающейся на перекрытие струей, в начале галереи и через перфорированный воздуховод сверху вниз в проход между конвейерами и встречными струями через два воздуховода, установленных под перекрытием у наружных ограждений с окнами.

Обработкой экспериментальных данных установлено, что при организации воздухообмена по этим схемам поля температур аналогичны, и среднеквадратичные отклонения температуры описываются уравнением

$$s_t = 0,38 \sqrt{Q} \exp(-0,66G_s^{0,2}), \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (93)$$

Следовательно, испытанные схемы воздухообмена эквивалентны по эффективности и могут быть рекомендованы для вентиляции галерей парящих материалов.

На основании экспериментальных исследований в лабораторных и промышленных условиях, а также опыта эксплуатации можно рекомендовать правила устройства общеобменной вентиляции галерей парящих материалов.

При транспортировании парящих материалов с умеренной температурой (до 40—50°С) устраивается общеобменная вентиляция при условии ассимиляции влаговывделений. Вентилируемый объем галерей отделяется от помещений перегрузочных узлов негоряемыми перегородками с самозакрывающимися герметичными дверями (рис. 28, а). Проемы в перегородках для прохода ленты конвейера должны быть минимальными и уплотнены транспортной лентой.

Приточный воздух подается в нижнюю часть галерей на участке $2/3$ ее длины через перфорированные воздуховоды или воздуховоды с окнами.

Вытяжка из галерей осуществляется шахтой с естественным или механическим побуждением, а также через трубы с дефлекторами.

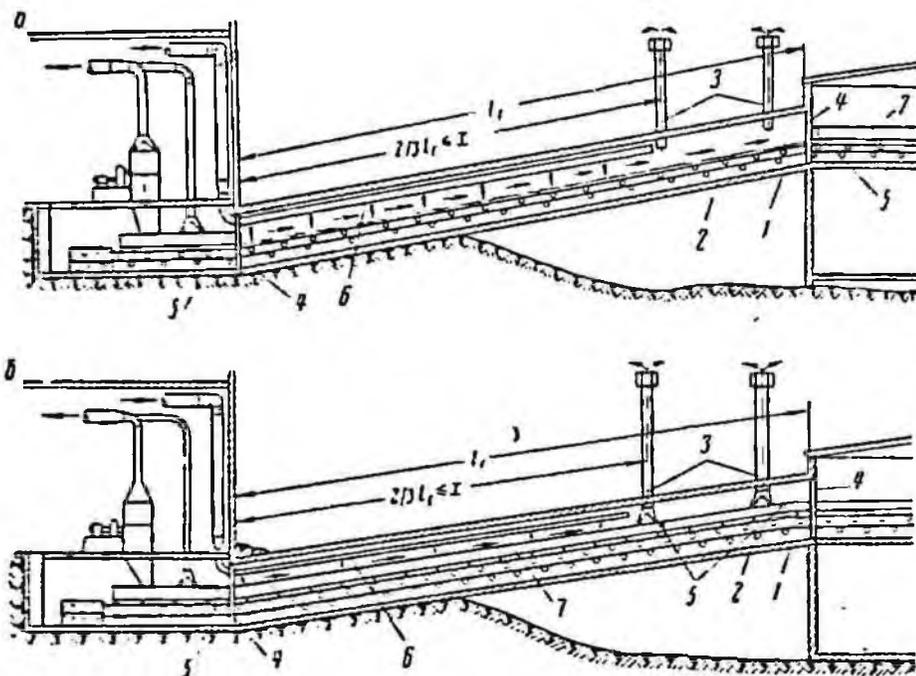


Рис. 28. Вентиляция галерей при транспортировке парящих материалов: а — с температурой до $45-50^{\circ}\text{C}$; б — с температурой выше 45°C ; 1 — галерея; 2 — конвейер; 3 — естественные вытяжки; 4 — перегородки с samozакрывающимися дверями; 5 — перегородки в укрытиях конвейеров; 6 — приточный воздуховод; 7 — укрытие конвейеров

Для предотвращения опрокидывания тяги в зимний период вытяжки располагаются в верхней части галерей на расстоянии от нижней перегородки не менее $2/3$ длины галерей. Место установки первой вытяжки определяют из условия

$$\frac{2}{3} l_r < x < \frac{V_r \rho_0}{2G_B}, \quad (94)$$

где l_r — длина галерей, м;
 V_r — объем галерей, м^3 .

Если это условие невыполнимо, следует предусматривать дополнительную перегородку в середине галерей и организовывать самостоятельный воздухообмен в каждом из отсеков по вышеприведенным правилам.

Для существующих галерей, имеющих небольшую высоту поперечного сечения (до 2,5 м), был разработан и испытан на агло-

мерационной фабрике НКГОКа [58] плоский воздухоораспределитель, схема которого и размеры, кратные ширине воздуховыпускного канала, показаны на рис. 29.

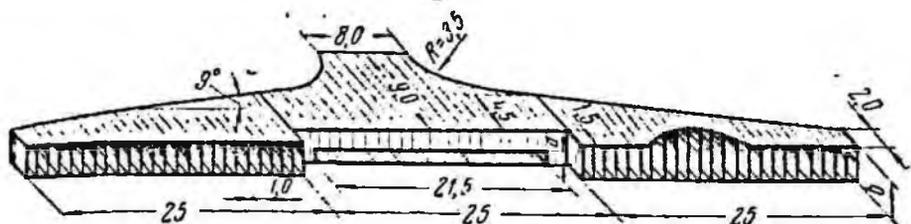


Рис. 29. Воздухораспределитель

Воздухораспределитель состоит из двух патрубков переменного сечения с направляющими пластинами и центрального тройника. Через горизонтальную щель a в стенке тройника предусмотрен выпуск воздуха. От величины отношения a/b зависит количество воздуха, выходящего через щель $g_{щ} = \frac{G_{щ}}{G_B}$, коэффициент неравномерности распределения воздуха по отдельным каналам k и коэффициент местного сопротивления воздухоораспределителя ξ (рис. 30).

При конструировании воздухоораспределителя задаются максимальным линейным размером его, учитывая размещение в галерее. Ширина одного канала равна $1/75$ длины воздухоораспределителя. Размеры a и b выбирают в зависимости от распределения и обеспечения необходимой скорости выпуска воздуха из насадка.

При транспортировке парящих материалов с температурой выше $45-50^\circ\text{C}$ конвейеры оборудуют емкими герметичными укрытиями с естественными вытяжками из их полости (см. рис. 28, б). Объем вытяжки и притока предусматривается из расчета $0,11 \text{ м}^3/\text{сек}$ на 1 пог. м конвейера [51].

Расстояние от нижней перегородки до места установки первой вытяжки определяют из условия

$$\frac{2}{3} l_r < x < 4,55 \frac{F_r}{n}, \quad (95)$$

где F_r — площадь поперечного сечения галереи, м^2 ;
 n — число параллельно установленных в галерее конвейеров.

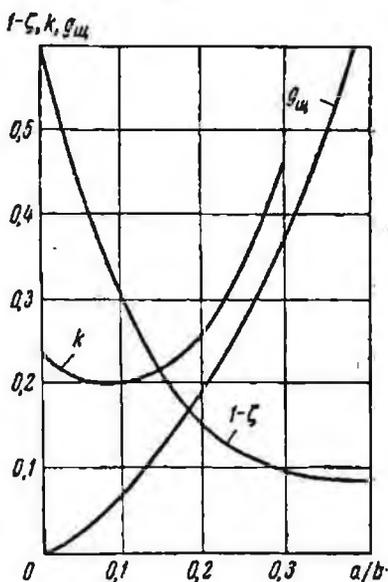


Рис. 30. Аэродинамическая характеристика воздухоораспределителя

ГЛАВА IV

ОЧИСТКА ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ВОЗДУХА ОТ ПЫЛИ

§ 1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОЧИСТКЕ ВОЗДУХА

Наиболее сложной проблемой, требующей скорейшего решения, является проблема защиты воздушного бассейна от промышленных загрязнений. Несмотря на постоянное совершенствование очистки дымовых и вентиляционных газов, количество промышленных отходов, поступающих в атмосферу, с развитием производства непрерывно увеличивается.

Для создания нормальных санитарно-гигиенических условий труда и предупреждения загрязнения воздушного бассейна, а также комплексного использования сырья в СССР существуют нормы допустимого содержания пыли в воздухе производственных помещений и выбрасываемом в атмосферу.

В соответствии с нормами необходимо сократить до минимума количество вредных выбросов в атмосферу. Это возможно при соответствующем ведении технологического процесса, а также при эффективной работе пылеулавливающих устройств.

Эффективность пылеулавливания и оптимальная высота труб для выбросов (как очищенных, так и не очищенных) определяются из условия, при котором максимальные разовые концентрации пыли, рассеивающиеся в атмосферном воздухе, не превышали бы предельно допустимых санитарными нормами.

Допустимое содержание пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, устанавливается в зависимости от предельно допустимой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений [59]:

Предельно допустимая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений, мг/м³

2 и меньше
2—4
4—6
6—10

Допустимое содержание пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, мг/м³

30
60
80
100

Разрешается выбрасывать загрязненный воздух без предварительной очистки при концентрации пыли в нем менее допустимой.

Содержание пыли в воздухе, подаваемом в помещения приточными установками (включая установки с рециркуляцией), не должно превышать 30% предельно допустимых концентраций с тем, однако, чтобы общее содержание вредных примесей в воздухе рабочей зоны не превышало предельно допустимых концентраций.

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ

В настоящее время нет определенной классификации пылеуловителей. В специальной литературе пылеуловители разделяют по

степени очистки воздуха от пыли, по механизму улавливания и по характеристике очищаемого воздуха.

Классификация пылеуловителей по степени очистки воздуха весьма условна, так как эффективность пылезадержания зависит от свойств пыли. Поэтому один и тот же пылезадерживающий аппарат может дать различные результаты, улавливая разную пыль. Тем не менее в зависимости от степени очистки они подразделяются [60, 61, 62] на пылеуловители грубой, средней и тонкой очистки (пылеотделители и фильтры).

Пылеуловители грубой очистки улавливают только фракцию пыли более 10 мк и не обеспечивают очистку воздуха до предельно допустимых концентраций. Пылеуловители средней очистки позволяют получить такую степень очистки, а пылеуловители тонкой очистки позволяют использовать воздух с рециркуляцией.

По механизму пылезадержания пылеуловители разделяют на механические (гравитационные и инерционные), фильтры контактного действия (простые и волокнистые) и электрофильтры.

В последнее время получили распространение пылеуловители, основанные на использовании действия электрических и магнитных сил, а также конденсационного и акустического укрупнения частиц.

В механических пылеуловителях для отделения пыли используют различие плотностей газовой и твердой фаз аэрозоли. Под действием силы тяжести, центробежных или кориолисовых сил частицы пыли осаждаются или выделяются из газового потока.

К механическим пылеуловителям относятся пылеосадительные камеры, различные циклоны и скрубберы, инерционные и вращающиеся центробежные пылеуловители, ротационные и жалюзийные пылеотделители, барботажные и пенные аппараты.

В фильтрах контактного действия пыль задерживается в результате соприкосновения (контакта) пылевых частиц с поверхностью пористого слоя фильтра. Частицы пыли из потока выделяются также благодаря потери кинетической энергии при движении через многочисленные извилистые каналы в пористом слое. В процессе работы фильтра на его поверхности накапливается слой пыли, который сам становится пористым фильтрующим слоем.

К фильтрам контактного действия относятся фильтры из различных слоев (гравий, кокс, шлак), из различных наполнителей (металлическая или древесная стружка, опилки, резиновая крошка, фарфоровые или металлические короткие цилиндры), из слоев нитеобразных материалов (стеклянная вата, волокна шерсти, шпагата, проволоки), из проволочных сеток и решеток, матерчатые и бумажные фильтры.

До повышения эффективности пылезадержания фильтрующую поверхность пористых фильтров смачивают специальным маслом, чистой водой или водой с примесью эмульгаторов.

В электрических фильтрах пыль под действием электрического

поля задерживается на осадительных электродах. Частицы пыли заряжаются в поле коронного разряда.

Эффективность работы пылеуловителей можно повысить предварительным укрупнением частиц. Для этого в последнее время широко используют различные методы.

Так, при акустической коагуляции звуковые волны вовлекают в колебания мелкие (от 0,001 до 10 мкм) частицы пыли. Увеличение числа столкновений частиц приводит к образованию конгломератов, а укрупненные частицы легко улавливаются простейшими пылеуловителями.

При конденсационном методе на частицах пыли в пересыщенном водяными парами воздухе конденсируется влага. Капли конденсата могут быть уловлены простейшим пылеуловителем.

При определении возможностей того или иного пылеуловителя необходимо точно определять механизм пылезадержания. Только после этого, учитывая характеристику улавливаемой пыли, аппарат можно отнести к пылеуловителям грубой, средней или тонкой очистки.

§ 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛИ

Наиболее простыми механическими пылеуловителями являются пылесадительные камеры, в которых вследствие снижения скорости, а в ряде конструкций и изменения направления движения воздуха пыль выпадает под действием силы тяжести. При скорости движения воздуха от 0,3 до 1 м/сек осаждаются частицы размером более 20 мкм.

Пылесадительные камеры служат для грубой очистки воздуха, повышая эффективность и срок службы основных пылеуловителей. Аэродинамическое сопротивление камер не превышает 150 н/м² [10].

Основным условием успешной работы камер является равномерное движение воздуха по всему сечению и своевременная уборка осевшей пыли. Последнее можно осуществлять водой, устанавливая в камере форсунки. Вода также повышает эффективность пылеосаждения.

Принцип действия инерционных пылесадителей основан на осаждении пыли при изменении направления движения воздуха на препятствии (кольца, пластины). Типичным инерционным пылеуловителем является жалюзийный пылеуловитель ВТИ [63], скорость входа воздуха в который составляет 12—15 м/сек, а аэродинамическое сопротивление достигает 300—400 н/м². Эффективность очистки воздуха от пыли крупностью более 10 мкм составляет 60%.

Механические пылеуловители — циклоны, мультициклоны и скрубберы — применяются для грубой и средней очистки от пыли как самостоятельно, так и в сочетании с другими аппаратами в качестве первой ступени очистки.

Институт Сантехпроект (Москва) совместно с другими научно-исследовательскими и проектными институтами изучил устройства для очистки вентиляционного воздуха от пыли, в результате которого установлено, что наиболее эффективными являются циклоны ЦН-11 НИИОгаза. Для массового промышленного изготовления рекомендованы циклоны диаметром 400, 500, 630 и 800 мм, устанавливаемые индивидуально или группами по четыре циклона в каждой [63].

На рис. 31 показан общий вид, а в табл. 15 приведены технические данные циклонов ЦН-11.

Коэффициент сопротивления циклона ЦН-11, отнесенный к условной средней скорости воздуха в горизонтальном сечении корпуса, равен для индивидуальной установки 250 и для групповой — 300.

Там, где не требуется высокая степень очистки, можно использовать циклоны ЦН-15 НИИОгаза, Свердловского института охраны труда (СИОТ), Ленинградского института охраны труда (ЛИОТ), Всесоюзного центрального научно-исследовательского института охраны труда (ВЦНИИОТ) с обратным конусом, а также батарейные циклоны [63, 64].

В горнорудной промышленности широко применяются мокрые способы очистки воздуха от пыли в циклонах-промывателях СИОТ, в пленочных циклонах УВП-ЛИОТ [11], скрубберах Всесоюзного теплотехнического института (ВТИ), пылеуловителях ударно-смывного действия УСД-ЛИОТ, а также в пенных пылеуловителях [63].

Циклоны-промыватели СИОТ и пленочные циклоны УВП-ЛИОТ рекомендуются для средней очистки воздуха от пыли. В настоящее вре-

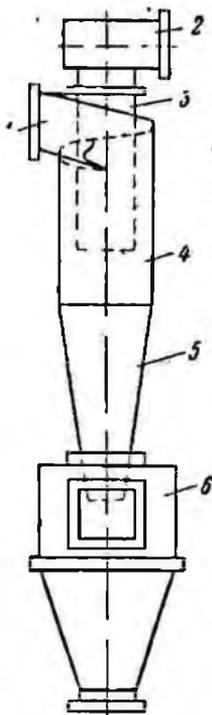


Рис. 31. Циклон ЦН-11 НИИОгаза: 1 — входной патрубок; 2 — улитка для выхода газа из циклона; 3 — выходная труба; 4 — цилиндрическая часть; 5 — коническая часть; 6 — бункер

Таблица 15

Техническая характеристика циклонов ЦН-11

Число циклонов в группе	Аэродинамическое сопротивление, н/м^2	Диаметр циклона, мм			
		400	500	630	800
		Производительность, $\text{м}^3/\text{сек}$			
1	700	0,27	0,42	0,67	1,1
	1200	0,35	0,55	0,87	1,4
4	700	1,0	1,5	2,5	4,0
	1200	1,3	2,0	3,2	5,0

мя разработаны три типа циклонов СИОТ: с раскручивателем, направляющим выходящий поток вниз, с раскручивателем-улиткой и без раскручивателя, с выбросом воздуха вверх.

Существуют левое и правое исполнения циклонов. При левом исполнении воздух движется против часовой стрелки.

На рис. 32 показан общий вид циклона-промывателя СИОТ, а в табл. 16 приведены технические данные.

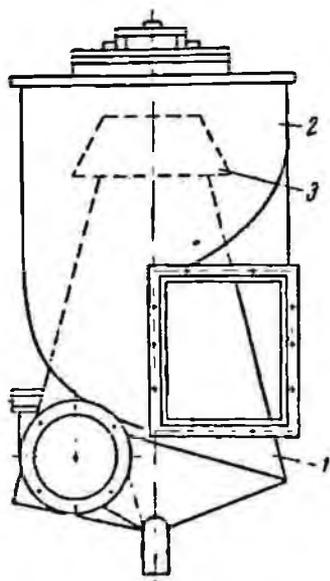


Рис. 32. Циклон-промыватель СИОТ:

1 — корпус; 2 — раскручиватель; 3 — днище водораспределителя

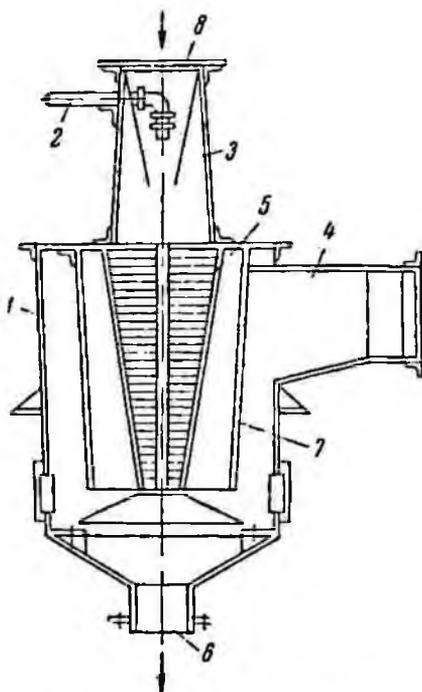


Рис. 33. Пылеуловитель ударно-сбивного действия УСД-ЛИОТ:

1 — корпус; 2 — форсунка; 3 — входной патрубок; 4 — выходной патрубок; 5 — отражательные кольца; 6 — сливной патрубок для стока шлама; 7 — отражатель; 8 — сетка

Циклоны УВП-ЛИОТ имеют производительность от 0,375 до 3,68 м³/сек. Удельный расход воды 0,1—0,4 дм³/м³. Коэффициент местного сопротивления, отнесенный к скорости воздуха во входном патрубке, равен 2,8. Эффективность очистки воздуха зависит от дисперсного состава пыли и диаметра циклона. Исследования, проведенные на горнообогатительных комбинатах [65], показали, что эффективность обеспыливания в циклонах СИОТ диаметром 1900 мм и в пленочных циклонах ЛИОТ диаметром 800—1000 мм одинаковая и составляет 92,6%. Установлено также, что эффективность этих аппаратов снижается до 76,6% при очистке воздуха от гидрофобной пыли. Удельный расход воды на 1 м³ очищаемого воздуха составляет 0,063 дм³ при скорости входа 15 м/сек.

Техническая характеристика циклонов-промывателей СИОТ

Циклон	Производительность, м ³ /сек при скорости воздуха во входном патрубке, м/сек			Расход воды, дм ³ /сек, при скорости воздуха во входном патрубке, м/сек		
	15	18	21	15	18	21
1	0,7	0,8	1,0	0,045	0,034	0,028
2	1,2	1,4	1,6	0,075	0,05	0,045
3	1,8	2,2	2,5	0,11	0,078	0,067
4	2,7	3,1	3,6	0,17	0,11	0,095
5	3,7	4,4	5,2	0,23	0,16	0,14
6	5,2	6,2	7,3	0,33	0,22	0,18
7	7,4	8,9	10	0,45	0,32	0,27
8	10	12	15	0,66	0,45	0,38
9	15	18	21	0,93	0,64	0,54
10	21	25	29	1,31	0,90	0,76
11	30	35	41	1,86	1,27	1,08
12	42	50	53	2,62	1,80	1,52

0,036 дм³ при скорости входа 18 м/сек и 0,026 дм³ при скорости входа 21 м/сек.

Пылеуловитель УСД-ЛИОТ (рис. 33) предназначен для средней очистки воздуха от пыли. В табл. 17 приведены технические данные этих пылеуловителей. Эффективность очистки воздуха в данных пылеуловителях составляет 99,0% и более.

Центробежные скрубберы ВТИ Промстройпроекта (рис. 34) имеют скорость воздуха во входном патрубке 15—23 м/сек. При этом коэффициент сопротивления равен 2,5.

Степень очистки в зависимости от дисперсного состава, скорости воздуха и размеров цилиндрической части изменяется от 86 до 99%. Расход воды составляет 0,2—0,5 л на 1 м³ воздуха.

Помимо указанных пылеуловителей для очистки аспирационного воздуха используются пенные газоочистители [11, 63].

Институтом НИИрудвентилиация на дробильной фабрике ЮГОКа проведены сравнительные испытания циклона ВТИ ПСП,

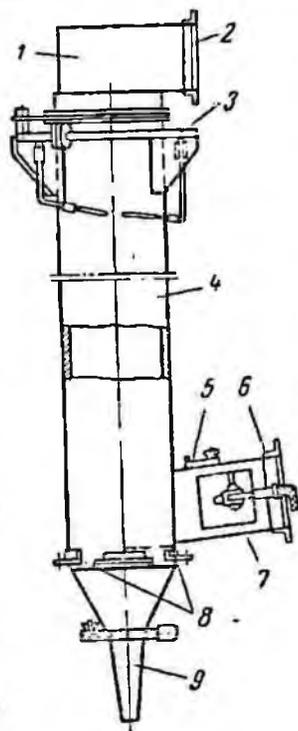


Рис. 34. Центробежный скруббер конструкции ВТИ Промстройпроекта:

1 — улитка; 2 — выходной патрубок; 3 — оросительная труба; 4 — корпус; 5 — люк Ø60 мм; 6 — входной патрубок; 7 — смывное приспособление; 8 — опоры; 9 — конусный патрубок (гидрозатвор)

Таблица 17

Техническая характеристика пылеуловителей УСД-ЛИОТ

Пылеуловитель	Производительность, м ³ /сек	Скорость воздуха, м/сек	Сопротивление, н/м ²	Расход воды, д.м ³ /сек	Форсунки			Число колец, шт.
					Диаметр отверстий, мм		Число, шт.	
					центрально-угловая	прямоточная		
4 1/2	0,40	13,8	450	0,08	5,5	3,5	1	40
	0,44	15,1	550	0,087				
	0,48	16,5	650	0,095				
5	0,49	13,8	450	0,098	7	4	1	44
	0,54	15,1	550	0,108				
	0,59	16,5	650	0,117				
5 1/2	0,60	13,8	450	0,119	3,0	2,5	3	48
	0,65	15,1	550	0,131				
	0,71	16,5	650	0,142				
6 1/2	0,83	13,8	450	0,116	3,5	3,5	3	56
	0,91	15,1	550	0,183				
	1,0	16,5	650	0,199				
7 1/2	1,1	13,8	450	0,221	5	3,5	3	65
	1,2	15,1	550	0,243				
	1,3	16,5	650	0,265				
8 1/2	1,4	13,8	450	0,284	6,5	4	3	73
	1,6	15,1	550	0,312				
	1,7	16,5	650	0,34				
9 1/2	1,8	13,8	450	0,354	6,5	4	4	81
	2,0	15,1	550	0,39				
	2,1	16,5	650	0,425				
12	2,8	13,8	450	0,566	6,5	4	6	103
	3,1	15,1	550	0,622				
	3,4	16,5	650	0,678				
18	6,4—7,3	14—16	450—650	1,28—1,46	—	—	12	144

циклона-промывателя СИОТ (как с цилиндрическим, так и с коническим корпусом) и пенного аппарата [66], в результате которых установлено, что циклон с водяной пленкой, пенный аппарат и промыватель с коническим корпусом менее чувствительны к изменению скорости подачи воздуха, чем циклон-промыватель с коническим корпусом. Уменьшение скорости входа воздуха в этот

аппарат всего на 20% снижает эффективность очистки воздуха — с 97,4 до 92,6%, а при уменьшении скорости на 30% эффективность снижается до 52,6%.

Изменение расхода воды в пределах 0,05—0,2 $\text{дм}^3/\text{м}^3$ и более существенно не влияет на эффективность пылезадержания. Оптимальным удельным расходом воды (с учетом гидротранспорта пыли) для всех аппаратов является 0,1 $\text{дм}^3/\text{м}^3$.

Циклоны-промыватели и пленочные циклоны при оптимальных режимах подачи воды и воздуха обеспечивают очистку до 30 $\text{мг}/\text{м}^3$, если начальная запыленность воздуха не превышает 1000 $\text{мг}/\text{м}^3$. Пенный аппарат в тех же условиях дает тот же результат при начальной запыленности 1500 $\text{мг}/\text{м}^3$.

Сравнением веса и основных размеров пылеуловителей при одинаковой производительности установлено, что отношение весов циклона-промывателя, пленочного циклона и пенного аппарата составляет 1:2,0:2,6, а отношение основных размеров 1:1,3:1,6. Поэтому из мокрых пылеуловителей предпочтение отдается циклоно-промывателю с коническим корпусом.

Степень очистки воздуха в циклонах, скрубберах и других аппаратах мокрой очистки сравнительно невысокая, особенно по отношению к мелким (менее 10 $\mu\text{м}$) фракциям пыли. Повысить эффективность пылеулавливания можно предварительным укрупнением и коагуляцией частиц.

Наиболее эффективными способами укрупнения частиц пыли являются: конденсационный [67], коагуляция в звуковом поле с введением дополнительных жидкостных аэрозолей [68], укрупнение в высокоскоростном орошаемом потоке (трубы Вентури) [10].

Указанные способы коагуляции пыли требуют больших энергетических затрат и громоздких коагуляционных установок, что не всегда можно осуществить, особенно на действующих предприятиях.

Для повышения эффективности мокрых инерционных пылеуловителей в институте НИИрудвентиляция разработан уголкового коагулятор, устанавливаемый перед пылеуловителем. Он представляет собой два ряда орошаемых уголков $36 \times 36 \text{ мм}$. В первом ряду уголки установлены ребром навстречу газовому потоку, во втором — по направлению потока. Расстояние между уголками в ряду равно расстоянию между кромками полков уголка, а между рядами — l [69].

Для уменьшения аэродинамического сопротивления площадь поперечного сечения участка газохода в месте установки коагулятора несколько увеличивается, а уголки располагаются под углом 45° к основанию газохода. Запыленный воздух орошается форсунками или перфорированной трубкой. Для предотвращения заиливания участок газохода, в котором устанавливается коагулятор, должен иметь угол наклона не менее 10° .

Коэффициент аэродинамического сопротивления уголкового

Изменение коэффициента аэродинамического сопротивления уголкового коагулятора в зависимости от параметров коагулятора и скорости воздуха

Параметры уголкового коагулятора		Средняя скорость воздуха перед коагулятором, м/сек	Расход воздуха, м ³ /сек	Коэффициент аэродинамического сопротивления
Расстояние				
между уголками, мм	между рядами уголков, мм			
30	20	10,8	4,9	16,3
		9,3	4,2	18,6
		6,7	3,1	23,1
50	20	10,8	4,9	8,1
		9,5	4,3	9,7
		6,4	2,9	8,2
		5,0	2,3	8,2
50	10	9,7	4,5	16,8
		9,4	4,3	15,1
		6,8	3,1	18,4
		3,8	1,8	13,0
30	10	11,3	1,9	21,6
		9,5	4,3	17,4
		6,4	2,9	21,4

коагулятора зависит от его параметров, а также от скорости набегающего потока воздуха (табл. 18).

На рис. 35 показаны результаты промышленных испытаний скруббера ВТИ без уголкового коагулятора и совместно с уголковым коагулятором на ЮГОКе. Последний собран из уголков 36×36 мм с расстоянием между уголками в ряду 50 мм и между рядами 10 мм. Как видно, эффективность пылеулавливания при установке уголкового коагулятора возросла до 99,6%.

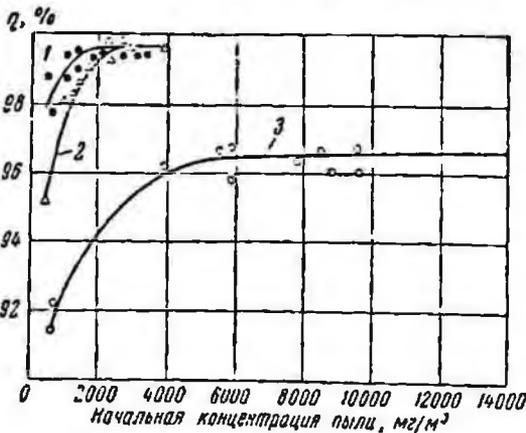


Рис. 35. Эффективность очистки в скруббере ВТИ в зависимости от начальной концентрации пыли:

1, 2 — с уголковым коагулятором при расходе воды соответственно 50 и 100 см³/м³; 3 — без уголкового коагулятора при расходе воды 100 см³/м³

Увеличение расхода воды на орошение повышает эффективность осаждения пыли. Фракционный состав пыли до и после очистки представлен в табл. 19.

Т а б л и ц а 19
Влияние уголкового коагулятора на дисперсный
состав пыли

Крупность частиц, мкм	Содержание пыли, %		
	до пыле- уловителя	после пылеуловителя	
		без коагуля- тора	с коагуля- тором
0,5—1,4	74,43	83,37	93,99
1,4—2,8	20,69	13,35	5,04
2,8—5,6	3,06	2,28	0,72
5,6—15	1,69	0,68	0,24
15—45	0,13	0,31	0,01

В результате повышения аэродинамического сопротивления аппарата при установке уголкового коагулятора скорость воздуха во входном патрубке уменьшилась с 15,7 до 12,6 м/сек. Скорость воздуха, проходящего через уголковый коагулятор, составила 9,7 м/сек.

Используя опыт работы уголковых коагуляторов на ЮГОКе, институт НИИрудвентилиация разработал типоразмеры уголковых коагуляторов к существующим циклонам-промывателям СИОТ (табл. 20).

Применение уголковых коагуляторов перед циклонами и скрубберами в ряде случаев нерационально из-за сравнительно большого аэродинамического сопротивления и значительных размеров последних. Учитывая это, в институте НИИрудвентилиация создан каплеуловитель простой в изготовлении и обслуживании и имеющий малое аэродинамическое сопротивление (рис. 36).

Прототипом такого аппарата послужил ударно-компенсационный фильтр [70], представляющий собой камеру, в передней части которой помещена пластинчатая решетка. Камера с пластинчатой решеткой располагается по отношению к газоходу таким образом, чтобы воздушный поток при прохождении между пластинами делал поворот на 70°. Тогда при расстоянии между пластинами 2 см рабочая ширина пластины, открытая для осаждения пыли, будет равна 0,5 см. На рабочую часть пластины воздух набегает со скоростью, равной или близкой к скорости потока в самом газоходе.

Уголковый коагулятор устанавливается перед компенсационной камерой. Капли, срывающиеся с коагулятора, осаждаются на пластинах благодаря резкому повороту и высокой скорости воздушного потока, набегающего на рабочую часть пластины. При дальнейшем движении воздуха вдоль пластин скорость его уменьшается в три раза. Установка рассчитывается на производительность, при которой скорость воздуха между пластинами не превышает 5 м/сек. При такой скорости осевшие на пластины капли не уносятся, а стекают вниз в шламоборник.

Типоразмеры угольковых коагуляторов к существующим циклонам-промывателям

Показатели	Номер циклона-промывателя											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Диаметр входного патрубка циклона, мм	245	315	390	470	560	605	790	940	1120	1330	1580	1880
Скорость воздуха во входном патрубке коагулятора 15 м/сек												
Основные размеры корпуса, мм:												
высота	204	204	306	408	408	510	612	714	918*	1020*	1224*	1530*
ширина	230	323	334	408	596	675	794	961	1057	1347	1584	1790
длина	350	450	450	550	700	800	900	1100	650	800	900	1100
Число угольков в каждом из рядов	2	2	3	4	4	5	6	7	9	10	12	15
Скорость воздуха во входном патрубке коагулятора 18 м/сек												
Основные размеры корпуса, мм:												
высота	204	306	408	408	510	612	714	918*	1020*	1224*	1530*	1734**
ширина	323	334	408	596	675	794	861	1057	1347	1584	1790	2240
длина	450	450	550	700	800	900	1100	650	800	900	1100	900
Число угольков в каждом из рядов	2	3	4	4	5	6	7	9	10	12	15	17
Скорость воздуха во входном патрубке коагулятора 21 м/сек												
Основные размеры корпуса, мм:												
высота	204	306	408	408	510	612	714	918*	1020*	1224*	1530*	1734**
ширина	323	334	408	596	675	794	861	1057	1347	1584	1790	2240
длина	450	450	550	700	800	900	1100	650	800	900	1100	900
Число угольков в каждом из рядов	2	3	4	4	5	6	7	9	10	12	15	17

* По высоте устанавливаются два коагулятора.

** По высоте устанавливаются три коагулятора.

Для равномерного распределения воздушного потока по всем пластинам длина компенсационной камеры должна быть равной

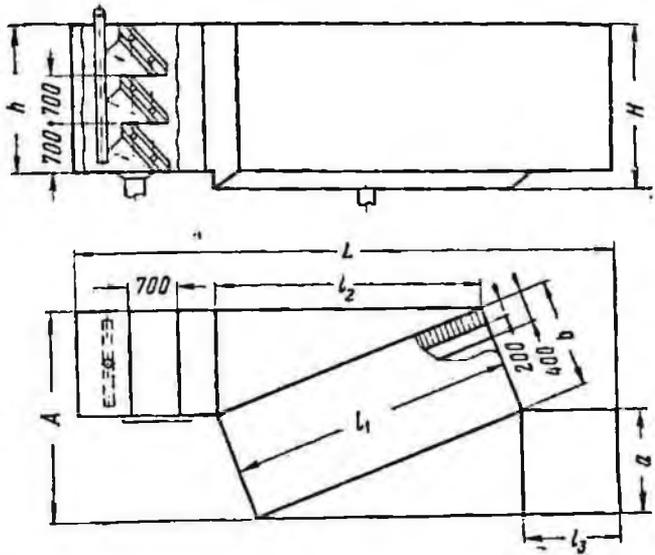


Рис. 36. Угловой коагулятор с пластинчатым каплеуловителем

или несколько большей ее ширины. Если необходимо уменьшить длину компенсационной камеры, то на выходе из нее устанавливают щель равномерного отсоса.

Для испытаний углового коагулятора в сочетании с пластинчатым каплеуловителем использовали пыль, содержащую 70% кварца с медианным диаметром 7 мкм. Производительность установки при этом составляла 1,4 м³/сек.

Как показывает рис. 37, при скорости воздуха в газоходе 16 м/сек эффективность пылеулавливания достигает 99,3%. При скорости воздуха меньше 16 м/сек эффективность в значительной степени зависит от количества воды для орошения углово-вой решетки.

Аэродинамическое сопротивление каплеуловителя (пластинчатой решетки и компенсационной камеры) не превышает 200 н/м². На основании проведенных исследований разработана серия угловых коагуляторов в

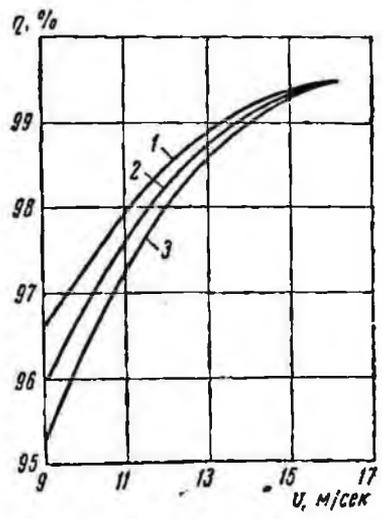


Рис. 37. Эффективность пылезадержания углового коагулятора с пластинчатым каплеуловителем при расходе воды: 1 — 60 см³/м³; 2 — 80 см³/м³; 3 — 100 см³/м³

сочетании с пластинчатым каплеуловителем производительностью от 5,5 до 50 м³/сек (табл. 21).

Таблица 21

Размеры уголковых коагуляторов с пластинчатыми каплеуловителями, мм

Производительность, м ³ /сек	A	L	H	a	b	I ₁	I ₂	I ₃	h	Количество	
										уголковых решеток	секций пластинчатого каплеуловителя
5,5	1282	3550	1006	612	700	1700	1580	120	812	1	1
11	1577	3630	1706	612	1000	1700	1580	120	1512	2	2
22	2077	5260	1752	1112	1000	3400	3250	120	1512	2	4
33	2552	5450	2482	1112	1500	3400	3250	120	2204	3	6
50	3100	7140	2581	1662	1500	5100	4840	120	2262	3	9

В настоящее время на НКГОКе испытывается промышленный образец такой установки. Испытания показали, что эффективность улавливания пыли составляет 99%.

На предприятиях Советского Союза и за рубежом [71, 72] широко применяются центробежные пылеуловители с предварительным укрупнением частиц пыли в трубе Вентури.

По литературным данным [73, 74, 75] в таких аппаратах можно получить высокую степень очистки воздуха.

Для сушильной фабрики Михайловского железорудного комбината институт НИИрудвентилляция предложил схему очистки аспирационного воздуха в трубе-коагуляторе в сочетании с циклоном-промывателем, устанавливаемых непосредственно в месте забора запыленного воздуха из укрытия (рис. 38).

Труба-коагулятор является

Рис. 38. Установка трубы-коагулятора в сочетании с циклоном-промывателем СИОТ:

1 — ленточный конвейер; 2 — укрытие конвейера; 3 — циклон-промыватель; 4 — труба-коагулятор; 5 — обводной канал; 6 — гибкая перегородка; 7 — воздухоприемник; 8 — течка; 9 — питатель

одновременно воздухопроводом, соединяющим циклон с воздухоприемником местного отсоса. Разработанная схема очистки и конструкция аспирационной системы исключают возможность конденсации влаги в воздуховоде и зарастания их пылью.

Труба-коагулятор (рис. 39) имеет удлиненную горловину, обеспечивающую хорошее пылезадержание при пониженных расходах воды.

Расчет трубы-коагулятора выполнен по методике институтов НИИОгаз и Гипрогазоочистка [76]. Труба-коагулятор в сочета-

нии с циклоном-промывателем обеспечивает требуемую степень очистки воздуха даже при начальной запыленности воздуха до 30 г/м^3 . Однако эксплуатационные расходы на обеспыливание воздуха в этой установке высокие.

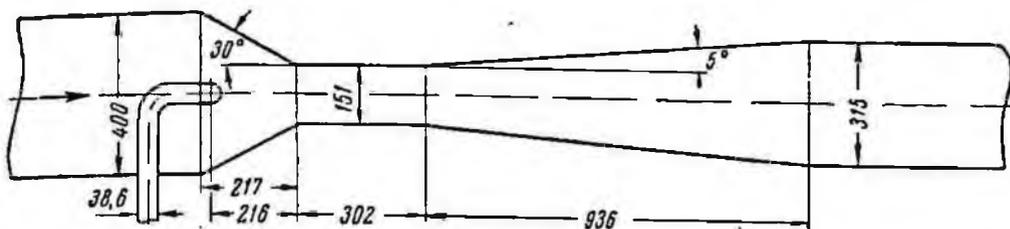


Рис. 39. Труба-коагулятор Вентури (производительность $1,25 \text{ м}^3/\text{сек}$, удельный расход воды $0,4 \text{ л/м}^3$, скорость воздуха в горловине 70 м/сек , гидравлическое сопротивление 1300 н/м^2)

§ 4. ФИЛЬТРЫ КОНТАКТНОГО ДЕЙСТВИЯ

Наиболее простым из фильтров контактного действия, применяющихся на горнообогатительных комбинатах, является гравийный фильтр.

Гравийный фильтр (рис. 40) представляет собой емкость цилиндрической или коробчатой формы, внутри которой на поддерживающей решетке находится орошаемый фильтрующий слой гравия крупностью $20\text{--}70 \text{ мм}$ и толщиной $100\text{--}350 \text{ мм}$. В корпусе фильтра имеются патрубки для подключения воздухопроводов и гидрозатвор. Внутри фильтра устанавливается каплеотбойный лист для уменьшения брызгоуноса.

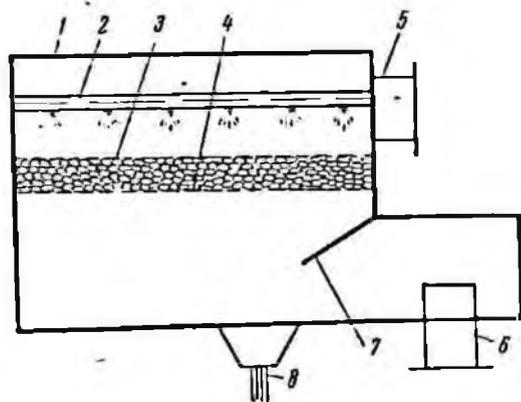


Рис. 40. Гравийный фильтр:

1 — корпус фильтра; 2 — система орошения; 3 — фильтрующий слой; 4 — поддерживающая решетка; 5 — входной патрубок; 6 — выходной патрубок; 7 — каплеотбойный лист; 8 — патрубок для отвода шлама

В зависимости от направления движения воздушного потока и воды в фильтре их условно разделяют на прямоточные (направление движения воздуха и воды совпадают) и противоточные (воздух движется навстречу воде).

Институт НИИрудвентилиация на обжиговой фабрике ЦГОКа провел испытания гравийных фильтров, в которых очищался воздух, отсасываемый от барабанных охладителей обжиговых печей, при крупности гравия $20\text{--}40$, $40\text{--}70$ и $60\text{--}70 \text{ мм}$ при толщине

слоя 150, 180, 200 и 300 мм и расходе воды от 0,22 до 0,41 $\text{дм}^3/\text{м}^2$. Воздушная нагрузка составляла 0,7—1,75 $\text{м}^3/\text{сек}\cdot\text{м}^2$. Начальная запыленность очищаемого воздуха колебалась от 1,4 до 39,0 $\text{г}/\text{м}^3$, остаточная — от 0,056 до 0,823 $\text{г}/\text{м}^3$.

Испытания показали, что эффективность пылезадержания фильтра увеличивается, если в качестве наполнителя используют мелкий гравий. Увеличение толщины фильтрующего слоя, а также расхода воды значительно повышает эффективность пылезадержания этих фильтров.

Для уменьшения брызгоуноса гравийные фильтры целесообразно устанавливать при очистке горячих газов с высоким начальным пылесодержанием в сочетании с мокрыми циклонами.

Характерной особенностью фильтров контактного действия является частая замена или регенерация фильтрующих элементов. Это объясняется тем, что в результате быстрого насыщения фильтрующих элементов пылью увеличивается сопротивление фильтра и ухудшается его работа.

Существуют конструкции фильтров, у которых фильтрующий элемент движется непрерывной лентой через рабочий проем фильтра, и на смену запыленным участкам все время поступают чистые. К фильтрам этого типа относятся масляные самоочищающиеся фильтры, в которых фильтрующим элементом служит металлическая сетка, постоянно очищающаяся при движении через масляную ванну, расположенную в нижней части фильтра.

Масляные самоочищающиеся фильтры K_d1006 , K_d2006 , K_dM4006 и $K_dM24006$ предназначены для очистки воздуха от пыли в системах приточной вентиляции и кондиционирования при начальной запыленности воздуха не более 10 $\text{мг}/\text{м}^3$. Воздух очищается от пыли в процессе прохождения его через две бесконечные непрерывно движущиеся сетки, смоченные маслом. Первая по ходу сетка движется со скоростью 16 $\text{см}/\text{мин}$, — вторая 7 $\text{см}/\text{мин}$.

Скорость движения очищаемого воздуха через фильтр не должна превышать 3 $\text{м}/\text{сек}$, и воздух должен равномерно поступать по всему сечению фильтрующих панелей фильтра.

Масляные фильтры (рис. 41) состоят из двух основных узлов: корпуса фильтра и бака для масла. В корпусе фильтра смонтированы две бесконечные сетки, натянутые между ведущими и натяжными валами. Ведущие валы приводятся в движение от электродвигателя через двухступенчатый редуктор и зубчатую передачу. При движении сетки проходят через масляную ванну, где с них смывается осевшая пыль. Фильтры изготавливаются в левом и правом исполнении. Фильтр K_d1006 рассчитан на производительность 2,8 $\text{м}^3/\text{сек}$, K_d2006 — на 5,6 $\text{м}^3/\text{сек}$.

Фильтры типа K_dM собираются из нескольких панелей. Они имеют производительность от 11,1 до 67 $\text{м}^3/\text{сек}$. При нормальной пылевой и воздушной нагрузке сопротивление фильтра составляет 120—150 $\text{н}/\text{м}^2$, эффективность пылезадержания — до 90%.

Для фильтров рекомендуются следующие сорта масел: для вентиляционных фильтров (висциновое) ГОСТ 7611—55, промышленное 12 (веретенное № 2) ГОСТ 1707—51, приборное (МВП) ГОСТ 1805—55 [60, 63].

К масляным фильтрам относятся также ячеистые фильтры, предназначенные для очистки воздуха в системах приточной вентиляции при начальной запыленности не более 5—10 мг/м³.

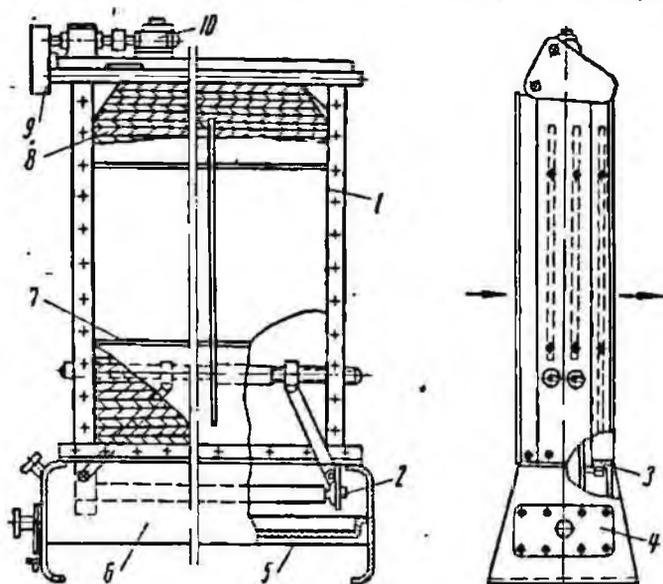


Рис. 41. Масляный самоочищающийся фильтр типа К_д:
 1 — секция фильтра; 2 — натяжное устройство; 3 — маслосъемник; 4 — крышка; 5 — выдвижной лоток; 6 — бак для масла; 7 — ограничитель сетки; 8 — сетка; 9 — ограждение зубчатой передачи; 10 — привод сеток

Фильтры представляют собой отдельную ячейку, состоящую из установочной рамки и коробчатого корпуса с наполнителем. Ячейки заполняются керамическими кольцами (около 4400 шт. на одну ячейку) в фильтрах с кольцами Рашига, 12 гофрированными металлическими сетками, изготовленными по ГОСТ 3826—66 [77] в фильтрах ФЯР конструкции инженера Рекка, 12 гофрированными винипластовыми сетками (ТУМХП № 2023—49) и двумя металлическими гофрированными сетками (ГОСТ 3826—66) в фильтрах ФЯВ.

Наполнители ячеек смачиваются специальным маслом (висциновым или веретенным № 2 или 3).

При необходимости установкой ячеек фильтров в соответствующие каркасы можно составить панели различной площади.

Фильтры типа ФЯВ используются как в промасленном, так и в сухом виде.

При регенерации ячейки фильтров ФЯР и ФЯВ промывают в горячей чистой воде, а после просушки смачивают маслом.

Техническая характеристика масляных фильтров представлена в табл. 22.

Таблица 22

Техническая характеристика масляных фильтров с наполнителями

Показатели	Тип фильтра		
	С кольцами Рашига	ФЯР	ФЯВ
Наполнитель	Керамические кольца	Металлические сетки	Винилпластиковые сетки
Площадь рабочего сечения, м ²	0,3	0,22	0,22
Пропускная способность, м ³ /ч	0,28	0,43	0,43
Начальное сопротивление, н/м ²	80	40	50
Пылеемкость при увеличении сопротивления вдвое, г/м ²	2000	1500	2000
Эффективность очистки, %	95—98	80	80
Вес, кг	37,5	7,9	4

Считают, что осаждение пылевых частиц на волокнах происходит в результате фильтрации, зацепления, седиментации, диффузии и электростатических сил [78].

При движении запыленного воздуха через ткань частички пыли, отлагаясь на нитях и волокнах, образуют вторичный фильтрующий слой, имеющий значительно меньшие размеры пор, чем поры ткани, и увеличивающий эффективность пылезадержания.

В процессе фильтрации крупные частицы выделяются из газа, сталкиваясь под действием сил инерции с нитями или частицами пылевого слоя. Увеличение скорости фильтрации улучшает процесс инерционного осаждения. Мелкие частицы пыли (до 0,5 мкм) осаждаются преимущественно в результате диффузии.

Наращение пылевого слоя при фильтрации приводит к непрерывному увеличению гидравлического сопротивления. Для улучшения фильтрации воздуха периодически встряхивают осевший слой с одновременной обратной продувкой.

Исследования, проведенные в НИИрудвентиляции, показали, что очистка ткани только одним встряхиванием незначительно снижает гидравлическое сопротивление, поэтому гидравлическое сопротивление ткани непрерывно повышается.

Матерчатые фильтры могут быть рукавными, жестко-каркасными, кассетными, ячейковыми и с подвижным фильтрующим слоем.

Наибольшее распространение получили рукавные фильтры РФГ-УМС, ФВ, и ФВК.

Рукавные фильтры РФГ-УМС (рис. 42) предназначены для улавливания пыли из технологических газов и вентиляционного воздуха.

В зависимости от требуемой площади фильтровальной поверхности выпускаются одинарные или двойные фильтры. Одинарные фильтры состоят из 4, 6, 8 или 10 секций, а двойные из соответственно удвоенного числа. Фильтрующая поверхность каждого рукава составляет 2 м^2 (диаметр рукава 220 мм, длина 3100 мм), одной секции — 28 м^2 .

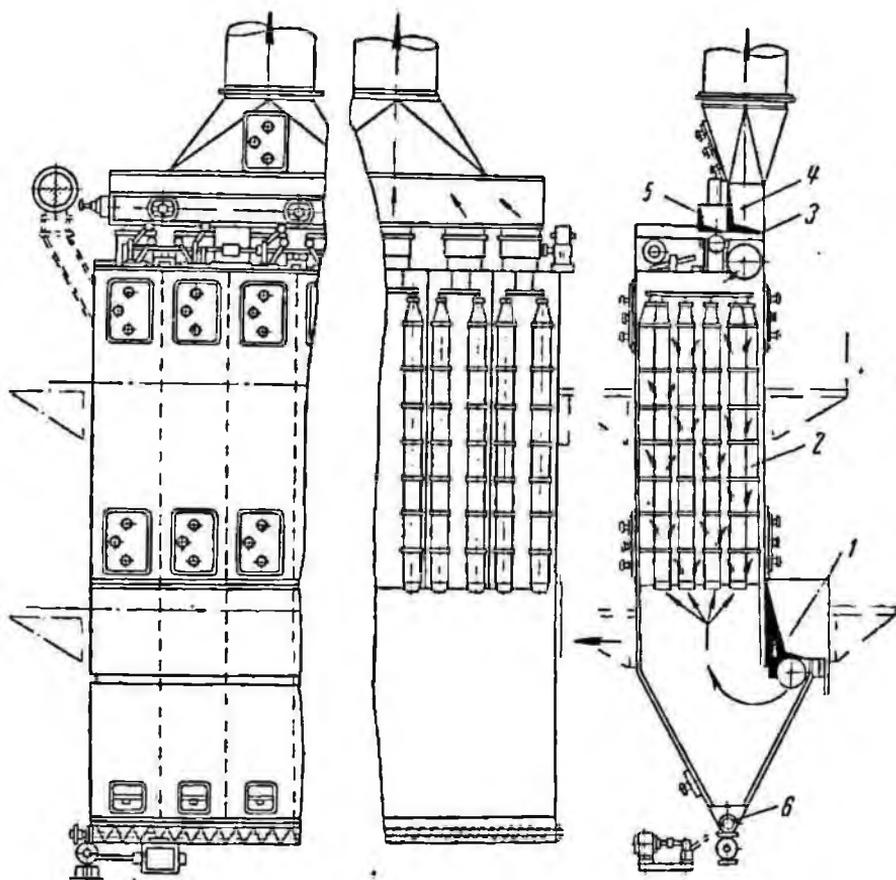


Рис. 42. Рукавный фильтр типа РФГ:

1 — воздухораспределительный короб; 2 — фильтровальные рукава; 3 — механизм управления встряхиванием и продувкой; 4 — коллектор выхода газа; 5 — коллектор продувки; 6 — шнек для выгрузки пыли

Очищаемый воздух подводится к входному фланцу бункера, в котором отклоняющей перегородкой направляется в пирамидальную часть бункера, поворачивается на 180° и поступает в рукава. Проходя через рукава, воздух фильтруется, оставляя пыль на внутренней поверхности рукавов. Очищенный воздух попадает в межрукавное пространство секций и далее в коллектор чистого воздуха.

Ткань рукавов очищается от пыли встряхиванием с одновременной обратной продувкой чистого воздуха специальным венти-

лятором. Регенерируемая секция при этом отключается от сборного коллектора чистого воздуха. Уловленная пыль попадает в бункер, из которого шнеком направляется в шлюзовому затвору и через него удаляется.

В зависимости от температуры очищаемого газа фильтровальные рукава изготавливаются из сукна № 2 ГОСТ 6986 — 69 или из синтетических фильтровальных тканей.

Принцип фильтрации газов в фильтрах ФВ и ФВК аналогичен фильтру РФГ, однако конструктивно они несколько отличаются.

Фильтр ФВ состоит из металлического шкафа, разделенного перегородками на самостоятельные секции (ФВ-30 имеет 2 секции, ФВ-45 — 3, ФВ-60 — 4, ФВ-90 — 6 секций). В каждой секции расположено по 18 рукавов диаметром 135 мм и длиной 2090 мм. При регенерации ткани обратная продувка осуществляется не специальным вентилятором, а благодаря поступлению наружного воздуха через специальное отверстие в клапанной коробке.

Эксплуатация рукавных фильтров на ряде горнообогатительных комбинатов показала их надежность в работе и высокую эффективность пылезадержания. В табл. 23 приведены показатели работы рукавных фильтров с различными фильтровальными тканями на ГОКах Кривбасса.

Таблица 23

Показатели работы рукавных фильтров

Предприятие	Фильтровальная ткань	Воздушная нагрузка, $\text{дм}^3/\text{сек} \cdot \text{м}^2$	Срок работы ткани, месяцев	Начальная концентрация пыли, $\text{мг}/\text{м}^3$			Остаточная концентрация пыли $\text{мг}/\text{м}^3$			Эффективность пылезадержания, %	Гидравлическое сопротивление, $\text{н}/\text{м}^2$
				максимальная	минимальная	средняя	максимальная	минимальная	средняя		
ЮГОК	Техническое сукно № 2	21	2	760	253	430	0,6	0,25	0,4	99,91	480—700
СевГОК	То же	29	3	2440	233	740	0,66	0,1	0,45	99,94	680—720
То же	»	29	14	2220	1570	1780	7,5	5,7	7	99,61	680—720
ИнГОК	»	29	4	4300	1700	2660	9,6	6,6	8,3	99,7	700—900
ЮГОК	»	35	2	2110	212	212	0,51	0,1	0,28	99,97	480—700
То же	Фильтров-сванбой	35	2	1370	228	585	0,39	0,17	0,28	99,95	600—900
ДСФ рудника им. XX партсъезда	Хлорин № 5	42	4	469	217	—	—	—	0,22	99,9	—

Для очистки больших объемов аспирационного воздуха необходимо устанавливать на фабриках множество рукавных фильтров. Наличие большого числа фильтров с малыми секциями, а также механизмов встряхивания и клапанов обратной продувки затрудняет эксплуатацию и ремонт пылеуловителей.

Институт НИИрудвентилиация совместно с работниками СевГОКа предложил более совершенную конструкцию клапанов обратной продувки и механизма встряхивания фильтра ФВ [79]. Вместо 12 клапанов обратной продувки на коллекторе чистого воздуха устанавливается два клапана или один сдвоенный.

Одинарный клапан (рис. 43, а) состоит из двух самостоятельных дроссельных заслонок, соединенных тягами с реверсивным

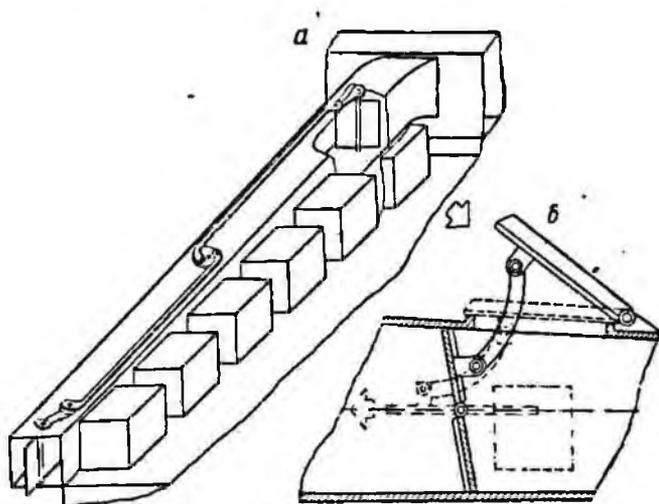


Рис. 43. Клапан обратной продувки

приводом. При включении привода одна тяга приводит в действие дроссель, соединяющий коллектор чистого воздуха с атмосферой, и открывает его. Одновременно второй дроссель отключает коллектор чистого воздуха фильтра от общего коллектора. После регенерации фильтра заслонки автоматически возвращаются в первоначальное положение, и он вводится в режим фильтрации.

Сдвоенный клапан более совершенной конструкции (рис. 43, б) состоит из дроссельной заслонки, устанавливаемой внутри коллектора чистого воздуха, и клапана-крышки, связанных рычажным соединением. В режим регенерации и обратной продувки фильтр вводится приводом, который вращает вал дросселя, перекрывающего коллектор фильтра. Клапан-крышка открывается рычажным соединением и сообщает коллектор фильтра с атмосферой. При обратном действии привода (введении фильтра в режим фильтрации) клапан-крышка закрывается, а дроссель соединяет коллектор фильтра с общим коллектором чистого воздуха.

В результате усовершенствования конструкции механизма встряхивания фильтра (рис. 44) число деталей только на одном фильтре уменьшилось на 200. Усовершенствованная конструкция механизма встряхивания не имеет быстро изнашивающихся дета-

лей — кулачковых полумуфт, коромысел, роликов, рычагов, конических шестерен, деталей продувочных клапанов и т. д.

Новая конструкция механизма встряхивания позволила при групповой установке фильтров перейти на автоматическое управление последовательностью регенерации каждого фильтра. На СевГОКе в корпусе III и IV стадий дробления до перехода на групповую регенерацию интервалы между процессами встряхива-

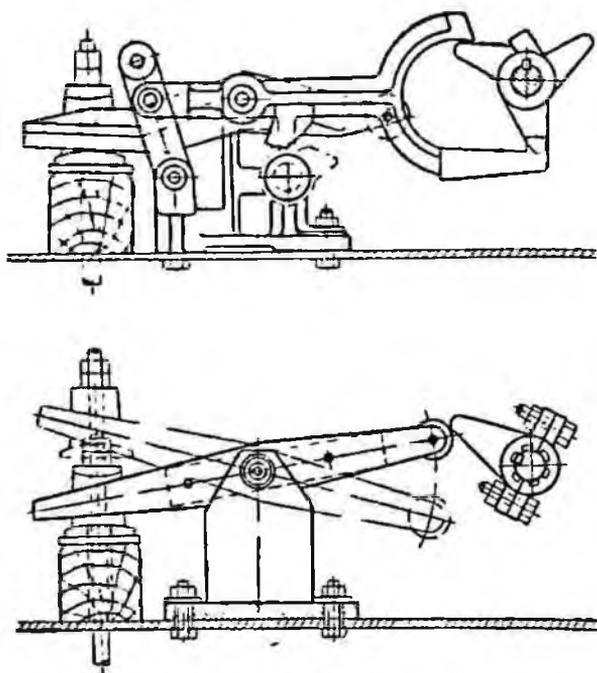


Рис. 44. Механизм встряхивания фильтра

ния составляли 40 мин, а продолжительность процесса — 20 мин. При групповой регенерации фильтров продолжительность процесса встряхивания сократилась до 20 мин. Оптимальный интервал между процессами встряхивания составляет 30 мин.

Для очистки больших объемов аспирационного воздуха (свыше 100 000 м³/ч) на горнообогатительных комбинатах разработан коллекторный фильтр [80]. Установка состоит из герметичного помещения, в котором размещены фильтровальные секции, разделенные перегородками. Секции сообщаются с коллектором чистого воздуха (при очистке воздуха) или с атмосферой (при обратной продувке ткани) клапанами. Коллектором (сборником) очищенного воздуха является помещение, в котором размещен фильтр. Уловленная фильтром пыль направляется в систему гидротранспорта.

Коллекторный фильтр состоит из фильтровальных элементов (фильтров) ФВГ-2×135, конструкция которых позволяет созда-

вать коллекторные фильтры практически неограниченной производительности.

Фильтр ФВГ-2×135 (рис. 45) состоит из двух металлических каркасов, монтируемых на камере запыленного воздуха, фильтровальных рукавов (216 шт.) и механизма встряхивания, размещенного на опирающейся на каркас площадке. Между двумя пло-

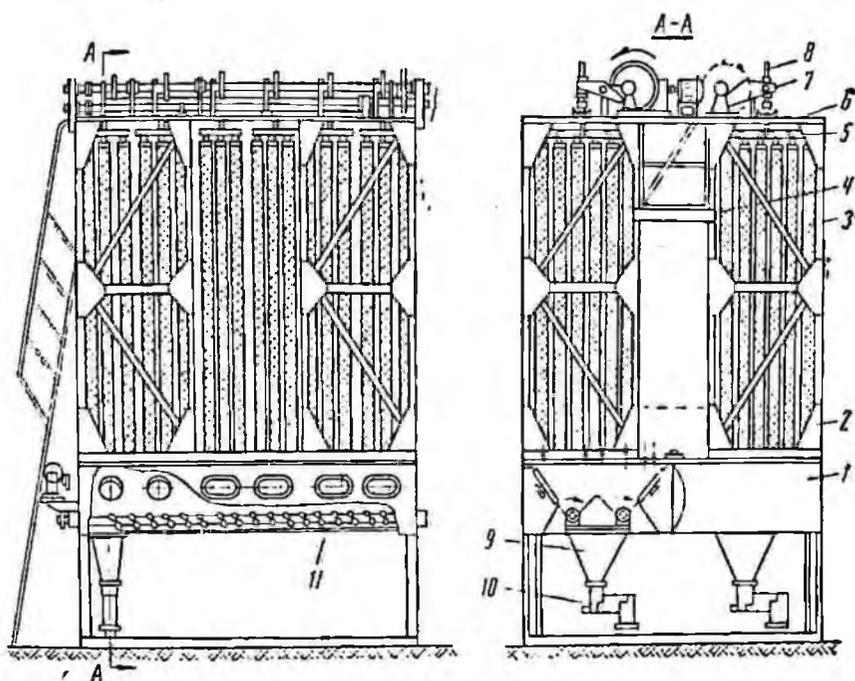


Рис. 45. Рукавный фильтр ФВГ-2×135:

1 — камера запыленного воздуха; 2 — каркас фильтра; 3 — рукава; 4 — мостик обслуживания; 5 — рамы для подвески рукавов; 6 — площадка механизма встряхивания; 7 — двулучий рычаг; 8 — стержень; 9 — воронка для пыли; 10 — гидрозатвор; 11 — шнек

щадками имеется мостик для обслуживания встряхивающих механизмов, который также связывает оба каркаса и придает дополнительную жесткость всей конструкции.

Фильтровальные рукава расположены группами по 18 шт. в каждой и прикреплены верхними заглушенными концами к рамам подвеса, а нижними открытыми — к патрубкам распределительной решетки камеры запыленного воздуха. Пыль из камер удаляется шнеками.

Для очистки аспирационного воздуха институт НИИрудвентилиация разработал матерчатый фильтр ФПГ-26 с форсированным режимом фильтрации. Такой режим возможен при непрерывной поочередной пульсирующей продувке сжатым воздухом фильтровальных элементов [80].

Фильтр ФПГ-26 (рис. 46) состоит из цилиндрического корпуса, диффузора и конфузора, внутри которых размещены фильтрующие элементы и все другие механизмы. Фильтрующие элементы, имеющие форму «звездочки», закреплены на каркасах, концы которых с одной стороны закрыты металлическими заглушками и прикреплены к поворотному диску. Открытые концы рукавов патрубками прикреплены к корпусам эжекторов, которые в свою очередь крепятся к торцевой стенке коллектора очищенного воз-

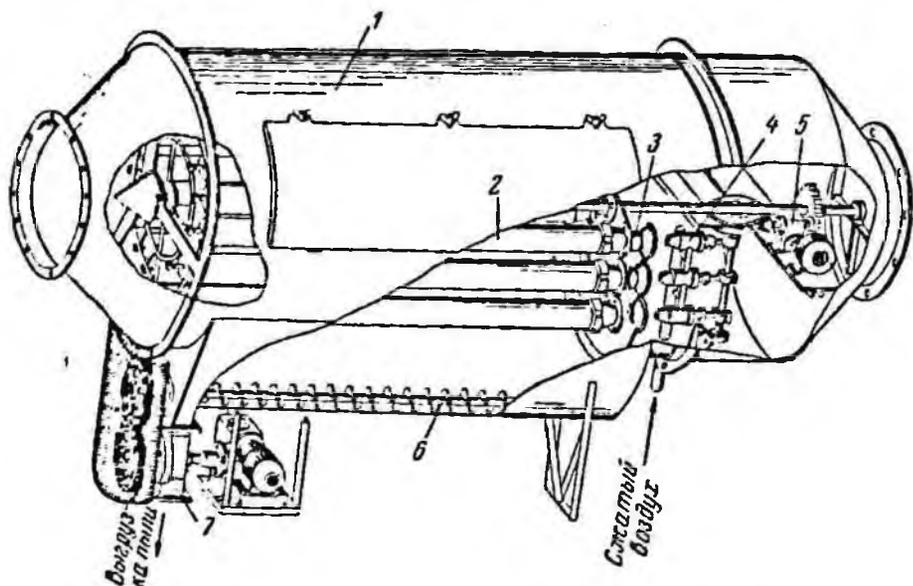


Рис. 46. Фильтр с пульсирующей продувкой ФПГ-26:

1 — корпус; 2 — фильтровальные элементы; 3 — эжекторы; 4 — клапаны сжатого воздуха; 5 — механизм поворота; 6 — шнек; 7 — разгрузочный клапан

духа. По центральной продольной оси фильтра проходит вал. К нему прикреплен коллектор с фильтрующими элементами и поворотный диск.

Запыленный воздух подводится к диффузору фильтра, просасывается через ткань внутрь фильтрующих элементов, через корпуса эжекторов направляется в коллектор и далее отводится через конфузор. При повышении гидравлического сопротивления до заданной величины автоматически включается механизм поворота, который подводит поочередно к клапанам сжатого воздуха ряд фильтровальных элементов. При совпадении отверстия клапана с эжектором в фильтрующий элемент для стряхивания пыли кратковременно (в течение 0,3 сек) подается высоконапорная струя воздуха.

Цикл встряхивания продолжается до тех пор, пока гидравлическое сопротивление ткани не снизится до заданного уровня, после чего механизм регенерации автоматически отключается. Уловленная в фильтре пыль удаляется шнеком.

Благодаря применению многослойной фильтровальной ткани, фильтр работает при повышенных воздушных нагрузках (до $0,14 \text{ м}^3/\text{сек} \cdot \text{м}^2$), гидравлическое сопротивление фильтра 1000—1200 $\text{н}/\text{м}^2$, эффективность пылезадержания 99,9%. Производительность фильтра $3,6 \text{ м}^3/\text{сек}$, длина его 2130 мм, высота 1730 мм, ширина 1200 мм, вес 750 кг. Расход сжатого воздуха для стряхивания пыли составляет не более 0,5% объема очищаемого воздуха.

Институт НИИрудвентиляция совместно с институтом ЦНИХБИ разработал новые синтетические фильтровальные ткани для этих фильтров: хлорвиниловую фильтровальную ткань № 5 (ТУ-35-ХБ-95-65), лавсановую образец 5386; хлориную с хлопком 5230, многослойные ткани из хлорина 5126, 5149. Новые фильтровальные ткани обладают высокими пылезадерживающими свойствами. Гидравлическое сопротивление их при повышенных воздушных нагрузках ($0,07—0,05 \text{ м}^3/\text{сек} \cdot \text{м}^2$) умеренное, ткани негигроскопичны и не подвержены гниению, имеют большой срок службы. В табл. 24 приведена характеристика новых фильтровальных тканей.

Таблица 24

Характеристика новых фильтровальных тканей

Ткань	Род волокна	Ширина полотнища, см	Вес 1 м^2 , г	Число нитей на 10 см	
				основа	уток
Хлориновая № 5	Хлорин	103 ± 2	495 ± 50	134 ± 3	256 ± 8
Образец 5386		$22^* \pm 0,5$	505 ± 25	125	254 ± 7
» 5126	Хлорин	100 ± 2	576 ± 30	136 ± 4	248 ± 8
» 5149		102 ± 2	780 ± 40	286 ± 6	283 ± 8

Продолжение табл. 24

Ткань	Прочность на разрыв полоски 50×200		Термическая прочность, °С	Химическая стойкость
	основа	уток		
Хлориновая № 5	66—7	115—11	< 80	Высокая в кислых и щелочных средах Высокая в кислых средах Высокая в кислых и щелочных средах То же
Образец 5386	121—12	161—16	До 140	
» 5126	69—7	110—10	< 80	
» 5149	137—14	135—13	< 80	

* Ткань вырабатывается в два рукава.

§ 5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

Принцип действия электрофильтров основан на ионизации запыленного воздуха пропускаемого между электродами в неоднородном электрическом поле высокой напряженности. Находясь в ионизированном пространстве, частицы пыли получают электрический заряд, осаждаются на электроде противоположного знака. Осевшая пыль с осадительных электродов смывается или удаляется механическим путем.

Фильтры, у которых зоны зарядки и осаждения совмещены, называются однопольными, а фильтры, у которых имеется специальная область осаждения заряженной пыли, называются двухзональными [81, 82].

На дробильной фабрике Качканарского ГОКа одностадная очистка аспирационного воздуха от пыли осуществляется в электрофильтрах ДВП 2×20 конструкции института Ленгипрогазоочистка.

Электрофильтры ДВП 2×20 представляют собой вертикальные однополюсные аппараты, состоящие из двух секций. Каждая секция имеет самостоятельный вход воздуха в нижней части корпуса и выход — через конфузор в верхней части. В нижней части каждой секции имеется бункер для сбора уловленной пыли.

Осадительные электроды изготовлены из двухстенных пластин с карманами, расположенными горизонтально по всей ширине электрода. Под пластинами осадительных электродов расположены желоба для сбора уловленной пыли и отвода ее в бункер.

Коронирующие электроды выполнены из стальных проводов штыкового сечения размером 4×4 мм и расположены горизонтально в трубчатых рамах. Осадительные электроды встряхиваются кулачковыми механизмами, закрепленными на верхнем конце встряхивающих штанг. Штанги выведены на крышку аппарата через сальниковые уплотнения. Коронирующие электроды встряхиваются ударами молотков по наковальням, находящимся на рамах. Молотки установлены на валах внутри аппарата. Электроды встряхиваются автоматически без отключения подачи воздуха и снятия напряжения.

Результаты обеспыливания воздуха, отсасываемого из конусных дробилок в этих электрофильтрах, приведены в табл. 25.

Несмотря на то что электрофильтры работают при высокой начальной концентрации пыли (до 14400 мг/м³), эффективность их довольно высокая. Безусловно, ошибкой проектировщиков является то, что перед электрофильтрами не установлены пылеуловители для средней очистки воздуха от пыли.

Более широкое применение находят электрофильтры на предприятиях цветной металлургии [83] для тонкой очистки воздуха от пыли на агломерационных фабриках, в дробильных цехах и даже для очистки вентиляционного воздуха, подаваемого в шахту [84, 85, 86].

Т а б л и ц а 25

Результаты обеспыливания воздуха в электрофильтрах

Место забора отсасываемого воздуха	Производительность, $м^3/сек$		Сопротив- ление электро- фильтра, $н/м^2$	Запыленность воздуха, $мг/м^3$		Эффектив- ность пылеза- держания, %
	проектная	фактиче- ская		до филь- тра	после фильтра	
Крупное дробление	27,7	23,3	133	3540	21	99,4
				2260	40	98,3
Среднее дробление	14,0	15,3	235	7 350	103	98,6
				14 400	129	99,2
Мелкое дробление	14,0	14,6	225	4180	305	93,6
				4180	105	97,5
				4180	142	96,5

В институте НИИрудвентилиация разработан для горнообогатительных комбинатов скоростной однозонный электрофильтр с лобовой скоростью фильтрации $9,0 м/сек$, который имеет существенные преимущества перед серийно выпускаемыми электрофильтрами [87].

Для увеличения скорости фильтрации в электрофильтре установлены осадительные пластины под углом 20° к набегающему потоку. При этом установкой кромок осадительных пластин по расчетной кривой воздушный поток распределяется равномерно. Тангенциальный подвод воздуха поджимает его к осадительным пластинам и способствует инерционному осаждению пыли. Ширина зоны поджатия равна $0,7—0,6$ ширины канала.

В электрофильтре чередуются знаки потенциала: нечетные осадительные пластины с коронирующими пластинами подсоединены к положительному полюсу, а четные — к отрицательному. В связи с этим скорость осаждения пыли увеличивается благодаря перераспределению электрического поля, обусловленного пространственным зарядом частиц, а также под влиянием направленного электрического ветра, который способствует увеличению скорости дрейфа заряженных частиц и предотвращает срыв и унос осевшей пыли с осадительных пластин.

Опытный образец скоростного однозонного электрофильтра ФЭОС-32 был изготовлен и испытан на агломерационной фабрике НКГОКа [88]. При испытаниях лобовую скорость фильтрации изменяли в пределах $5,2—14,4 м/сек$, а производительность соответственно $4,17—11,6 м^3/сек$. Гидравлическое сопротивление электрофильтра не превышало $120 н/м^2$. Температура очищаемого газа находилась в пределах $70—140^\circ С$. Начальная запыленность газа достигала $400 мг/м^3$, а остаточная — $2—12 мг/м^3$.

Результаты испытаний подтвердили правильность предположений

для выбора параметров электрофильтра. Поэтому была разработана конструкция электрфильтра ФЭОС-180, имеющая производительность 50 м³/сек.

Фильтр ФЭОС-180 изготовлен Семибратовским заводом, установлен на агломерационной фабрике Богдановского рудоуправления треста «Орджоникидзе-марганец» и в настоящее время проходит промышленные испытания.

§ 6. ВЫБОР ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ

При выборе пылеуловителя необходимо учитывать: требуемую степень очистки воздуха или предельную остаточную концентрацию пыли в очищенном воздухе;

физико-химическую характеристику пыли: дисперсный состав, гигроскопичность, склонность к коагуляции, способность цементоваться, воспламеняемость и взрываемость, электрические свойства и др.;

запыленность очищаемого воздуха и пределы ее изменения; температуру и влажность воздуха, поступающего в пылеуловитель, а также наличие в нем других примесей, кроме пыли; объем очищаемого воздуха;

общее давление в вентиляционной установке;

способы удаления уловленной пыли.

При определении типа пылеуловителя необходимо учитывать основные их показатели.

Инерционные пылеуловители (пылевые камеры, циклоны и др.) улавливают только крупные частицы пыли. Поэтому самостоятельно целесообразно их применять при небольшом объеме воздуха и для улавливания крупной пыли. Чаще всего эти аппараты применяются в качестве первой ступени пылеулавливания для предварительной очистки воздуха перед электрофильтрами и рукавными фильтрами.

Эффективность пылезадержания мокрых пылеуловителей достаточно высокая при обеспыливании воздуха от пыли крупнее 2—5 мк. Уголковыми коагуляторами и трубами-коагуляторами Вентури можно улавливать и более мелкие частицы.

Выбор мокрых пылеуловителей для очистки воздуха связан с выбором схем и методов по переработке полученных пульп и антикоррозийной защите аппаратуры.

Высокую эффективность пылезадержания, в том числе и для высокодисперсных частиц, можно получить в электрофильтре. Однако электрофильтр — самый дорогой пылеулавливающий аппарат. Для очистки воздуха в электрофильтре необходимо, как правило, предварительно снижать его запыленность, влажность, температуру и т. п.

Наиболее высокую эффективность пылезадержания дают тканевые (рукавные) фильтры при любой дисперсности пыли. Они несколько дешевле (по капитальным затратам), чем электрофильтры, однако эксплуатационные расходы больше.

При выборе пылеуловителя необходимо правильно определять оптимальный режим работы аппарата, так как в случае его перегрузки резко ухудшается эффект пылезadržания.

Особенно важно правильно выбрать тип пылеуловителя для очистки больших объемов воздуха. Размеры пылеуловителей, их количество, компоновка, энергетические затраты и затраты на обслуживание могут значительно влиять на размеры и компоновку цеха, а также на себестоимость продукции. Поэтому при выборе пылеуловителя для очистки больших объемов воздуха необходимо учитывать конкретные условия и возможности проектируемого предприятия (наличие места для установки пылеуловителей, возможность снабжения водой, осветление и сброс загрязненных сточных вод; возможность снабжения электроэнергией и т. п.).

Для правильного и точного выбора пылеуловителя дать какие-то однозначные рекомендации невозможно. В каждом отдельном случае пылеуловитель необходимо выбирать, учитывая конкретные условия его эксплуатации. Общие рекомендации по выбору пылеуловителей в условиях фабрик железорудных ГОКов приведены в приложении II.

ГЛАВА V.

ГИДРООБЕСПЫЛИВАНИЕ

§ 1. УВЛАЖНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Одним из эффективных способов предупреждения пылеобразования является увлажнение материала.

В 1950 г. А. С. Серенко исследовал зависимость запыленности воздуха от влажности материалов [7]. В лабораторных условиях были испытаны материалы, перерабатываемые в огнеупорной промышленности: кварцит, шамот, магнезит, хромит и глина. Позднее были проведены исследования интенсивности выделения пыли в зависимости от влажности железной руды [89]. Опыты показали, что запыленность воздуха значительно уменьшается при влажности материала 4%.

Исследованиями, проведенными на ЮГОКе, установлено, что оптимальная влажность руды зависит от ее фракционного состава [33]. Так, для фракции 0—3 мм выделение пыли прекращается при влажности 4,5—6%, для руды крупностью 0—25 мм оптимальная влажность составляет 4%, а для руды крупностью 0—350 мм — уменьшается до 1,1%.

Аналогичные исследования проводились с шихтовыми материалами — известняком, коксом, аглорудой и возвратом [90].

Зависимость запыленности воздуха от влажности перегружаемых шихтовых материалов показана на рис. 47. Шихтовые материалы имеют различную оптимальную влажность: возврат 4,5%;

аглоруды 5%; кокс и известняк перед дроблением 4%; дробленый кокс 5,4%; дробленый известняк 6%.

Расход воды на увлажнение материалов можно определить по формуле

$$q = \frac{G(W_2 - W_1)}{100}, \text{ кг/сек}, \quad (96)$$

где G — производительность технологического оборудования, кг/сек;

W_1 — начальная влажность материала, %;

W_2 — оптимальная влажность материала, %.

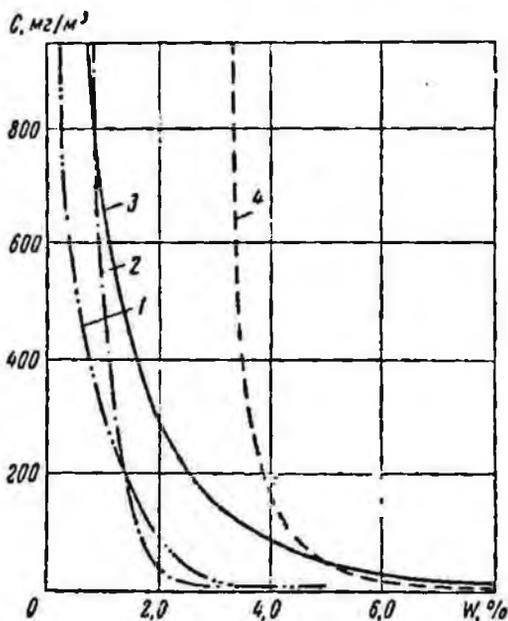
При определении общего расхода воды на увлажнение материалов следует учитывать испарение влаги в процессе переработки. Поэтому расход воды, полученный по формуле (96), увеличивают на 20—25%.

Сырую железную руду необходимо увлажнять перед подачей ее на дробильную фабрику. Например, на ЮГОКе при положительных температурах и отсутствии осадков руду увлажняют непосредственно в думпкарах. Устройство для увлажнения располагается на станции Рудничная, на расстоянии около 3 км от корпуса I стадии дробления. Трубопроводы с брызгалами расположены на стойках высотой 4700 мм над уровнем головки железнодорожных рельсов с двух сторон железнодорожного полотна.

Во время стоянки поезда, состоящего из восьми думпкаров, увлажняют руду одновременно в трех думпкарах. Время, необходимое для хорошего смачивания поверхности кусков руды, равно 3—4 мин. В пути вода успевает хорошо увлажнить руду, и при разгрузке думпкаров запыленность воздуха составляет всего 10—20 мг/м³ вместо 180—200 мг/м³ до увлажнения.

Рис. 47. Зависимость запыленности воздуха (C) от влажности пересыпаемого материала (W)

1 — агломерат; 2 — аглоруда; 3 — известняк; 4 — кокс



Перерабатываемая на дробильной фабрике руда увлажняется при выгрузке из думпкаров, бункеров и дробилок, при перегрузках с конвейера на конвейер, при грохочении и дроблении.

Шихтовые материалы в отделении подготовки сырья увлаж-

няются при выгрузке сырья из железнодорожных вагонов, бункеров и дробилок, на перегрузках с конвейера на конвейер. Увлажнять материалы следует через перфорированные водяные трубы с отверстиями диаметром 3—4 мм. Допускается увлажнять материал оросителями, встроенными в аспирационные укрытия.

Однако, одного орошения водой для предупреждения пылеобразования, как правило, бывает недостаточно, так как при разгрузке, дроблении, грохочении и перемешивании материалов возникают направленные воздушные потоки, способствующие выносу значительного количества пыли. Поэтому наряду с увлажнением материалов необходима также герметизация пылящего технологического оборудования с устройством аспирации [89].

Представляют интерес работы, проведенные в Пермском научно-исследовательском институте, по исследованию возможности пылеподавления при работе шаровых и трубных мельниц Чусовского металлургического завода водой и пеной [92]. Исследования показали, что запыленность воздуха на рабочей площадке при применении пены снижается в среднем с 1355 до 160 мг/м³. Можно предположить, что использование смачивающих добавок и пены позволит не только снизить пылеобразование и уменьшить расход пены, но и применить гидрообеспыливание при отрицательных температурах воздуха.

§ 2. ОСАЖДЕНИЕ ПЫЛИ ДИСПЕРГИРОВАННОЙ ВОДОЙ

При орошении пылевого облака диспергированной водой происходит соударение жидких и твердых аэрозолей, их коагуляция в крупные агрегаты с последующим осаждением. Различают кинематическую, гравитационную и броуновскую коагуляцию.

Кинематическая коагуляция происходит при соударении движущихся с достаточной скоростью капель воды и пылинок, которое наблюдается в активной зоне оросительного факела.

Гравитационная коагуляция осуществляется в результате захвата пылинок каплями воды, падающими под действием сил тяжести в зоне затухания факела.

Броуновская коагуляция между тонкодисперсными водяными и пылевыми аэрозолями возникает под действием молекулярных сил (крупность частиц $< 0,5$ мкм).

Эффективность коагуляции и осаждение пылевых частиц из воздуха при орошении зависят от концентрации, дисперсности и плотности пылевых частиц и капель оросительного факела, скорости соударения с пылинками, вязкости и плотности газовой среды и удельного расхода воды. Кроме того, эффективность захвата пылевых частиц водяными каплями зависит от смачиваемости пыли. Чем она выше, тем эффективнее улавливается пыль, особенно тонкодисперсная.

Оптимальные параметры орошения пока не определены. По

этому поводу существуют разные мнения. Так, по данным А. Ф. Сачкова [93] наибольший пылеулавливающий эффект возможен при среднем размере капель 10—15 мкм, в то время как Е. Н. Онтин и В. С. Ивашкин [94] предлагают увеличить размеры капель до 60—120 мкм. С. С. Духин и В. Н. Каганер [95] пришли к выводу, что пылинки размером менее 0,5—0,25 мкм не соприкасаются с каплями воды, так как при орошении в активной зоне факела осаждаются частицы размером 0,25 мкм и выше, а в зоне его затухания — не менее 5 мкм.

Вода для обеспыливания перерабатываемых материалов обычно диспергируется специальными оросителями. Основными параметрами оросителей являются угол раствора факела и его длина. После выхода непосредственно из оросителя капли воды имеют наибольшую скорость. Здесь эффективнее смачиваются частицы пыли. Поэтому этот участок факела называется активным. Далее расположена зона затухания, где скорости движения капель уменьшаются и частицы пыли смачиваются менее эффективно. Факел может быть компактным — с уплотненным потоком капель по площади поперечного сечения и зонтичного типа — с большей плотностью капель на периферии и меньшей в центре факела. Угол раствора факела и его дальнобойность возрастают с увеличением давления воды перед оросителем.

Для обеспыливания применяются оросители с механическим диспергированием и комбинированного действия с диспергированием воды сжатым воздухом. Оросители с механическим диспергированием воды бывают вихревого и ударного действия.

Степень диспергирования воды зависит от давления перед оросителем и диаметра выходного отверстия форсунки. Давление воды в трубопроводах обычно бывает невысоким (0,3—0,4 Мн/м²). Из-за большого гидравлического сопротивления и засорения механическими взвешьями, находящимися в воде, механические оросители дают грубое диспергирование воды (размеры капель 50—120 мкм).

Оросители комбинированного действия (туманообразователи) отличаются более высокой степенью диспергирования воды, чем оросители механического действия (размеры капель 0,5—25 мкм), но требуют дополнительного расхода сжатого воздуха. Поэтому они применяются на дробильно-сортировочных или дробильно-обогащительных фабриках, имеющих централизованные компрессорные станции.

В настоящее время можно рассчитать только некоторые параметры оросителей [96], в том числе скорость вылета капель. Ее определяют по формуле

$$v = \frac{4q}{\pi d^2 \epsilon}, \text{ м/сек}, \quad (97)$$

где q — производительность оросителя, м³/сек;

d — диаметр сопла, м;

ϵ — коэффициент заполнения сечения сопла струей воды.

Для зонтичных форсунок $\varepsilon = 0,16 - 0,51$, для конусных — $\varepsilon = 0,5 - 0,1$.

У применяемых оросителей скорость вылета капель при давлении воды $0,5 \text{ Мн/м}^2$ достигает $25 - 50 \text{ м/сек}$. Однако в результате сопротивления атмосферы она резко падает. Это отражается на эффекте захвата пылинки.

Техническая характеристика наиболее широко применяемых механических оросителей приведена в табл. 26.

Таблица 26

Техническая характеристика оросителей механического действия

Показатели	Ороситель			
	МакНИИ	конструкция Ильява	тангенциальный	шпильчатый
Форма факела	Полый конус	Полый конус	Сплошной конус	Сплошной конус
Диаметр отверстия, мм	2	2	2	2
Угол раствора факела, рад	1,22	0,70	0,23	0,77
Расход воды, см ³ /сек	14	39	49	56
Длина факела, м	2,8	7	8	7

Сравнительные испытания известных средств гидрообеспыливания показали, что наиболее рациональными конструкциями являются туманообразователи ТК-1 и ТЗ-1 и оросители ОК-1, ОЗ-1 и ОЗ-2 [96]. Эти аппараты серийно выпускает Свердловский механический завод горноспасательного оборудования.

Техническая характеристика оросителей приведена в табл. 27.

Таблица 27

Техническая характеристика оросителей

Показатели	Ороситель			
	туманообразователь ТК-1	ОК-1	ОЗ-1	ОЗ-2
Расход сжатого воздуха, м ³ /сек	0,02—0,05	—	—	—
Расход воды, м ³ /сек	0,38—0,81	0,33	0,05	0,13
Давление сжатого воздуха, Мн/м ²	0,5	—	—	—
Давление воды, Мн/м ²	0,5	0,3—0,4	0,3—0,4	0,3—0,4
Длина (максимальная) факела, м	13—14	4,5	2	3—5
Диаметр факела, м	2,5	2,5	2	2
Угол раствора факела, рад	—	1,3	2,1	1,4
Диаметр отверстия сопла, мм	—	4	4	4
Вес, кг	1,7	0,10	0,06	0,06

Для интенсификации процесса осаждения пылевого облака и повышения эффективности увлажнения тонкодисперсных частиц пыли разработаны гидроакустические форсунки [97].

Эффект пылеосаждения при этом достигается благодаря тонкому распылению воды и акустической коагуляции частиц витающей пыли. Гидроакустический ороситель имеет угол раствора факела 1,05—1,3 рад, длину факела 7—10 м. Максимальный диаметр факела в конце активной зоны составляет 1,3—1,6 м. Гидроакустические оросители уменьшают запыленность воздуха в 8—10 раз.

В настоящее время находят применение специальные добавки к воде, которые повышают ее пылеулавливающие свойства. Например, добавление к воде поверхностно-активного вещества ДБ 0,03% повышает эффективность осаждения пыли из воздуха на 36,8%, а добавление к воде солей NaCl и CaCl₂ — на 40,4% и 65,0% [98].

Интересным является обеспыливание воздуха в рабочих помещениях распыленной электризованной водой. Было замечено, что распыляемая оросителями вода приобретает незначительный электрический заряд, хотя напряжение к оросителям не подводилось. Капельки распыляемой воды приобретают разноименные заряды. Это явление использовали при разработке обеспыливания воздуха распыленной электризованной водой. Электризованная вода интенсифицирует осаждение тонкодисперсных фракций пыли, не захватываемых каплями обычной воды [99]. Исследованиями в производственных условиях [100, 101, 102] установлено, что эффективность осаждения пыли диспергированной электризованной водой в 2—2,2 раза выше, чем при обеспыливании обычной водой при одном и том же диаметре капель. При этом наибольшая эффективность получена при осаждении водой, заряженной в поле короны переменного тока. Расход воды обычно составляет 40 г/м³ воздуха.

§ 3. УБОРКА ОСЕВШЕЙ ПЫЛИ

В рабочих помещениях фабрик ГОКов значительное количество пыли оседает на полу, оборудовании, ограждениях и металлоконструкциях.

Например, по данным А. В. Шелекетина и Н. С. Карпушинского [25] в спекательном отделении агломерационной фабрики завода «Запорожсталь» на площади 1 м² за сутки оседает 274 г пыли, а в галереях возврата — 362 г.

Исследования института НИИрудвентиляция показали, что на полу и оборудовании отдельных помещений дробильной и агломерационной фабрик НКГОК оседает за сутки на 1 м² следующее количество пыли, г:

Корпус:

I и II стадий дробления	120
дробления известняка	360

измельчения кокса	180
Помещение смесителей	80
Спекательное отделение агломерационной фабрики № 1	240

Осевшая пыль под действием воздушных потоков или в результате вибрации оборудования поднимается и загрязняет воздух.

Уборка осевшей пыли производится: предварительным увлажнением водой и последующей уборкой ее вручную или смывом направленными струями воды в отдельную канализационную сеть фабрики; пылесосными установками местного или централизованного действия;

непосредственным смывом направленными струями воды в наклонные желоба канализационной сети фабрики.

Уборка осевшей, предварительно увлажненной пыли вручную (лопатами, совками или вениками) практически невозможна, учитывая большие площади производственных помещений фабрик ГОКов.

Пылесосные установки пока не применяются.

На фабриках ГОКов осевшая пыль убирается, как правило, предварительным увлажнением механическими оросителями с последующим смывом ее направленными струями воды или непосредственным смывом направленными струями воды в наклонные желоба канализационной сети фабрики.

Предварительное увлажнение осевшей пыли препятствует взметыванию осевших пылинок и способствует более полному удалению пыли в канализационную сеть. Осевшая пыль увлажняется водой, по качеству не уступающей питьевой. Расход воды составляет $0,006 \text{ м}^3/\text{м}^2$ поверхности пола.

Для уменьшения трудовых затрат при мокрой уборке производственных цехов рекомендуется переносный пневмодораспылитель, предложенный институтом Гиредмет [47], который имеет следующую характеристику:

Расход:	
сжатого воздуха, $\text{дм}^3/\text{сек}$	1,7—3,3
воды, $\text{см}^3/\text{сек}$	25—66
Давление, $\text{Мн}/\text{м}^2$:	
воздуха	0,3—0,4
воды	0,2—0,3
Факел, м:	
длина	5—15
ширина	2—3

Пневмодораспылителем рекомендуется увлажнять стены и полы помещений, а смыв пыли с полов производить шлангом с насадкой. Поливочные краны необходимо устанавливать на расстоянии около 30 м друг от друга. Длина шлангов должна быть не менее 15 м. Расход воды на один поливочный кран рекоменду-

ется принимать $2,0 \text{ дм}^3/\text{сек}$. Время смыва 1 м^2 поверхности обычно составляет 3 сек . Напор воды перед поливочным краном, обеспечивающий длину компактной струи до $4,5 \text{ м}$, должен быть не менее $0,1 \text{ Мн}/\text{м}^2$.

Сократить трудовые затраты при уборке полов можно также применением стационарно установленных перфорированных труб [25]. Для периодического смыва полов применяются трубы с однорядными отверстиями диаметром 6 мм и шагом между отверстиями 20 мм , а для смыва просыпи под рамами конвейеров — трубы с двухрядной перфорацией. Расход воды на 1 пог. м перфорированной трубы принимается по графику (рис. 48). Продолжительность смыва полов должна быть не менее 5 мин . Одновременно рекомендуется смывать участки пола до 36 пог. м .

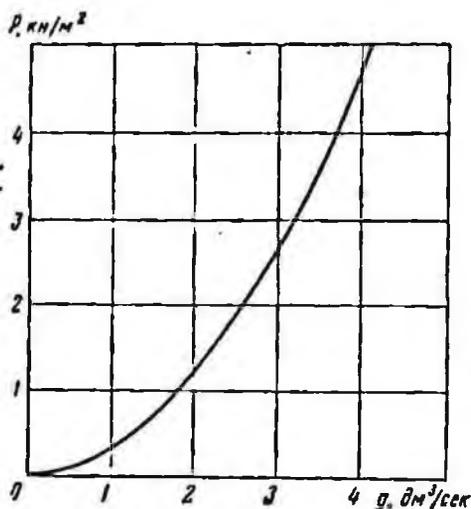


Рис. 48. Расход воды на 1 пог. м перфорированной трубы в зависимости от давления перед отверстием (диаметр отверстия 6 мм , расстояние между отверстиями 50 мм)

При проектировании фабрики необходимо создавать условия, препятствующие осаждению пыли на конструкциях и оборудовании и облегчающие уборку полов. Для этого в проектах предусматривают:

стены, потолки и другие внутренние строительные конструкции помещений с минимальным количеством выступающих частей и уклоном внутрь помещений;

внутренние поверхности стеновых панелей гладкими с влагонепроницаемым фактурным слоем;

полы с надежной гидроизоляцией, повышенной прочностью на истирание и гладкой поверхностью, наклон полов в сторону лотков не менее $0,03$;

лотки для перемещения шлама с уклоном $0,02$ — $0,03$ и футеровкой металлом, сверху лотки поперечно-перекрываются решетками;

уклон поверхностей аспирационных укрытий технологического оборудования $0,02$;

все электродвигатели, приборы автоматики и КИП, осветительная арматура и электропроводка во влагозащитном исполнении.

При мокрой уборке пыли в зимнее время температура в цехах должна быть плюс 10 — 12°С . Это достигается подогревом приточного воздуха в калориферах и дополнительным подогревом его в помещении фабрики нагревательными приборами.

Увлажнять и смывать осевшую на полах пыль рекомендуется ежедневно, а мокрую уборку стен, металлоконструкций и остекления — ежемесячно.

§ 4. ОБЕСПЫЛИВАНИЕ ЛЕНТЫ ХОЛОСТОЙ ВЕТВИ КОНВЕЙЕРА

При работе ленточного конвейера на поверхность ленты налипают частички транспортируемого материала, которые образуют осыпь под рамой конвейера и запыляют воздух рабочих помещений иногда до концентрации 180 мг/м^3 [103]. Образующуюся осыпь убирают обычно смывом водой в лотки.

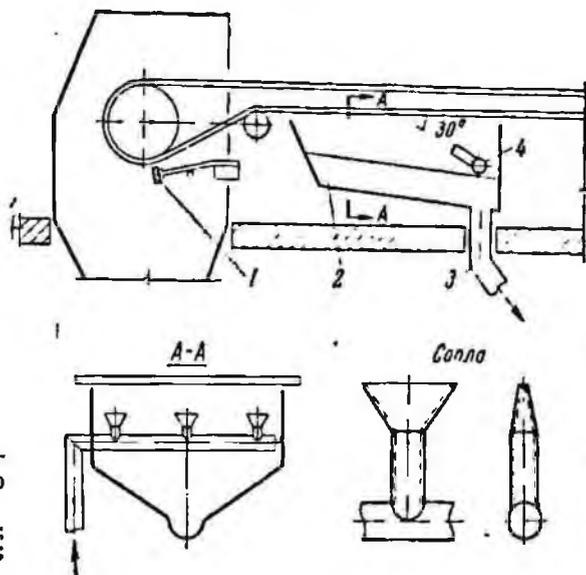


Рис. 49. Схема очистки холостой ветви ленточного конвейера:

1 — скребок с противовесом;
2 — поддон; 3 — шламопровод;
4 — щелевое сопло

Чтобы устранить пыление, холостую ветвь ленты конвейера нужно очистить от прилипших частичек материала. Как показали исследования ВНИИПТМАШ [104], механические очистители не обеспечивают требуемой степени очистки.

Смыв направленными струями воды прилипшего к ленте материала является наиболее эффективным способом очистки ленты [105]. Однако этот способ имеет существенный недостаток — поверхность ленты после очистки сильно увлажняется и транспортируемый материал налипает в большем количестве.

В институте Сантехпроект (Харьков) исследовали возможность очистки холостой ветви ленты конвейера струями воды, вытекающими из щелевых сопел. Устройство для смыва прилипших частичек состоит из щелеобразных сопел (рис. 49), присоединенных к водоподающей трубе. Вода подается под углом 30° к поверхности ленты. Шлам собирается в поддоне и стекает в желоб. Перед устройством для смыва частиц устанавливается скребок, предварительно очищающий поверхность ленты. Расход воды без учета скорости перемещения конвейера составляет в среднем

0,44 м³/сек на 1 пог. м ширины ленты при скорости истечения водяных струй 4 м/сек.

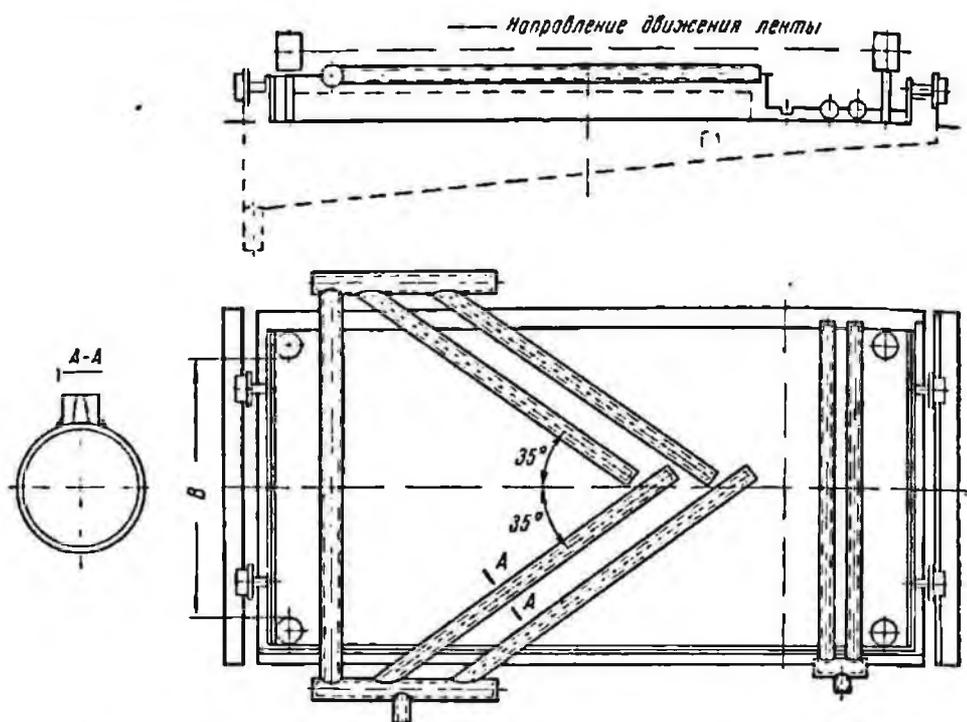


Рис. 50. Устройство для очистки конвейерной ленты конструкции НИИруд-вентиляция

В институте НИИрудвентиляция разработано устройство для очистки ленты (рис. 50), состоящее из двух водораздаточных труб с отверстиями, расположенными в шахматном порядке. Один конец водораздаточных труб присоединен к общему коллектору, через который подается вода, а другой — заглушен. Водораздаточные трубы закреплены в корпусе поддона, прикрепленного подвесками к раме конвейера. Вода из водораздаточных трубок подается по нормали к поверхности ленты. Применение двух водораздаточных трубок позволило более равномерно распределить воду через выпускные отверстия. После водораздаточных труб установлен резиновый скребок, который удаляет часть воды с поверхности ленты.

Расход воды определяют по эмпирической формуле

$$q = 0,6vB, \text{ дм}^3/\text{сек}, \quad (98)$$

где 0,6 — опытный коэффициент;
 v — скорость движения ленты конвейера, м/сек;
 B — ширина ленты, м.

Давление воды в магистрали должно быть 0,3—0,4 Мн/м². Обычно 1 м² поверхности ленты удерживает около 160 г воды.

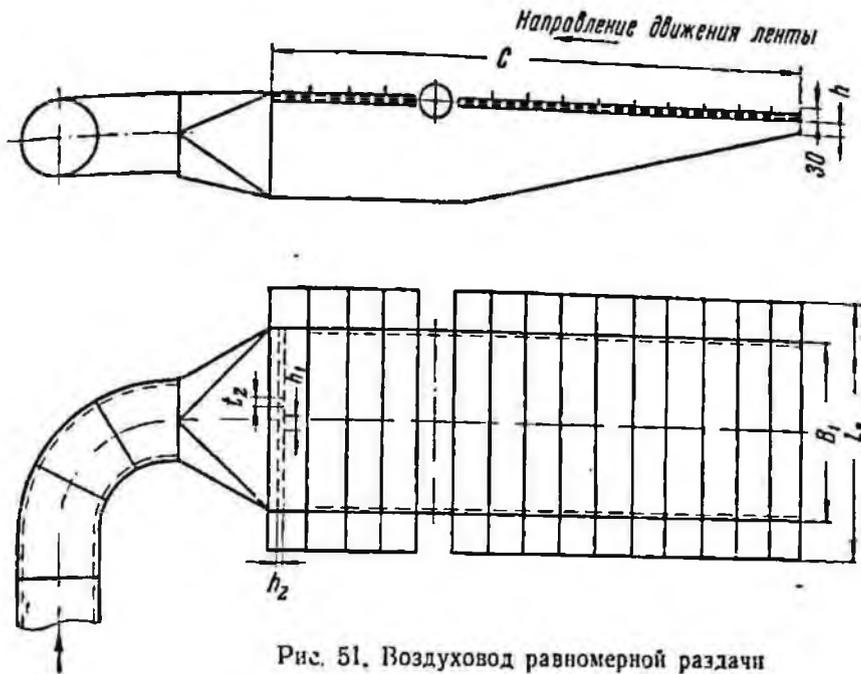


Рис. 51. Воздуховод равномерной раздачи

Мокрую ленту сушат обдувом поверхности струями сжатого воздуха, выпускаемого из трубок, расположенных в корпусе поддона и направленных под углом 35° к ленте конвейера. Трубки снабжены коническими насадками, через которые сжатый воздух выпускается перпендикулярно к поверхности ленты. После обдува поверхность ленты остается еще влажной.

Расход сжатого воздуха для сдува воды с поверхности ленты при давлении в магистрали $0,2-0,3 \text{ Мн/м}^2$ определяется по эмпирической формуле

$$L_{\text{св}} q_{\text{св}} (563B + 50), \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (99)$$

где $q_{\text{св}}$ — удельный расход сжатого воздуха (принимается $3 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{м} \cdot \text{сек}$).

Как показали опыты, при скорости движения ленты конвейера менее $1,3 \text{ м/сек}$ отжатие воды резиновым скребком с последующим обдувом ее струями сжатого воздуха обеспечивают воздушно-сухое состояние поверхности ленты. Если скорость перемещения ленты конвейера выше $1,3 \text{ м/сек}$, то досушку ее после обдува сжатым воздухом необходимо осуществлять воздухом, подаваемым вентилятором через воздуховод равномерной раздачи (рис. 51). Воздуховод устанавливается под рамой конвейера за корпусом поддона.

Количество воздуха для досушки ленты определяется по эмпирической формуле

$$L = 1,1Bv, \text{ м}^3/\text{сек}. \quad (100)$$

Основные размеры устройства для очистки ленты приведены в табл. 28.

Таблица 28

Основные размеры устройства для очистки ленты

Размер	Формула для определения или размер в мм
Водораспределительные трубы	
Ширина устройства B_1	$B + (100 - 200)$
Общая длина трубы L	$B + (200 - 300)$
Рабочая длина трубы L_1	0,8 B
Шаг отверстий в трубе t	20
Диаметр отверстий в трубке d	3,5
Воздухораспределительные трубы	
Диаметр выходного отверстия конического сопла d_1	2,0
Диаметр входного отверстия конического сопла d_2	4,0
Шаг сопел t_1	6,0
Длина сопла h	15
Воздуховод равномерной раздачи	
Длина щелеобразного отверстия h_1	100
Расстояние между щелеобразными отверстиями h_2	130
Расстояние между рядами щелеобразных отверстий t_2	8,0
Длина воздуховода C	2500 v
Ширина воздуховода B_2	0,4 B
Длина поперечных перегородок l_2	$B + 200$

Устройство для очистки ленты позволило снизить запыленность воздуха в конвейерных галереях до предельно допустимой концентрации и устранить ручной труд по уборке осыпей под рамами конвейеров.

§ 5. ШЛАМОУДАЛЕНИЕ

Наиболее сложно осуществить выгрузку, транспортировку и использование пыли, уловленной в сухих пылеочистных аппаратах. Для выгрузки обычно применяют пылевые затворы различных конструкций (шиберные, шлюзовые, клапаны-мигалки и др.), а для транспортировки — шнековый, конвейерный, пневматический, автомобильный и железнодорожный транспорт. Перегрузка и последующая транспортировка сухой пыли связаны с неизбежными потерями ее и тяжелыми условиями труда. Поэтому на фабриках горнообогатительных комбинатов наибольшее распространение получил гидротранспорт пыли.

Пыль из мокрых пылеуловителей удаляется в виде шлама через

гидрозатворы. Лучшими являются гидрозатворы ящичного типа (рис. 52), которые меньше других заливаются [108]. Высота перелива в гидрозатворе.

$$h \geq (0,11 - 0,12) P_{ст}, \text{ мм}, \quad (101)$$

где $P_{ст}$ — статическое давление в пылеуловителе, н/м^2 .

При недостаточной высоте гидрозатвора запыленный воздух выбивается (когда пылеуловитель под избыточным давлением) или подсасывается окружающий воздух. Это отрицательно влияет на работу аппарата.

Нормальная работа гидрозатворов при начальной запыленности очищаемого воздуха 1 г/м^3 (железородная пыль) возможна только при расходе воды не менее $0,1 \text{ дм}^3/\text{м}^3$ очищаемого воздуха. При увеличении запыленности воздуха расход воды следует увеличивать

прямо пропорционально концентрации пыли. В циклонах-промывателях дополнительную воду подают непосредственно в гидрозатвор, в пленочных циклонах и скрубберах — в коническую часть аппарата ниже патрубка, по которому подается воздух.

Гидравлический способ удаления пыли применяется также и в аппаратах сухой очистки пыли вентиляционных и технологических выбросов. Хорошие результаты были получены при очистке воздуха с запыленностью $4-5 \text{ г/м}^3$ [108] после замены в рукавном фильтре шлюзового затвора гидрозатвором.

Вполне надежно работают также гидрозатворы на пылевых бункерах батарейных циклонов в системе очистки агломерационных газов.

В настоящее время на агломерационных фабриках применяется выгрузка пыли из бункеров коллектора-газохода в водяную ванну с затопленным скребковым конвейером [109]. Сгущенный шлам перегружается на конвейер с шихтой и используется в технологическом процессе.

Шлам, образующийся в пылеуловителях и при смыве осевшей пыли и просыпи из-под конвейеров, поступает по трубам или наклонным желобам в специальную емкость (зумпф) с насосом и перекачивается затем в отстойники или хвостохранилище. Обычно применяют насосы типа НФ с автоматическим включением через реле с поплавковым датчиком. При обратной системе водоснабжения осветленная вода снова используется в технологическом процессе.

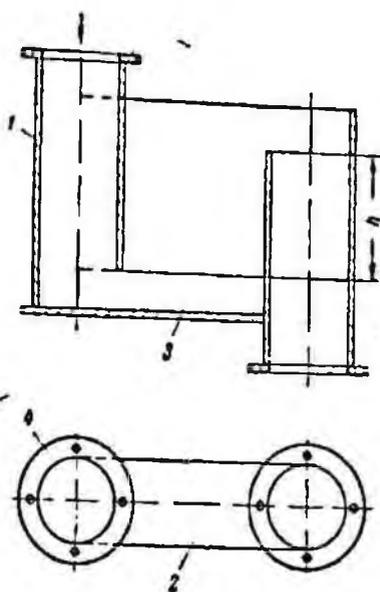


Рис. 52 Гидрозатвор ящичного типа:

1 — труба; 2 — стенка; 3 — днище; 4 — фланец

МЕРОПРИЯТИЯ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ СНИЖЕНИЮ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА

§ 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Технологические мероприятия, а именно: замена сухих технологических процессов мокрыми, использование более мощного и компактно расположенного оборудования, уменьшение высоты перегрузок сыпучих материалов — могут предупредить или в значительной мере уменьшить выделение пыли в атмосферу рабочих помещений. В этом отношении представляет интерес использование для дробления и измельчения железных руд мельниц мокрого и сухого самоизмельчения, а также замена сухого магнитного обогащения мокрым. В крупных мельницах типа «Каскад» самоизмельчение руд предполагается осуществлять в водной среде. Для сухого самоизмельчения будут применяться мельницы типа «Аэрофол» и струйные мельницы, которые работают в замкнутом цикле с воздушным классификатором и системой пневмотранспорта.

При подготовке железорудного сырья к окускованию предотвратить выделение пыли можно заменой в шихте известняка мелом. Так, на агломерационной фабрике КМА-руды известняк был заменен мелом, который измельчался мокрым способом в специальных мельницах-мешалках [110]. Такой способ подготовки мела практически полностью исключает пылевыведение.

На агломерационной фабрике Криворожского металлургического завода известняк дробили в молотковой дробилке совместно с мелом [111]. Смесь влажностью 14—15% состояла из 30% мела и 70% известняка. Запыленность на рабочих местах была уменьшена в десятки раз. При этом, как утверждают авторы, колосниковая решетка дробилки не забивалась влажным материалом.

Значительно уменьшается пылевыведение при дроблении мокрого материала. Однако в этом случае для предотвращения налипания материала дробилка оборудуется виброустановкой [112].

Уменьшить количество очагов пылевыведения на фабриках ГОКов можно применением более мощного и компактно расположенного оборудования [25, 33].

На фабриках окускования интенсивность пылевыведения в корпусах спекания и разгрузочных узлах зависит от качества агломерата или окатышей [51]. Неспекшийся агломерат или необожженные окатыши при перегрузке выделяют большое количество пыли и просыпь, увеличивая, как правило, в сотни раз предельно допустимую санитарными нормами запыленность воздуха. Устранить пылевыведение можно, если процесс спекания или

обжига заканчивать на предпоследних вакуум-камерах [113]. Кроме того, на эффективность противопылевых систем значительное влияние оказывает способ охлаждения агломерата, окатышей и возврата. При воздушном охлаждении материалов, когда транспортируется сухой материал, все противопылевые системы работают удовлетворительно. Запыленность воздуха в производственных помещениях не превышает предельно допустимую санитарными нормами. Примером может служить агломерационная фабрика № 2 НКГОКа в первые годы работы, когда агломерат охлаждался воздухом на удлиненной части агломашинны. Возврат поступал в галерею сухим и охлажденным до температуры, позволяющей транспортировать его ленточным конвейером. Запыленность воздуха в разгрузочной части и на трактах возврата, т. е. в самых неблагоприятных местах, составляла 4—14 мг/м³. При спекании агломерата на удлиненной части ленты возврат, поступающий в галерею с температурой выше 350°С, охлаждается водой в барабанных охладителях. В этом случае применение аспирации для борьбы с паропылевой смесью затруднено, так как аспирационные воздуховоды сильно засоряются пылью [114]. Следовательно, применение воздушных охладителей для агломерата, окатышей и возврата [115, 116] является одним из эффективных противопылевых мероприятий.

Интенсивным очагом запыления воздуха рабочих помещений являются ленточные конвейеры. Тщательная регулировка натяжения ленты, применение автоматических и центрирующих роликоопор, сращивание стыков конвейерных лент вулканизацией могут значительно уменьшить просыпь материала, а следовательно, и пылевыделение.

Для перемещения пылящих материалов по сложной трассе (с вертикальными, горизонтальными и наклонными участками) можно использовать трубчатый ленточный конвейер. Транспортирование материала производится в закрытой трубчатой ленте. Лента раскрывается для разгрузки или загрузки материала только на поворотном барабане.

На агломерационных фабриках Кривбасса широко применяется транспортирование материалов в водной среде скребковыми конвейерами, которые совершенно исключают пылевыделение [109].

§ 2. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Организационные мероприятия по борьбе с пылью на фабриках ГОКов разделяют на общие, относящиеся ко всем предприятиям отрасли, и местные, касающиеся только данного предприятия.

К основным организационным мероприятиям относятся: повышение требований к разработке санитарно-гигиенических разделов проектов с обязательной разработкой раздела по борь-

бе с пылью на основе использования новейших достижений науки и передового опыта;

запрещение ввода в эксплуатацию новых объектов без завершения комплекса противопылевых средств, обеспечивающих снижение запыленности воздуха на рабочих местах и в вентиляционных выбросах до предельно допустимых концентраций;

авторский надзор проектных институтов за выполнением проектных решений по обеспыливанию промышленных предприятий;

обеспечение первоочередного выделения ассигнований, материалов и оборудования на мероприятия по борьбе с пылью;

постоянный контроль за уровнем запыленности и загазованности воздуха на рабочих местах, технологических и вентиляционных выбросов;

проведение широкой разъяснительной работы с вовлечением в борьбу с пылью всех трудящихся, для чего периодически организовывать школы по обмену опытом борьбы с пылью на базе передовых предприятий, проводить выставки-конкурсы лучших предложений по борьбе с пылью, организовывать ежегодно смотры состояния борьбы с пылью на предприятиях.

Весьма важными являются ежегодные медицинские осмотры всех трудящихся предприятий для предупреждения заболевания силикозом, а также профилактические мероприятия.

Для пылегазового контроля на крупных предприятиях создаются санитарные лаборатории, сотрудники которой по указанию начальника вентиляционной службы или согласно графику, утвержденному главным инженером предприятия, отбирают пробы на запыленность и загазованность воздуха. Лаборатории руководствуются «Типовым положением о санитарной лаборатории» № 822—69, утвержденным Министерством здравоохранения СССР 26 сентября 1969 г. На предприятиях, где такая лаборатория отсутствует, пробы отбирают работники военизированных горноспасательных отрядов или санэпидемстанции.

Промплощадки и производственные помещения фабрик должны отвечать нормам промышленной эстетики.

§ 3. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ПЫЛИ

Для защиты органов дыхания от пыли применяют противопылевые респираторы с выделением фильтрующего элемента в самостоятельный конструктивный узел (вариант А) и респираторы, фильтрующий элемент которых совмещен с корпусом лицевой части (вариант Б).

Центральная комиссия по борьбе с силикозом утвердила следующие требования к промышленным противопылевым респираторам [126]:

1. Противопылевой респиратор должен обеспечивать очистку воздуха от пыли до концентрации ниже предельно допустимой.

2. Конструкция лицевой части респиратора должна обеспечивать содержание углекислого газа во вдыхаемом воздухе:

при средней тяжести работы (объем вдоха 1000 см^3) не более 0,5%, в состоянии относительного покоя (объем вдоха 500 см^3) не более 1,5%.

3. Респиратор должен иметь:

сопротивление входу в начале работы не более 40 н/м^2 , а при непрерывной пятичасовой работе не более 100 н/м^2 , сопротивление выдоху в начале работы для бесклапанных респираторов не более 30 н/м^2 .

Сопротивление дыханию измеряется при постоянном одностороннем движении запыленного (100 мг/м^3) воздуха со скоростью $0,5 \text{ дм}^3/\text{сек}$.

4. Вес респиратора варианта А не должен превышать 300 г, а варианта Б — 75 г; респиратор не должен ограничивать поле зрения более чем на 25%.

5. Респиратор должен быть простым в обращении и уходе, удобным, надежно крепиться на голове, не вызывать раздражения и стягивания кожи.

В последние годы созданы новые высокоэффективные, легкие и надежные в работе бесклапанный респиратор «Лепесток» и клапанный респиратор «Астра-2», у которых в качестве фильтровального элемента используют ткань ФПП. В других респираторах ткань ФПП является либо основным фильтрующим элементом (Ф-65, НИГРИ-1), либо дополнительным (РПЦ-22Д).

Техническая характеристика некоторых противопылевых респираторов приведена в табл. 29.

Бесклапанные респираторы «Лепесток» изготавливаются из ткани ФПП в марлевой оболочке. Основными достоинствами респиратора являются высокая эффективность пылезадержания, незначительное сопротивление входу и выдоху, малый вес, простота изготовления и удобство в работе. Вместе с тем применение респиратора типа «Лепесток» во влажной атмосфере или при пониженной температуре приводит к его увлажнению, залипанию пылью и повышению сопротивления при входе и выдохе. Большим недостатком респиратора «Лепесток» является его разовое использование.

В условиях влажной атмосферы целесообразно использовать респиратор РПЦ-22Д. Он состоит из конической полумаски и обтюратора из мелкопористого пенополиуретана. Внутри полумаски имеется фильтрующая перегородка с клапаном выдоха. Высокая эффективность улавливания пыли, малый вес, простота конструкции и удобство пользования позволяют применять респиратор РПЦ-22Д для защиты от пыли в любых условиях.

Пенополиуретановый респиратор У-2К обеспечивает высокую степень очистки воздуха, имеет малое сопротивление входу и выдоху, незначительный вес, долговечен, прост в устройстве и пользовании. Респиратор имеет форму усеченного конуса, в узкую часть которого вмонтирован клапан выдоха. Полумаска является одновременно фильтром для грубой очистки из пенополиуретана

Таблица 29

Техническая характеристика противопылевых респираторов

Показатели	Респиратор						
	«Лепе-сток-200»	«Лепе-сток-10»	«Лепе-сток-5»	РПЦ-22Д	У-2К	«Астра-2»	Ф-62
Вес, г	10			25	5	290	200
Объем мертвого пространства, см ³	144			68	134	209	180
Начальное сопротивление дыханию при расходе воздуха 0,5 дм ³ /с.м, н/м ² :							
вдох	29	12	8	22	92	30	37
выдох	29	12	7	16	40	30	30
Сокращение поля зрения, %	11,7			21,8	14,0	26,3	24,3
Эффективность очистки воздуха от пыли, %	99,9			99	99	99,98	99,4
Содержание углекислого газа во вдыхаемом воздухе при входе, см ³ , %:							
500	0,6			0,9	0,78	1,71	1,4
1000	0,57			0,7	0,69	0,68	0,8
Срок службы, смен	1			—	100	20	20
Заменяемость фильтров	Не заменяется			Заменяется	Не заменяется	Заменяется	

и для тонкой очистки из ткани ОРПП. Внутренняя часть полумаски выполнена из перфорированной полиэтиленовой пленки. Выпускаются три модели респиратора: У-1; У-2 и У-3, отличающиеся только размерами. Респиратор У-2К имеет два клапана вдоха.

Респиратор «Астра-2» предназначен для длительного пользования. Он представляет собой разъемную резиновую полумаску с двумя фильтрующими элементами, имеющими сменные гофрированные фильтры из ткани ФПП и клапанами выдоха и вдоха.

Респиратор Ф-62 является многосменным. Он представляет собой резиновую полумаску и отделенный от нее один фильтрующий элемент из двух слоев ткани ФПП. Полиэтиленовая коробочка с гофрированным фильтром соединена с полумаской клапаном вдо-

ха. В нижней части полумаски имеется клапан выдоха. Для предохранения кожи лица от раздражения к резиновой полумаске прикреплен трикотажный обтюратор.

Необходимым условием успешной эксплуатации противопылевых респираторов является хороший уход за ними. Хранение, ремонт и смена фильтров необходимо проводить в специальном помещении — респираторной, где должны быть приспособления для мойки, сушки и проверки респираторов. Все рабочие должны быть обучены правилам пользования и ухода за респираторами.

§ 4. ОБЕСПЫЛИВАНИЕ БЫТОВЫХ КОМБИНАТОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК

При переодевании рабочих во время пересмен в окружающую атмосферу интенсивно выделяется тонкодисперсная пыль. Исследованиями установлено, что в это время в гардеробных бытовых комбинатов концентрация пыли в воздухе составляет от 5 до 50 мг/м³ [117]. Проведенные исследования показали, что бытовые комбинаты проектируются неправильно. Забор запыленного воздуха в гардеробных осуществляется только из верхней части помещения, тогда как наибольшая концентрация пыли в воздухе находится на высоте 2 м от уровня пола. Кроме того, приточной вентиляции, как правило, не бывает. Воздух в помещения проникает в теплое время года через форточки и окна, а в холодное — из расположенных рядом бытовых помещений. Поэтому в первую очередь необходимо упорядочить общеобменную вентиляцию бытовых комбинатов. Всасывающие патрубки вытяжной вентиляции должны быть расположены на высоте 2—2,2 м от уровня пола, а для подачи свежего воздуха следует устраивать механическую приточную вентиляцию с предварительной обработкой поступающего воздуха (очистка его от пыли в пылеуловителях и подогрев калориферами в холодное время года). Предотвратить выделение пыли в воздух гардеробных можно, применяя подпольный способ хранения спецодежды, которую рекомендуется систематически (не реже одного раза в неделю) обеспыливать в специальных приспособлениях. Кроме того, раз в один-два месяца одежду рекомендуется стирать.

В настоящее время разработано много различных машин и приспособлений для обеспыливания спецодежды. Все известные машины и приспособления обеспыливают спецодежду механическим, пневматическим и пневмомеханическим способами [118, 119, 120]. Сравнительные испытания некоторых опытных образцов машин для обеспыливания спецодежды, выполненные в институте ЦНИИПП [125], показали, что машины не удаляют всю пыль, осевшую на одежде.

В последнее время предложен способ обеспыливания спецодежды струями пульсирующего сжатого воздуха [120].

Атмосфера промышленных площадок, на которых размещены

дробильно-обогащительные и агломерационные фабрики ГОКов, непрерывно загрязняется вредностями, так как выбрасываемая вместе с воздухом пыль часто в результате недостаточной высоты вытяжных труб относительно крыши промышленных зданий попадает в зоны ветровой аэродинамической тени от зданий или ветрового подпора перед зданиями. Пыль рассеивается по территории промышленной площадки, часть ее уносится ветром, часть — осаждается на почву, а часть — витает в воздухе. Для предупреждения загрязнения атмосферы рекомендуется шахты и трубы делать более высокими и без зонтов, которые отражают пыль вниз, в зону аэродинамической тени [121].

Для снижения концентрации пыли в атмосфере промышленной площадки требуется постоянно повышать эффективность существующих пылеуловителей или заменять их другими, обеспечивающими высокую степень очистки. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы в выбросах концентрация пыли была ниже предельно допустимой санитарными нормами СН-245-63.

Снизить запыленность атмосферы промышленной площадки можно посадками на свободной территории деревьев в три яруса, кустарников и трав.

§ 5. ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ПЫЛЕВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Основными причинами неудовлетворительной работы вентиляционных и пылеулавливающих установок являются:

непредусмотренное при проектировании пылевентиляционных установок изменение режима технологического процесса. В таком случае необходима реконструкция пылевентиляционных установок, а не усовершенствование их;

низкое качество оборудования и его монтажа. В результате частые поломки оборудования и сокращение межремонтных периодов. Например, плохая герметизация пылеочистного и вентиляционного оборудования, наличие подсосов или утечек в воздуховодах и оборудовании снижает эффект их применения;

низкая квалификация и малочисленность обслуживающего персонала, а также недостаточное внимание руководства предприятий вопросам очистки воздуха от пыли.

Эффективность работы систем вентиляции и обеспыливания в значительной мере зависит от надлежащего обслуживания и своевременного проведения планово-предупредительных и капитальных ремонтов. Обслуживание и ремонт пылевентиляционных установок достаточно полно освещены в специальной литературе и инструктивных материалах [123, 124, 125]. В настоящей работе излагаются основные требования, предъявляемые к обслуживанию систем вентиляции и очистки воздуха.

Правила эксплуатации вентиляционных установок предусматривают:

оформление технической документации на вентиляционные и пылеулавливающие установки, заключающееся в составлении паспорта установки, инструкции по эксплуатации и журнала эксплуатации;

периодическое обследование состояния воздушной среды в помещениях, а в случае необходимости определение эффективности вентиляционных и пылеулавливающих установок;

обеспечение нормального технического состояния вентиляционных и пылеулавливающих установок и проведение необходимых ремонтных работ.

При оформлении технической документации каждой вентиляционной установке присваивается условное сокращенное обозначение и порядковый номер. Рекомендуются следующие сокращенные обозначения: ПУ — приточная установка; ВУ — вытяжная установка; А(Т)У — аспирационная (техническая) установка; ВОУ — воздушно-отопительная установка; ВЗ — воздушная завеса.

Сокращенные обозначения и порядковые номера вентиляционных установок наносят яркой несмываемой краской на кожух вентилятора или на воздуховод около вентилятора на видное место. Для удобства эксплуатации в каждом производственном корпусе предусматривается самостоятельная нумерация вентиляционных установок.

Паспорт вентиляционной установки составляется по определенной форме (см. приложение V), в которой описывается назначение установки и ее краткая техническая характеристика. К паспорту должна быть приложена схема вентиляционной установки с указанием регулирующих приспособлений и мест расположения контрольно-измерительной аппаратуры. Паспорт вентиляционной установки составляется по данным технических испытаний. После капитального ремонта установки в соответствующие графы паспорта вносят необходимые изменения и дополнения.

Инструкция по эксплуатации, уточняющая режим работы каждой установки, составляется с учетом местных условий и содержит следующие основные данные:

порядок включения и выключения установки;

методы регулирования производительности и других параметров режима работы установки;

правила и особенности текущего ухода за отдельными установками;

плановые сроки текущих и предупредительных ремонтов.

В журнале эксплуатации отмечается: время приема и сдачи смен; указания сменному дежурному; нарушение режима работы вентиляционного и пылеулавливающего оборудования в течение смены; причины отключения различных установок и прекращение подачи воды; для электрофильтров — время включения аппарата под напряжение и выключения; показания электроизмерительных приборов электроагрегатов.

Для поддержания нормального технического состояния уста-

новок в зависимости от конкретных условий проводятся раз в один или два месяца периодические осмотры, при которых детально проверяется исправность всех механизмов и узлов, выявляется необходимость ремонтов и устанавливается объем ремонтных работ.

При текущем ремонте устраняются мелкие недостатки. Проводится он по мере необходимости дежурным эксплуатационным персоналом.

Планово-предупредительный ремонт для предотвращения длительного простоя оборудования осуществляется в зависимости от характера производства не реже двух раз в год.

Капитальный ремонт предусматривает восстановление или полную замену отдельных узлов оборудования или части оборудования, вышедших из строя. После капитальных ремонтов производится инструментальный контроль работы вентиляционного и пылеулавливающего оборудования.

ГЛАВА VII.

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ И РАБОТЫ ПЫЛЕВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

§ 1. ИЗМЕРЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА

Основными метеорологическими элементами, определяющими физическое состояние воздуха, являются температура, влажность, давление и подвижность.

Измерение температуры

Температуру воздуха измеряют ртутными или спиртовыми термометрами. Наиболее удобными для замера температуры воздуха в производственных помещениях являются ртутные психрометрические термометры с пределами измерений от минус 35 до плюс 50°С и ценой деления 0,2°. Для замера температуры технологических газов и аспирационного воздуха используются технические термометры (ТТ) с пределами измерений 0—50°С и 0—500°С.

Для автоматической записи температуры применяют термографы с суточным и недельным заводом часового механизма. Датчиком температуры в современных термографах служит биметаллическая пластинка, деформация которой при изменении температуры окружающего воздуха передается системой рычагов на записывающее устройство. При измерении температуры воздуха термометры располагают на высоте 1,5 м от пола, вдали от источников тепла и солнечных лучей. При замере низких температур используют спиртовые термометры.

В воздуховодах температуру измеряют либо стационарно установленными термометрами, либо периодическим введением термометров через отверстия в воздуховоде. В последнем случае

показания необходимо снимать через 3—5 мин после введения термометра. Глубина погружения термометров должна соответствовать той, при которой они тарированы. Эта величина указывается в тарировочном свидетельстве.

Кроме указанных приборов можно использовать самопишущие манометрические термометры, термометры сопротивления и термоэлектрические пирометры, правила установки и эксплуатации которых излагаются в инструкциях к этим приборам.

Измерение влажности воздуха

Воздух характеризуется относительной и абсолютной влажностью и влагосодержанием.

Относительной влажностью называется отношение парциального давления водяных паров в воздухе $P_{\text{п}}$ к парциальному давлению насыщенных водяных паров $P_{\text{н}}$ при той же температуре

$$\varphi = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{н}}}. \quad (102)$$

Относительная влажность измеряется в процентах или долях единицы. Наиболее точно относительная влажность воздуха определяется аспирационным психрометром [127].

Непосредственно относительную влажность замеряют волосяными гигрометрами. Действие прибора основано на свойстве обезжиренного волоса менять свою длину в зависимости от относительной влажности. Для автоматической записи относительной влажности используют гигрографы с суточным и недельным заводом часового механизма.

Очень часто по воздуховодам движется пересыщенный водяными парами воздух, в котором часть влаги находится в капельно-жидком состоянии. Количество капельной влаги можно определить фильтрацией паровоздушной смеси через фильтры из стекловолокна, помещенные в аллонжи, герметически закрывающиеся притертыми пробками. Порядок отбора проб воздуха аналогичен отбору для определения запыленности ненагретых газов (см. § 2 гл. VII).

Для определения дисперсного состава капель воды в поток воздуха на 1—2 сек помещают стеклянную пластинку шириной 5 мм, покрытую тонким слоем иммерсионного масла. Пластинку затем помещают под микроскоп и фотографируют при выдержке 1 сек фотоаппаратом с зеркальной наводкой. Освещение осуществляется лампой мощностью 150 вт, расположенной на расстоянии 1 м. По фотоотпечаткам микрометрической сеткой определяют размер капель.

Измерение атмосферного давления

Для измерения атмосферного давления применяются ртутные барометры и барометры-анероиды.

Наиболее точными являются ртутные барометры. Однако вследствие повышенной чувствительности к посторонним воздействиям такие барометры можно использовать в качестве контрольных для проверки барометров-анерондов и барографов в стационарных условиях. Наиболее простыми и удобными для пользования являются барометры-анеронды, принцип действия которых основан на деформации металлических анерондных коробок при изменении атмосферного давления.

Для автоматической непрерывной записи атмосферного давления используются барографы М-22 [128].

Измерение скорости движения воздуха

Скорость воздушного потока в цехах, а также в приточных или вытяжных проемах замеряют, как правило, анемометрами: крыльчатymi — при скорости от 0,3 до 5 м/сек и чашечными — при скорости от 1,0 до 20 м/сек [127, 128].

Принцип работы анемометров следующий: ось крыльчатки или чашечек посредством червячной передачи передает вращение редуктору счетного механизма, который имеет три стрелки. Большая стрелка отсчитывает единицы и десятки, а две малые — сотни и тысячи.

В небольших проемах (до 200×200 мм) анемометром замеряют скорость в одной центральной точке, а в проемах с большой площадью поперечного сечения — медленным перемещением по всему сечению.

Для замера скоростей воздуха от 0,05 до 3,0 м/сек используют дифференциальные анемометры [128], принцип работы которых основан на вращении крыльчатки под действием измеряемого воздушного потока и потока, создаваемого небольшим вентилятором для компенсации трения частей передаточного механизма. Поддувной механизм приводится в движение заводной пружиной. Замерять такими анемометрами можно только по точкам. Для замера по всему сечению дифференциальные анемометры непригодны.

При замерах сечение делится на равновеликие площадки, в центре которых производится замер. По сумме скоростей в каждой площадке определяют среднюю скорость в проеме. Для замера небольших скоростей воздуха можно также использовать прибор ДЕС-У [128], в котором под действием скоростного напора воздуха отклоняется легкая пластина-флажок. Замеряется скорость воздуха прибором ДЕС-У так же, как и дифференциальным анемометром.

Для замера скоростей воздуха до 30 м/сек используется индукционный анемометр АРИ-49, действие которого основано на измерении скорости вращения трехчашечной вертушки электрическим индукционным тахометром. В отличие от других типов шкала индукционного анемометра проградуирована в м/сек. Скорость замеряется только по точкам.

При постоянной работе анемометры должны тарироваться один раз в полгода, а при работе в запыленной среде — через два месяца на специальных установках или в аэродинамической трубе.

Скорость движения воздуха можно также определить термоанемометрами, выпускаемыми экспериментальными мастерскими ЛИОТ и электротермоанемометрами ЭТАМ-ЗА ВТИ. Последний прибор весьма чувствительный, однако используется он преимущественно в лабораторных условиях, так как является громоздким и сложным в эксплуатации.

Измерение давления воздушных потоков и определение скорости воздуха по динамическому давлению

Полное, статическое и скоростное (динамическое) давление воздушного потока в воздуховодах измеряется пневмометрическими трубками, которые присоединяются резиновыми трубками к жидкостным манометрам.

Существует несколько конструкций пневмометрических трубок [129]. На рис. 53 приведена одна из наиболее удачных.

Для определения поправочного коэффициента каждая пневмометрическая трубка должна тарироваться. При тщательном изготовлении трубок коэффициент практически может быть равным единице.

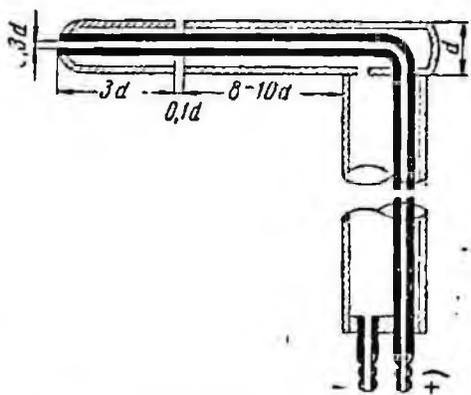


Рис. 53. Пневмометрическая трубка

Наиболее простым прибором для измерения давления воздушного потока является U-образный стеклянный манометр, который применяется при перепадах давления не менее 500 н/м^2 .

Для более точных замеров от 10 до 2000 н/м^2 используют тягонапоромеры или микроанометры. На рис. 54 представлен микроанометр ММН, в котором стеклянная трубка, расположенная на наклонном кронштейне, нижним концом соединена с резервуаром, заполненным спиртом.

Для замера давления в воздуховодах выбирается участок на расстоянии не менее пяти от последнего и не менее двух диаметров до последующего местного сопротивления, создающего возмущение потока. На этом участке воздуховода делают специальные отверстия по двум взаимно перпендикулярным направлениям для пневмометрической трубки. Для замеров диаметр круглого или сторона прямоугольного воздуховода разбивается на 6—16 равных частей. Число частей зависит от стороны или диаметра воздуховода [127].

При замерах микроанометр устанавливают строго горизон-

тально и корректируют нуль. Для лучшей видимости в спирт добавляют метиловый краситель концентрации 0,05 г/л.

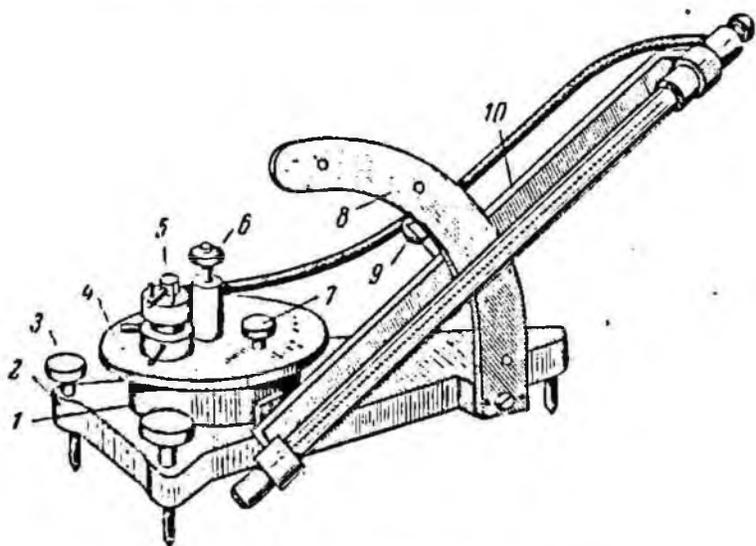


Рис. 54. Микроманометр типа ММН:

1 — резервуар; 2 — станина; 3 — регулировочный винт; 4 — крышка резервуара; 5 — кран-переключатель; 6 — винт для приведения уровня спирта в трубке к нулевому делению шкалы; 7 — пробка для закрытия отверстия, через которое резервуар заливается спиртом; 8 — стойка для установки трубки на требуемый угол наклона; 9 — фиксатор положения трубки; 10 — металлический кронштейн.

Прибор для измерений включают таким образом, чтобы давление над спиртом в резервуаре было больше, чем в измерительной трубке. Тогда уровень спирта в измерительной трубке будет подниматься и его можно фиксировать. Истинное давление подсчитывается по формуле

$$h \doteq 9,8h_m k П, \text{ н/м}^2, \quad (103)$$

где h_m — показания микроманометра, мм;
 k — коэффициент, принимаемый в зависимости от угла наклона шкалы (указан на дуге микроманометра);
 $П$ — погрешность прибора в зависимости от изменения плотности спирта под влиянием температуры и концентрации спирта (указывается в таблице, прилагаемой к прибору).

На рис. 55 показаны схемы измерения полного, статического и скоростного давления. Полное положительное давление замеряется присоединением трубки 1 с отверстием на конце к штуцеру 3 резервуара микроманометра. При этом штуцер 4 наклонной трубки микроманометра остается открытым. Полное отрицательное давление замеряется присоединением трубки 1 к штуцеру 4 при открытом штуцере 3. Штуцер 3 на микроманометре

отмечен знаком «+», а штуцер 4 знаком «-».

Статическое положительное давление замеряется присоединением трубки 2 с боковыми отверстиями к штуцеру 3 резервуара микроманометра при открытом штуцере 4 наклонной трубки. Статическое отрицательное давление замеряется присоединением трубки 2 к штуцеру 4 при открытом штуцере 3. Скоростное (динамическое) давление замеряется присоединением трубки 1 с отверстием на конце к штуцеру 3 и трубки 2 с боковыми отверстиями к штуцеру 4 микроманометра.

По величине скоростного давления можно определить скорость воздуха в воздуховоде.

$$v = \sqrt{\frac{2P}{\rho_a}}, \text{ м/сек,} \quad (104)$$

где P — динамическое давление, н/м^2 ;

ρ_a — плотность воздуха, кг/м^3 .

Минимальные скорости, которые можно замерить пневмометрическими трубками, составляют: при отсчете по микроманометру 3—4 м/сек; при отсчете по U-образному манометру 7—8 м/сек.

§ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА И ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПЫЛИ

В настоящее время степень запыленности воздуха определяют весовым (гравитационным) методом, выражающим запыленность в весовых единицах мг/м^3 и счетным (кониметрическим) методом, характеризующим запыленность числом пылевых частиц в единице (обычно 1 см^3) воздуха.

В нашей стране при определении запыленности воздуха весовой метод является стандартным и обязательным. Действующие санитарные нормы предельно допустимой концентрации минеральной пыли в воздухе промышленных предприятий установлены в весовых единицах (табл. 30).

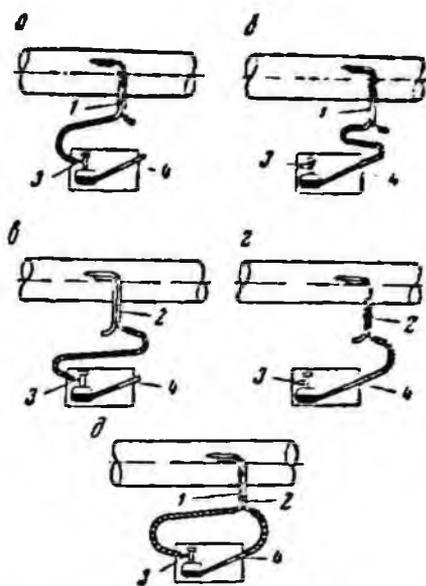


Рис. 55. Схемы измерения давлений: а — полного положительного; б — полного отрицательного; в — статического положительного; г — статического отрицательного; д — скоростного; 1 — трубка с отверстием на конце; 2 — трубка с боковыми отверстиями; 3 — штуцер резервуара микроманометра; 4 — штуцер наклонной трубки микроманометра

Таблица 30

Предельно допустимая концентрация пыли в воздухе

Пыль	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³
Содержащая более 70% свободной окиси кремния в ее кристаллической модификации (кварц, кристобалит, тридимит, конденсат SiO ₂)	1,0
Содержащая от 10 до 70% свободной SiO ₂	2,0
Асбестовая, содержащая более 10% асбеста	2,0
Силикатная (талык, оливин и др.), содержащая менее 10% свободной SiO ₂	4,0
Баритовая, апатитовая, фосфоритовая, цементная, содержащая менее 10% SiO ₂	5,0
Угольная и угольно-породная, содержащая более 10% свободной SiO ₂	2,0
Угольная, содержащая до 10% свободной SiO ₂	4,0
Угольная, не содержащая свободной SiO ₂	10,0
Прочие виды пыли, не содержащей SiO ₂	10,0
Алюминия, окиси алюминия, сплавов алюминия	2,0
Бериллия и его соединений	0,001
Окиси железа с примесью фтористых или марганцевых соединений	4,0
Кобальта (окиси кобальта)	0,5
Молибдена, растворимых соединений в виде пыли	4,0
Молибдена, нерастворимых соединений	6,0
Урана, растворимых соединений	0,015
Урана, нерастворимых соединений	0,075
Хромового ангидрида, хроматов, бихроматов (в пересчете на CrO ₃)	0,1
Окиси цинка	5,0
Окиси марганца	0,3

Весовой метод определения запыленности

При весовом методе через предварительно взвешенный фильтр пропускается определенное количество воздуха. После взятия пробы фильтр взвешивается. Зная объем просасываемого воздуха через фильтр и навеску пыли на этом фильтре, определяют концентрацию пыли в 1 м³

$$N = \frac{n_1 - n_2}{qt} 1000, \text{ мг/м}^3, \quad (105)$$

где n_1 — вес запыленного фильтра, мг;
 n_2 — вес чистого фильтра, мг;
 q — объем просасываемого воздуха, л/мин;
 t — продолжительность отбора пробы, мин.

Фильтрами при запыленности воздуха более 100 мг/м³ могут быть ватные весом 0,5 г, помещенные в стеклянные аллонжи обычные или с притертыми пробками. Плотность ватного фильтра должна быть такой, чтобы при пропускании воздуха со скоростью 20 л/мин сопротивление его составляло 1000 н/м².

Весьма трудоемким процессом является доведение аллонжа до постоянного веса до и после взятия пробы. Наиболее рациональным является способ вакуумной сушки аллонжей с ватными фильтрами, а также применение негигроскопичных фильтров из стекловолокна и др.

При небольшой запыленности воздуха отбор проб пыли ватными фильтрами становится нерациональным, так как для получения представительной навески пыли (6 мг) требуется значительное время. В этом случае следует применять фильтры АФА, изготавливаемые из ткани ФПП, которые имеют следующие достоинства:

хорошие фильтрующие свойства (80 л/мин) и высокий коэффициент пылеулавливания (99,9%);

негигроскопичны и при любой влажности воздуха сохраняют постоянный вес;

небольшой собственный вес (40—60 мг), что позволяет даже при низкой запыленности получить представительную навеску в течение небольшого времени;

постоянное аэродинамическое сопротивление фильтров (1000—1100 н/м²), исключающее необходимость проверки перед отбором проб.

Фильтры АФА вставляют в металлические или пластмассовые патроны-фильтродержатели.

Для удобства пользования патроны и аллонжи помещают в магазины. Применение магазина исключает возможность попадания на фильтры пыли и грязи при транспортировке их и повышает производительность пробоотборщика.

В местах, где есть сжатый воздух, в качестве aspirатора можно использовать эжектор с регулятором постоянного давления. Там же, где нет сжатого воздуха, а есть электроэнергия, в качестве aspirатора применяют электрические aspirаторы (электро-воздуходувки) или обычные бытовые пылесосы.

В местах отбора проб, где нет сжатого воздуха и электроэнергии, следует применять рудничный эжекторный aspirатор АЭР-4. Действие прибора основано на просасывании запыленного воздуха через патрон с фильтром под действием эжектора. Эжектор работает от сжатого воздуха или кислорода, поступающего через редуктор из стального двухлитрового баллона [128].

Порядок отбора проб и определение запыленности состоит в следующем. Перед взятием проб проверяют исправность аппаратуры (асpirатора, резиновых трубок, литромеров и др.). Взвешивают фильтры на аналитических весах с точностью 0,1—0,05 мг. Наиболее распространенными являются весы АДВ-200 ленинградского завода «Госметр». Вес каждого фильтра и его порядковый номер записывают в лабораторный журнал. Номер фильтра АФА проставляют на пакетах и на бумажном кольце, в котором хранится фильтр. Если для отбора проб используются магазины с

металлическими патронами, то в лабораторный журнал записывают номер магазина и номер патрона.

На месте взятия пробы патрон укрепляют в металлическом штативе и соединяют резиновыми трубками последовательно с литромером и эжектором или другими аспирационными приборами. Включают аспирационный прибор и зажимами на резиновых трубках устанавливают расход воздуха по литромеру. В течение всего времени отбора пробы необходимо следить по ротаметру за расходом воздуха, который должен быть постоянным (20—60 л/мин).

Продолжительность взятия пробы зависит от степени запыленности воздуха, скорости отбора пробы и необходимой навески пыли на фильтре. Минимальная навеска пыли на фильтре АФА должна составлять 2 мг, а максимальная 25 мг. Если применяются аллонжи с ватными фильтрами, то минимальная навеска должна быть 6 мг. После отбора проб патроны с фильтрами вновь взвешивают на тех же весах. Запыленность воздуха определяется по формуле (105).

Отбор проб запыленного воздуха из вентиляционных и технологических воздухопроводов производят в основном методом внешней фильтрации через патрон или аллонж, расположенные вне воздуховода. Исследуемый воздух подводится к патрону пылеотборной трубкой, вставленной в воздухопровод отверстием против потока.

Для получения достоверных результатов скорость воздуха на входе в пылеотборную трубку должна быть равна скорости потока в воздуховоде. При этом скорость движения запыленного воздуха внутри трубки должна быть около 20 м/сек.

Количество просасываемого воздуха, необходимое для соблюдения изокинетичности, можно подсчитать по формуле

$$L = 0,78 \cdot 10^{-3} v d^2, \text{ дм}^3/\text{сек}, \quad (106)$$

где $0,78 \cdot 10^{-3}$ — постоянный коэффициент;
 v — скорость воздуха в воздуховоде, м/сек;
 d — диаметр входного отверстия пылеотборной трубки, мм.

Отбирать пробы запыленного воздуха необходимо преимущественно на вертикальных участках воздухопроводов, однако при отсутствии таковых допускается отбор и на горизонтальных участках. Для этого целесообразно использовать отверстия, предназначенные для аэродинамических замеров.

В качестве патрона для фильтров в АФА в этом случае можно рекомендовать патрон, конструкция которого предложена институтом НИИрудвентилиация [136]. Отличительной особенностью патрона является то, что оба конуса его соединяются двумя накладными болтами. Патрон герметизируется резиновой прокладкой, устанавливаемой в кольцевой клиновидной канавке. Для предотвращения деформации фильтра при просасывании воздуха предусмотрена металлическая сетка.

В случае повышенной влажности воздуха, когда на трубке вследствие конденсации влаги возможно осаждение пыли, отбор проб следует производить либо методом внутренней фильтрации, либо обогреваемыми пылеотборными трубками. Трубки обогреваются электрическим током напряжением 12 и 14 в. Для этого трубку покрывают изоляционным материалом и затем наматывают на нее медную проволоку сечением 1 мм^2 и длиной от 1 до 2,5 м при длине трубки от 0,5 до 2 м.

Отбор проб запыленного воздуха из воздуховода, находящегося под большим разряжением, представляет значительную трудность, так как обычные аспираторы не могут обеспечить разряжение выше имеющегося в воздуховоде. В этом случае применяют спаренные бытовые пылесосы или вакуум-насосы.

Определение дисперсности пыли

Для качественной характеристики пыли определяют ее дисперсность, а при необходимости — и количество пылинок в 1 см^3 .

Наибольшее распространение получили следующие методы определения дисперсного состава пыли: ситовый анализ, воздушная сепарация, жидкостная седиментация, микроскопический анализ.

Ситовый анализ основан на просеивании пыли через сита с отверстиями различных размеров. Он применяется для частиц с размерами более 44—53 мкм, а также для отделения крупных фракций при определении дисперсного состава пыли, отобранной из аспирационных воздухопроводов.

Метод воздушной сепарации основан на том, что частицы различного размера имеют различную скорость витания и, следовательно, уносятся воздушным потоком из вертикальной трубы при различных скоростях его. Недостатками данного метода являются большая требуемая навеска пыли (2—20 г) и продолжительность проведения анализа (для отсепарирования частиц меньше 5 мкм — до 20 ч [130]).

В последнее время широкое распространение в СССР и за рубежом получил седиментационный метод, основанный на кинетике осаждения частиц в жидкости. Используют для этого седиментационные весы Фигуровского [131], пипеточные приборы и т. п.

Результаты, получаемые при пипеточном методе, наиболее достоверно отражают дисперсный состав пыли [132]. Этот метод принят в качестве основного в единой методике сравнительных испытаний пылеуловителей [133], [134].

Пробы пыли для дисперсного анализа из воздухопроводов рекомендуется отбирать специальной пылезаборной трубкой (рис. 56) с наперстковым фильтром из хлоридной ткани, обладающей высокими пылезадерживающими свойствами ($\eta = 99,93\%$). Условие изокинетичности при отборе соблюдается подбором накопника соответствующего диаметра. Воздух просасывается

бытовым пылесосом или вакуумным насосом в количестве 50—70 л/мин. Полученная навеска пыли просеивается на ситах для отделения частиц крупнее 63 мкм.

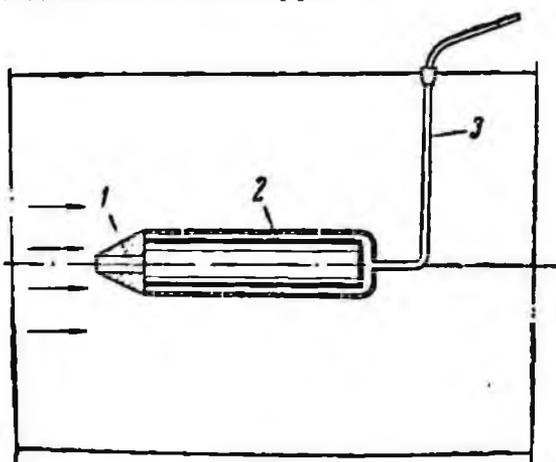


Рис. 56. Трубка для отбора проб пыли на дисперсный состав:

1 — сменный наконечник; 2 — фильтр из хлорной тканью; 3 — трубка от воздуходувки

шильный шкаф для выпаривания воды. Вверху прибор закрывается пробкой с отверстием для спуска воздуха.

Определяя изменение концентрации суспензии через определенные отрезки времени, получают распределение частиц по крупности в весовом выражении.

Состав седиментационной жидкости следует принимать по рекомендациям ЛИОТ [135].

Если необходимую навеску пыли (0,3—0,8 г) получить трудно, дисперсный состав определяется микроскопическим способом. Порядок отбора проб в данном случае такой же, как и при весовом методе. Для определения дисперсности пыли можно использовать те же фильтры, на которые отбирались пробы для весового метода определения запыленности, если навеска пыли на них не превышает 1—2 мг.

Фильтр извлекают из кассеты и разрезают пополам. Каждую половину укладывают на предметное стекло таким образом, чтобы пылинки находились между стеклом и фильтром. На предметном стекле отмечают тушью номер пробы и дату.

В вытяжном шкафу на электроплитку устанавливают стакан с водой, в который помещают стакан с ацетоном. Во время подогрева воды стакан с ацетоном должен быть закрыт.

Предметные стекла с фильтрами укладывают на металлическую подставку, которую помещают в стакан с ацетоном. Под действием паров ацетона фильтр осветляется, превращаясь в прозрачную пленку. При температуре воды 70—80°С фильтры осветляются в течение 2—5 сек. Полученные препараты просмат-

Для определения весового распределения частиц менее 63 мк пыль помещают в пипеточный прибор, наполненный седиментационной жидкостью (рис. 57). Минимальная навеска пыли для определения анализа пипеточным прибором составляет 300 мг. Применяемый в институте НИИруд-вентиляция прибор состоит из цилиндра, заканчивающегося сливной трубкой, укрепленной на штативе. Суспензия сливается через пробочный кранчик в мерную колбочку, и затем в бюкс, которая помещается в су-

ривают под микроскопом и окулярной линейкой или сеткой определяют размер пылинок. Разновидностью микроскопического метода является растворение фильтра с пылью в ксилоле с последующим подсчетом под микроскопом в капле суспензии частиц и пересчете их на весь объем фильтра [135], [136].

§ 3. ИСПЫТАНИЕ И НАЛАДКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

В результате испытаний составляют техническую характеристику как отдельных элементов, так и всей вентиляционной системы в целом, а также определяют эффективность действия вентиляционной системы, обеспечивающей нормальные условия в рабочих помещениях.

Непосредственным испытанием вентиляционных систем должно предшествовать визуальное обследование, результаты которого заносятся в дефектную ведомость. Испытания начинают после устранения выявленных неисправностей и недоделок.

Прежде чем приступить к испытаниям, необходимо определить место замеров и нанести их на план расположения оборудования, подготовить комплект контрольно-измерительных приборов и проинструктировать людей, участвующих в замерах.

Испытание и наладка систем естественной вентиляции (аэрации)

Испытания аэрации следует проводить при нормальном технологическом процессе и действующих установках принудительной вентиляции сезонно, учитывая направление и скорость ветра, наиболее характерные для данного времени года. При сильном порывистом ветре скоростью более 7—8 м/сек испытания проводить не следует. Во время испытаний регулярно определяют скорость и направление ветра, а также температуру и влажность наружного воздуха. Скорость ветра определяется анемометром АМП, устанавливаемым в конце фонаря с наветренной стороны здания на шесте длиной 3—3,5 м.

Направление ветра обычно определяется флюгером, температу-

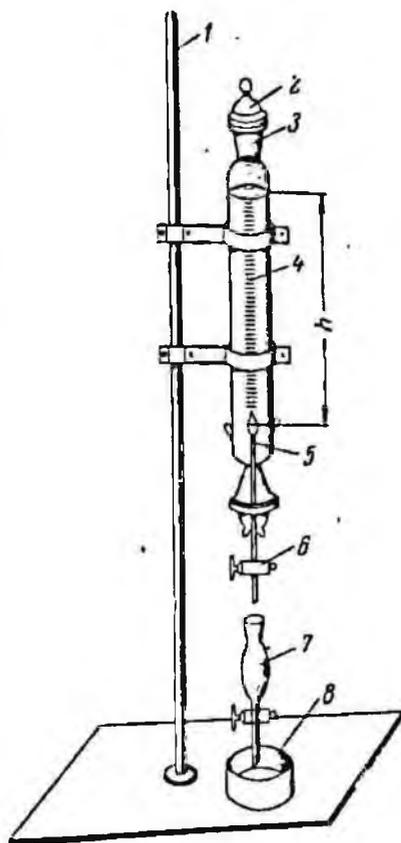


Рис. 57. Пипеточный седиментационный прибор:

1 — штатив; 2 — пробка; 3 — отверстие для спуска воздуха; 4 — цилиндр; 5 — сливная трубка; 6 — краник; 7 — мерная колба; 8 — бюкса

ра наружного воздуха измеряется ртутным или спиртовым термометрами, а для определения влажности используется аспирационный психрометр.

Для составления воздушного баланса замеряют количество воздуха, проходящего через все вытяжные и входные проемы. Скорость воздуха при этом измеряется крыльчатыми анемометрами, а количество его — умножением на площадь поперечного сечения проемов. Определив количество поступающего и удаляемого из помещения воздуха, находят кратность воздухообмена

$$k = \frac{L}{V} 3600, \quad (107)$$

где k — коэффициент кратности воздухообмена;
 L — количество воздуха, поступающего в помещение, $\text{м}^3/\text{сек}$;
 V — объем помещения, м^3 .

В зависимости от количества вредностей, выделяющихся при технологических процессах, необходимо выдерживать соответствующую кратность обмена воздуха.

Недостаточная эффективность аэрации может быть повышена: оборудованием аэрационных задуваемых фонарей ветрозащитными панелями;

увеличением угла открытия створок аэрационных приточных и вытяжных проемов;

устройством дополнительных приточных проемов в нижней зоне стен помещений и вытяжных — в верхней зоне;

увеличением высоты над уровнем кровли задуваемых вытяжных шахт или дефлекторов.

После осуществления дополнительных мероприятий по повышению эффективности аэрации проводят повторные замеры. Если практически невозможно или экономически нецелесообразно получать желаемый эффект средствами аэрации, то прибегают к помощи общеобменной механической вентиляции.

Испытание и наладка систем механической вентиляции

Испытание и наладка системы механической вентиляции включает проверку работы вентилятора в сети и его наладку и распределение воздуха по отдельным ветвям и отверстиям.

При проведении испытаний вентилятора в сети необходимо определить его производительность, развиваемое давление, число оборотов, мощность на валу, а также мощность электродвигателя. Эти данные позволяют определить режим работы вентилятора. Сравнивая их с проектными, можно наметить пути перевода вентилятора в оптимальный режим. Для этой цели можно использовать следующие зависимости:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad (108)$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2; \quad (109)$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3, \quad (110)$$

где L_1, L_2 — количество воздуха, $\text{м}^3/\text{сек}$;
 n_1, n_2 — число оборотов, $\text{рад}/\text{сек}$;
 h_1, h_2 — полное давление, $\text{н}/\text{м}^2$;
 N_1, N_2 — мощность на валу, вт .

Замеры давлений и скорости движения воздуха осуществляют на входе и выходе из вентилятора. Производительность вентилятора определяют по полусуммам объемов на всасывании и нагнетании, а полное давление — по сумме абсолютных значений в этих же местах. Скорость вращения вентилятора замеряется тахометром или счетчиком оборотов.

При сопоставлении фактического режима работы вентилятора с паспортными данными необходимо величину замеренного полного давления привести к стандартным условиям по формуле

$$h_{\text{ф}} = h_{\text{зам}} \frac{101 (273 + t)}{P \cdot 293}, \quad \text{н}/\text{м}^2, \quad (111)$$

где $h_{\text{ф}}$ — полное давление, приведенное к стандартным условиям, $\text{н}/\text{м}^2$;

$h_{\text{зам}}$ — замеренное давление, $\text{н}/\text{м}^2$;

t — температура воздуха во время замера, $^{\circ}\text{C}$;

P — атмосферное давление во время замера, $\text{кн}/\text{м}^2$.

Отклонение фактического давления от расчетного допускается $\pm 6\%$, а отклонение фактической производительности — $\pm 10\%$.

Увеличить производительность вентилятора можно повышением числа оборотов, а уменьшить — снижением числа оборотов или созданием дополнительного сопротивления. Если производительность вентилятора нельзя увеличить повышением числа оборотов, необходимо произвести его замену, которая также необходима в случае, когда его КПД на 85% меньше максимального по каталогу.

Если режим работы вентилятора окажется справа от экономической области на паспортной диаграмме, его необходимо заменить вентилятором большего расхода, но с меньшим числом оборотов, а если слева — меньшего размера с большим числом оборотов.

Увеличить общее количество воздуха можно установкой дополнительного вентилятора, работающего параллельно на данную сеть. Для увеличения давления в сети вентиляторы устанавливаются последовательно.

Количество воздуха по элементам сети можно регулировать шиберами, дроссель-клапанами и диафрагмами.

Воздухоподающие или воздухоприемные отверстия начинают регулировать с двух наиболее удаленных от вентилятора отверстий какой-либо ветви, уравнивая количество фактического воздуха с проектным. Затем, приняв оба отрегулированных отверстия за единое, проводят регулировку последующего третьего отверстия. В таком порядке регулируется вся данная ветвь.

Точно так же регулируются ветви, начиная с самой удаленной. Расхождение между фактическим и проектным количеством воздуха не должно превышать в местных вентиляционных установках 5%, в общеобменных — 10%. Для получения полной характеристики вентиляторов, работающих самостоятельно, параллельно и последовательно в вентиляционной сети, необходимо построить их совместную характеристику.

Испытание и наладка местных отсосов

Испытание и наладку местных отсосов рекомендуется производить при максимальной производительности технологического оборудования в наиболее неблагоприятных условиях для испытываемых вентиляционных устройств (максимально возможные температуры материала при минимальной влажности его).

Испытание местного отсоса для определения оптимального расхода аспирационного воздуха, предотвращающего выделение вредностей, должно производиться при наименьшей площади открытых проемов и площади неплотностей F_n .

Оптимальный режим работы местного отсоса устанавливается задымлением его снаружи во время устойчивого подсоса струй дыма внутрь укрытия в месте минимального разрежения. В этот момент замеряют оптимальное количество отсасываемого воздуха $L_{опт}$ и разрежение в точках, расположенных вдоль стенок укрытия на расстоянии 150—200 мм друг от друга, а также концентрацию пыли в аспирационных воздуховодах и отбирают пробы пыли на дисперсный состав.

На перегрузочных узлах разрежение замеряют в укрытиях как верхнего, так и нижнего конвейера. Как правило, разрежение замеряют микроманометром ММН с дополнительно протарированным малым фактором ($K=0,03—0,05$) для малых величин разрежения.

Производительность оборудования G_m определяется взвешиванием материала, взятого при остановке конвейерной ленты. Этот же материал используется при производстве рассева для определения гранулометрического состава, а также для определения влажности и плотности материала.

Одновременно замеряют высоту перепада, размеры течки, укрытий и т. д. Фактические неплотности укрытий верхних конвейеров $F_{н1}$ и неплотности укрытий нижних конвейеров $F_{н2}$ определяют замером всех существующих отверстий после предварительного

приведения укрытий и желобов в соответствие с требованиями проекта (навешивание резиновых фартуков, уплотнение низа укрытий).

При перегрузке горячих материалов замеряют температуру материала, а также температуру воздуха в желобе и в помещении.

Правильность замеров оптимальных объемов местных отсосов проверяется по балансу воздуха, поступающего в укрытие, определяемому по фактическим площадям неплотностей и фактическому разрежению.

§ 4. ИСПЫТАНИЕ И НАЛАДКА ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ

Перед испытанием пылеулавливающего устройства необходимо проверить соответствие проекту основных параметров и обеспечить его работу в оптимальных режимах. Во время испытаний все пылящее технологическое оборудование должно работать с нормальной нагрузкой.

При испытании пылеуловителя замеряются;

- статическое, скоростное и полное давление воздуха, поступающего в устройство и выходящего из него;
- скорость и количество воздуха, проходящего через устройство;
- аэродинамическое сопротивление устройства;
- запыленность воздуха до и после улавливания пыли;
- эффективность очистки воздуха от пыли.

Давление воздуха определяют так, как это указано в § 1 настоящей главы. По величине скоростного давления определяют скорость движения воздуха, а умножением ее на площадь получают общее количество воздуха, проходящего через установку. Количество воздуха замеряют до и после установки. Если разница между ними не превышает 5%, то за истинное принимают среднее арифметическое из двух замеров. Значительная разница между замерами до и после установки указывает на большие потери или подсосы воздуха, которые нужно немедленно устранить до значений, предусмотренных технической характеристикой устройства.

Аэродинамическое сопротивление пылеуловителя определяется по разности полных давлений, замеренных до и после установки, а при равенстве площадей в местах замеров до и после устройства сопротивление можно получить по разности статических давлений в соответствующих точках. Если пылеуловитель состоит из нескольких ступеней, общее сопротивление его определяется суммой сопротивлений каждой ступени.

Запыленность воздуха определяется внутренней или внешней фильтрацией. Эффективность пылеулавливающей установки определяется по формуле

$$\eta = \left(1 - \frac{N_k}{N_n}\right) 100, \% \quad (112)$$

где N_n , N_k — начальная и конечная концентрация пыли (до и после пылеуловителя), $мг/м^3$.

Особенности испытания и наладки отдельных видов пылеуловителей

При испытании циклонов, скрубберов и инерционных пылеотделителей их аэродинамическое сопротивление характеризуется коэффициентом местного сопротивления, отнесенным к скорости воздуха во входном патрубке. Основным параметром, определяющим эффективность вышеуказанных пылеуловителей, является скорость входа воздуха в устройство. Поэтому она должна строго соответствовать проектной. Проектным должны также соответствовать и конструктивные элементы устройств. В скрубберах и пленочных циклонах сопла или направляющие трубочки должны быть расположены тангенциально к поверхности корпуса, а направление водяных струй должно совпадать с движением воздуха. Расход воды и давление должны быть оптимальными, разными для различного вида пыли. Если такие данные для испытываемого пылеуловителя отсутствуют, необходимо после настройки по оптимальной производительности провести сравнительные испытания для определения оптимального расхода воды в пылеуловителе, подавая различное количество воды на орошение или на образование водяной пленки и определяя при этом изменение эффективности пылеулавливания.

При испытании мокрых пылеуловителей необходимо следить и предотвращать брызгоунос установкой на выходе из пылеуловителя (или непосредственно в нем) каплеотбойника, забивание отверстий форсунок взвесьями, присутствующими в воде, предварительной ее очисткой или, если представляется возможным, использованием форсунок с резиновыми диафрагмами, залипание гидрозатворов увеличением скорости движения воды в канализационной сети или увеличением уклонов желобов.

При испытании пылеуловителей, обеспыливающих паро-пылевые смеси, когда происходит интенсивная конденсация влаги, отбор проб для определения запыленности целесообразно осуществлять методом внутренней фильтрации. На участке от аллонжа до реометра образуется конденсат, который следует собирать перед реометром в банку Тищенко, представляющую собой сосуд с термометром и двумя трубками. По одной трубке газ поступает в банку, где выделяется влага, а по другой — газ направляется к реометру. Часть водяных паров конденсируется, их объем не учитывается реометром. Поэтому для подсчета запыленности, объем газа V_0 , прошедший через реометр, необходимо привести к нормальным условиям по формуле

$$V_0 = 283d^2v \frac{P \pm P_1}{273 + t}, \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (113)$$

где d — диаметр входного отверстия, м;
 v — скорость газа в газоходе в месте отбора, м/сек;

p — барометрическое давление, н/м^2 ;

p_1 — разрежение в месте отбора газа, н/м^2 ;

t — температура газа в месте отбора, $^{\circ}\text{С}$.

Объем сконденсировавшихся паров вычисляют по формуле

$$V_{\text{п}} = \frac{V_1 N_0}{M}, \text{ дм}^3, \quad (114)$$

где V_1 — объем сконденсировавшейся жидкости до реометра, дм^3 ;

N_0 — число Авогадро;

M — молекулярный вес жидкости.

Тогда общий объем влажного газа, отобранный из газохода, будет равен

$$V'_r = V_0 + V_{\text{п}}, \text{ дм}^3. \quad (115)$$

Коэффициент изменения объема

$$k = \frac{V_0}{V_0 + V_{\text{п}}}. \quad (116)$$

Испытание матерчатого фильтра обычно начинают с определения объема воздуха, просасываемого через фильтр. Перед испытанием необходимо выяснить, каким фильтровальным материалом оснащен фильтр, чему равна допустимая воздушная нагрузка на ткань. По величине допустимой воздушной нагрузки на фильтровальную ткань определяют оптимальный режим фильтрации (производительность фильтра). Перед испытанием матерчатых фильтров проверяют исправность механизма встряхивания и обратной продувки. Перед замером производительности необходимо очистить фильтр до тех пор, пока сопротивление не перестанет снижаться.

Производительность и аэродинамическое сопротивление фильтра измеряют перед, после и в промежутке между регенерацией, затем определяют их среднее значение. Аналогично определяют и среднюю эффективность фильтра. Кроме того, определяют и пылеемкость фильтра (материала), которая необходима для того, чтобы знать, как растет сопротивление по мере накопления пыли, а также для определения частоты регенерации. Интервал между очередной регенерацией определяют по данным, представленным на рис. 58. Полученные данные проверяют в процессе работы, и если сопротивление фильтра находится в интервале, близком к расчетному, и не растет во времени, то режим регенерации выбран правильно. В противном случае необходима его корректировка опытным путем.

Для эффективной работы матерчатого фильтра необходимо равномерно распределить воздушную нагрузку по фильтрующим элементам. Для этого патрубками равномерного всасывания выравнивают статическое давление по длине фильтра. Для опреде-

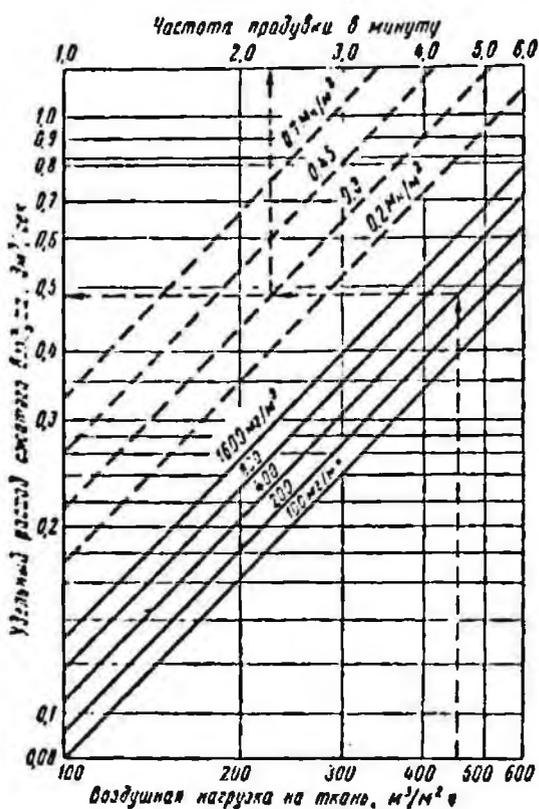


Рис. 58. График для определения интервала регенерации ткани

противном случае необходимо так изменить форму и размеры соединительных патрубков фильтра, чтобы выровнять воздушную нагрузку.

При испытании и наладке фильтра с пульсирующей продувкой большое значение имеет измерение действительных величин пульсаций давления воздуха в режиме регенерации ткани. Максимальные значения давления воздуха при пульсирующей продувке рукава по его длине определяют безынерционным микроманометром, который отличается от обычного наличием обратного клапана. При исследовании к подготовленному для измерения микроманометру резиновыми трубками последовательно присоединяются точки замера, оборудованные на рукаве фильтра и находящиеся на равных расстояниях друг от друга. В точке замера на рукаве закрепляется приемник статического давления, который сообщается с внутренней полостью рукава. При кратковременном открытии клапана пульсирующей продувки происходит импульсное повышение давления продувочного воздуха в рукаве, под действием которого из бачка микроманометра жидкость перетекает в клапанную коробку, поднимает резиновый клапан и, перемещаясь по

ления аэродинамического сопротивления материала устанавливают приемники статического давления на стенках корпусов запыленного и очищенного воздуха.

На равномерность распределения воздушной нагрузки в рукаве значительное влияние оказывает форма соединительных патрубков фильтра. Статическое давление воздуха в рукавах рекомендуется измерять аэрошупом с микроманометром. При этом шупы вставляют внутрь рукава фильтра и через определенное расстояние от начала рукава (обычно через 200—300 мм) производят измерения. Если разность между статическими давлениями в двух самых крайних точках рукава не превышает 50—70 н/м², то можно считать, что воздушная нагрузка на поверхность рукавов распределена равномерно, в

градуированной трубке, устанавливается на определенной высоте. При понижении давления воздуха жидкость начинает перетекать обратно в бачок, но клапан опускается раньше и перекрывает выходное отверстие. Поэтому микроманометр замеряет только максимальные значения давления воздуха. Для непрерывной регистрации пульсаций давления воздуха можно пользоваться пневматическим осциллографом (рис. 59), при работе которого на тонко-

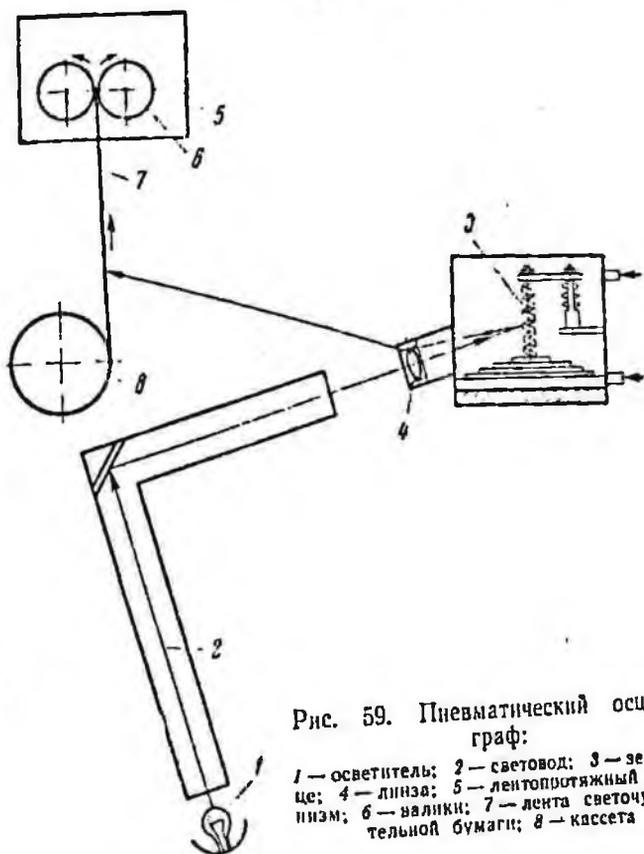


Рис. 59. Пневматический осциллограф:

1 — осветитель; 2 — световод; 3 — зеркальце; 4 — линза; 5 — лептопротяжный механизм; 6 — валики; 7 — лента светочувствительной бумаги; 8 — кассета

стенную мембрану подается давление. Под действием давления мембрана прогибается; Прогиб мембраны спиральной пружиной передается на зеркальце, закрепленное посередине пружины, на которое через систему линз направляется луч от источника света. При повороте пружины зеркальце перемещается, и луч, движущийся по светочувствительной ленте, записывает изменение давления воздуха. Полученная таким образом осциллограмма легко расшифровывается.

Данные испытаний заносятся в специальные таблицы, которые позволяют наглядно судить об эффективности работы обследованного пылеуловителя.

ОСНОВНЫЕ ОЧАГИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЙ ФАБРИК И ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ОБЕСПЫЛИВАНИЮ

Технологическое оборудование или источник пылеобразования	Укрытие	Ориентировочный объем воздуха, отсасываемого из укрытия, м ³ /сек	Ориентировочная концентрация пыли в аспирационном воздухе, мг/м ³	Тип пылеуловителя для очистки аспирационного воздуха
Дробильный корпус				
Приемная воронка дробилки крупного дробления	Без укрытия, с боксовым отсосом	156,0		Рукавные фильтры, электрофильтры
	Емкое	72,0	500—5000	
Дробилка среднего и мелкого дробления	Кабинного типа	По расчету	2000	Рукавные фильтры, мокрые пылеуловители с уголковыми решетками или трубами-коагуляторами
	Укрытие узлов загрузки и разгрузки	То же	4000	
Питатели сборочных конвейеров	Кабинного типа	»	1500	Мокрые пылеуловители
	Укрытие узла загрузки	»	2000	
Перегрузочные узлы	То же	»	До 5000	
Надбункерные галереи	Укрытие загрузочных щелей	»	До 1000	Мокрые пылеуловители
Корпус обогащения				
Проем подачи руды	Укрытие узла загрузки	По расчету	1000	Мокрые пылеуловители
Корпус вагоноопрокидывателя				
Ротор вагоноопрокидывателя	Емкое укрытие над бункером с обливкой ротора	41,6	4000—5000	Рукавные фильтры, электрофильтры
Питатели	Лабиринтное уплотнение у разгрузочного проема бункера; емкое укрытие питателя	2,5	1500 для неувлажненных материалов; 800 для известняка и топлива влажностью 4—6%; 1000 для руды и возврата влажностью 4—5%	Мокрые пылеуловители с уголковыми решетками или трубами-коагуляторами
Конвейеры ленточные	Укрытие узла загрузки конвейера	По расчету	1400 для известняка и топлива влажностью 4—6%; 1500 для руды и возврата влажностью 4—5%	То же
Приемные бункера топлива, окалины и колосниковой пыли				
Питатель тарельчатый	Укрытие питателя и узла загрузки конвейера	1,1	1000 для известняка и кокса влажностью 4—6%; 1500 для руды и возврата влажностью 4—5%	Мокрые пылеуловители
Склады руды, топлива и известняка				
Питатель стационарный	Укрытие питателя и места пересыпки на конвейер	По расчету	Для неувлажненных известняка и топлива 1500—2000, при влажности 4—6% 800—1000	Мокрые пылеуловители с уголковыми решетками или трубами-коагуляторами

Технологическое оборудование или источник пылеобразования	Укрытие	Ориентировочный объем воздуха, отсасываемого из укрытия, м ³ /сек	Ориентировочная концентрация пыли в аспирационном воздухе, мг/м ³	Тип пылеуловителя для очистки аспирационного воздуха
Питатель ленточный	Укрытие передвижного питателя	0,9	Для известняка и топлива влажностью 4—6% 800	Мокрые пылеуловители
Корпус дробления, измельчения, грохочения и сортировки известняка и топлива				
Загрузка бункера саморазгружающейся тележкой	Укрытие загрузочного проема бункера	0,22 на 1 пог. м загрузочного проема бункера	800 для известняка, 400 для топлива	То же
Дробилка молотковая: реверсивная	Воронка от укрытия на загрузке	По расчету	5000	Рукавные фильтры, мокрые пылеуловители с уголковыми решетками или трубами-коагуляторами
перереверсивная	Укрытие выгрузки из дробилки на конвейер	То же	5000	
Дезинтегратор	То же	»	3000	
Дробилка четырехвалковая	Укрытие барабанного питателя дробилки	0,4	500	Мокрые пылеуловители
	Укрытие места выгрузки из дробилки на конвейер	По расчету	2000	Мокрые пылеуловители с уголковыми решетками или трубами-распылителями
Конвейер ленточный (сборный)	Укрытие узла загрузки конвейера	То же	2000	Мокрые пылеуловители с уголковыми решетками или
				трубами коагуляторами
Загрузка бункера дробленых материалов саморазгружающейся тележкой	Укрытие загрузочной щели бункера	0,22 на 1 пог. м загрузочного проема	1000 для известняка; 600 для топлива	Мокрые пылеуловители
Питатель маятниковый	Укрытие питателя и узла загрузки конвейера	0,55	2000	Мокрые пылеуловители с уголковыми решетками или трубами-коагуляторами
Грохоты инерционные и вибрационные	Укрытие грохота кабинного типа	По расчету	4000	
Конвейер ленточный	Укрытие мест перегрузки на конвейер	То же	1500—2000	
Корпус распределения материалов				
Конвейер реверсивный	Укрытие места загрузки конвейера	По расчету	600 для руды; 400 для концентрата; 1000 для известняка; 800 для топлива	Мокрые пылеуловители
Разгрузка бункера реверсивным конвейером	Укрытие загрузочного проема бункера	0,22 на 1 пог. м загрузочного проема	500 для руды; 300 для концентрата; 800 для известняка; 600 для топлива	
Пересыпка из бункера в питатель	Укрытие питателя и места перегрузки на конвейер	1,1	800 для руды; 400 для концентрата; 1000 для известняка; 800 для топлива	
Конвейер ленточный	Перегрузочные узлы руды, концентрата, известняка, топлива Укрытие узла загрузки конвейера	По расчету	1000 для руды; 400 для концентрата; 1000—2000 для известняка; 1000—1500 для топлива	

Технологическое оборудование или источник пылеобразования	Укрытие	Ориентировочный объем воздуха, отсасываемого из укрытия, м ³ /сек	Ориентировочная концентрация пыли в аспирационном воздухе, г/м ³	Тип пылеуловителя для очистки аспирационного воздуха
---	---------	--	---	--

Корпус шихтовых бункеров

Конвейеры ленточный и реверсивный	Укрытие узла загрузки конвейера	По расчету	800 для руды; 400 для концентрата; 1000—2000 для известняка; 1000—1500 для топлива	Мокрое пылеуловители
Бункеры, загружаемые реверсивным конвейером и саморазгружающейся тележкой	Укрытие загрузочного проема бункера	0,22 на 1 пог. м загрузочного проема бункера	500 для руды; 200 для концентрата; 1000 для известняка; 800 для топлива	
Тарельчатый питатель	Укрытие питателя и узла загрузки конвейера	0,55	1000 для руды; 400 для концентрата; 1000—1500 для известняка; 500—1000 для топлива	

Корпус первичного смешивания

Конвейер ленточный для парящей шихты с температурой до 45°	Укрытие узла разгрузки конвейера	По расчету	800	То же
	Укрытие узла загрузки конвейера		600	
Конвейер ленточный для охлажденного водой возврата или для парящей шихты с температурой 45—80°	Укрытие конвейера	0,11 на 1 пог. м конвейера		Мокрое пылеуловители с уголконой решеткой
	Укрытие узла разгрузки конвейеров	По расчету	4000	
	Укрытие узла загрузки конвейеров		4000	

Барaban первичного смешивания

Емкое

По расчету

600 для шихты с температурой до 45°, 4000 для шихты с температурой до 80°

кой или трубами-коагуляторами

Корпус спекания и обжига

а) надбункерные помещения, помещения питателей и барабанов вторичного смешивания

Конвейеры ленточные для парящей шихты с температурой до 45°	Укрытие узла разгрузки конвейера	По расчету	600	Мокрое пылеуловители
Конвейер ленточный для постели	Укрытие узла загрузки конвейера	То же	1500	
Реверсивные конвейеры для парящей шихты с температурой до 45°		*	600	
Передвижная разгрузочная тележка для: парящей шихты с температурой до 45° постели	Шторное укрытие над тележкой по длине загрузочного проема бункера	4,2 на 1 пог. м агломерационной машины или обжиговой машины площадью спекания до 100 м ² ;	600	
		7,0 на 1 агломерационную машину площадью спекания 200 и 312 м ²	200	
Бункеры, загружаемые реверсивным конвейером или ленточным конвейером с передвижной разгрузочной тележкой для: парящей шихты с температурой 45° постели	Укрытие загрузочного проема бункера	0,28 на 1 пог. м загрузочного проема	300	Мокрое пылеуловители
			800	

Технологическое оборудование или источник пылеобразования	Укрытие	Ориентировочный объем воздуха, отсасываемого из укрытия, м ³ /сек	Ориентировочная концентрация пыли в aspirационном воздухе, мг/м ³	Тип пылеуловителя для очистки aspirационного воздуха
Тарельчатые питатели для: парящей шихты до 45°	Укрытие питателя и узла загрузки шихты и постели на конвейер		600	Мокрые пылеуловители
постели			1500	
Барaban вторичного смешивания: 2,8 × 8,0	Укрытие разгрузочной головки барабана	2,2	300	
3,2 × 12,5			300	
б) отделение спекания и обжига				
Челноковый распределитель шихты	Укрытие со смотровым проемом	По расчету	800	Мокрые пылеуловители
Загрузка постели на агломерационную машину	Емкое	То же	1500	
Головная часть машины: АКМ-1-50	Сплошное укрытие агломерационной машины	То же, но не менее 4,2	—	
АКМ-1-75		5,6	—	
АКМ-1-100		5,6	—	
АКМ-1-160		5,6	—	

АКМ-1-200			11,0	—	Мокрые пылеуловители	
АКМ-2-312			11,0	—		
ОК-5-108			7,0	—		
Зажигательный горн АКМ-1-50	Зонт над горном	То же, но не менее 8,3	—	Мокрые пылеуловители		
АКМ-1-75			8,3			—
АКМ-1-100			9,7			—
АКМ-1-160			1,1			—
АКМ-1-200			1,4		—	
АКМ-2-312			1,4		—	
ОК-6-108			9,7		—	
в) помещение барабанов охлаждения возврата						
Тарельчатый питатель возврата	Укрытие питателя	По расчету, но не менее 7,0	10 000	Мокрые пылеуловители с угловыми решетками		
Барабанный охладитель возврата	Укрытие разгрузочной части барабана		15 000			
Ленточный конвейер охлажденного возврата	Укрытие узла загрузки конвейера		10 000			
	Укрытие узла разгрузки конвейера		8 000			

Технологическое оборудование или источник пылеобразования	Укрытие	Ориентирующий объем воздуха, отсасываемого из укрытия, м ³ /сек	Ориентирующая концентрация пыли в аспирационном воздухе, мг/м ³	Тип пылеуловителя для очистки аспирационного воздуха	
	Укрытие конвейера	0,11 на 1 пог. м конвейера	800	Мокрые пылеуловители Рукавные фильтры с термостойкой тканью, мокрые пылеуловители с уголковыми решетками или трубами-коагуляторами, электрофильтры	
г) разгрузочная часть машины					
Разгрузочная часть машины и дробилка:					
АКМ-1-50	Общее емкое	11,0	20 000		
АКМ-1-75, АКМ-1-100					
АКМ-1-160		14,0			
АКМ-1-200, АКМ-2-312		22,0			
ОК-108					
Грохот самобалансный: 2 × 5	Емкое укрытие грохота	11,0	20 000		
3 × 6		22,0	20 000		
Грохот колосниковый: 2 × 5	Кабинного типа	11,0	20 000		
3 × 6		19,5	15 000		

Отделение охлаждения и сортировки агломерата

Чашевый охладитель	Укрытие узла разгрузки	По расчету	5000	Рукавные фильтры с термостойкой тканью, электрофильтры; мокрые пылеуловители с уголковыми решетками или трубами-коагуляторами
Прямолинейный охладитель:	Укрытие узла загрузки	Аспирируется за счет технологического отсоса, но не менее		
АКМ-1-50	Укрытие узла разгрузки охладителя	4,2	15 000—20 000	
АКМ-1-75		То же, но не менее 5,5		
АКМ-1-100		7,0		
АКМ-1-160		8,3		
АКМ-1-200		9,7		
АКМ-2-312		11,0		
Грохоты самобалансные для охлажденного агломерата	Кабинного типа	1,1 на 1 м ² площади грохота	15 000	
Ленточные конвейеры	Укрытие узла загрузки		6000	
Загрузка агломерата и окатышей в вагоны	Отделение погрузки агломерата в вагоны		10 000	
	Зонт над вагоном	19,5 на 1 вагон		
Ленточные конвейеры	Коридор по фронту погрузки вагонов		10 000	
	Корпус сортировки сухого возврата и выделение постели		2000—4000	
Укрытие узла разгрузки и загрузки				
Грохоты вибрационный и инерционный	Кабинного типа	1,1 на 1 м ² площади грохота	20 000	

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ АСПИРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

1. Для эффективного обеспыливания технологического оборудования следует предусматривать аспирацию по следующей схеме:

а) при перегрузке холодных кусковых и мелкозернистых материалов с конвейера на конвейер, с питателя в бункер или на конвейер, из вагоноопрокидывателя в бункер отсос воздуха производится только из укрытия места падения материала;

б) при работе молотковой реверсивной дробилки воздух отсасывается только из укрытия места загрузки материала, а при работе нереверсивной молотковой дробилки, десинтегратора, валковой дробилки и конусной дробилки без распределительной тарелки — только из укрытия места разгрузки дробленого материала; при работе конусной дробилки с распределительной тарелкой, щетковой дробилки и барабанной мельницы отсос воздуха производится из укрытия места загрузки и разгрузки материала;

в) при перегрузке горячих и порошкообразных материалов предусматривается отсос воздуха из укрытий мест загрузки и выгрузки материала (количество воздуха, отсасываемого из верхнего укрытия для перегрузок порошкообразных материалов, принимается из расчета $0,11 \text{ м}^3/\text{сек}$ на 1 м ширины ленты верхнего конвейера).

2. Аспирационные установки следует проектировать централизованные с коллекторами (вертикальными или горизонтальными) или децентрализованные, отдельно для каждой технологической цепочки одновременно работающего оборудования.

Тип установки следует выбирать исходя из компоновочных, конструктивных и технологических решений, принимая наименьшее число установок за счет их укрупнения.

3. Аспирационные воздуховоды до пылеулавливающих устройств следует прокладывать вертикально или наклонно под углом не меньше 60° к горизонтали.

4. Производительность и давление вентиляторов аспирационных установок следует увеличивать на подсос воздуха через неплотности в сети в размере:

а) на производительность — 1% на каждые 10 мм вод. ст. потерь давления в сети;

б) на давление — то же 2% .

Подсос воздуха в коллекторах, не имеющих специальных разгрузочных желобов, принимать в размере 5% от объема воздуха, поступающего в коллекторы.

5. Производительность вентиляторов и пылеуловителей аспирационных установок следует рассчитывать:

а) при горизонтальных или вертикальных коллекторах с учетом одновременности работы присоединенных местных отсосов и подсоса через неплотности запорных устройств стклученных отсосов;

б) при децентрализованных установках с вертикально-наклонной трассировкой воздуховодов — на одновременную работу всех присоединенных к данной установке местных отсосов.

6. Регулирующие приспособления у местных отсосов аспирационных установок, как правило, не предусматриваются. У отсосов от оборудования, снабженного герметическими кожухами (шаровые мельницы сухого помола, шнеки и т. д.), допускается предусматривать регулировочные патрубки-манжеты.

7. Скорости воздуха в местах присоединения аспирационных воронок к укрытиям следует принимать:

для молотых мелкозернистых и порошкообразных материалов до $1,0 \text{ м/сек}$, для кусковых — до 2 м/сек , для бункеров и емких укрытий, где всасывающий факел в месте присоединения аспирационных воронок не может существенно увеличить унос материала — исходя из гидравлического расчета аспирационной установки.

8. Скорости движения воздуха в воздуховодах аспирационных установок следует принимать:

- а) на вертикальных участках и участках с углом к горизонтали более 60° не менее 8 м/сек ;
- б) на участках с углом менее 60° к горизонтали — не менее 18 м/сек ;
- в) в воздуховодах после пылеулавливающих устройств не менее 10 м/сек ;
- г) в коллекторах до $6-8 \text{ м/сек}$.

Применение больших скоростей следует обосновывать гидравлическим расчетом.

9. Воздуховоды к аспирационным воронкам рекомендуется присоединять вертикально или под углом не менее 60° к горизонтали.

10. В аспирационных установках следует применять центробежные пылевые вентиляторы. Для установок большой производительности допускается применять дымососы.

Вентиляторы следует размещать после пылеуловителей. Электродвигатели аспирационных установок должны быть в закрытом исполнении.

Если корпус обслуживается одной централизованной аспирационной установкой, рекомендуется предусматривать запасной ротор в сборе с подшипниками и шкивом.

11. Пыль, уловленную пылеуловителями и фильтрами, а также пыль из горизонтальных и вертикальных коллекторов следует возвращать в технологический процесс гидро- или пневмотранспортом.

12. При выбросе аспирационного воздуха в атмосферу следует применять шахты без зонтов (факельный выхлоп). Внутренние поверхности шахт, вентиляторов и воздуховодов, расположенных за мокрыми пылеуловителями, следует предохранять от коррозии и предусматривать отвод воды (конденсата) из нижней части кожухов вентиляторов через дренажные устройства.

13. Воздуховоды аспирационных установок должны быть сварными, круглого сечения, из листовой стали толщиной 2 мм , а при перемещении высокоабразивной пыли (кварцита, нефелины) с содержанием ее свыше 1000 мг/м^3 — 3 мм .

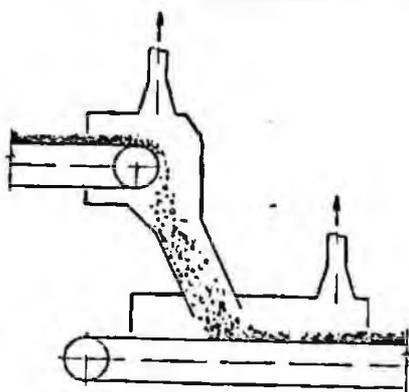
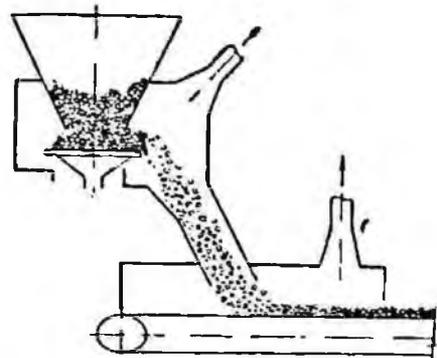
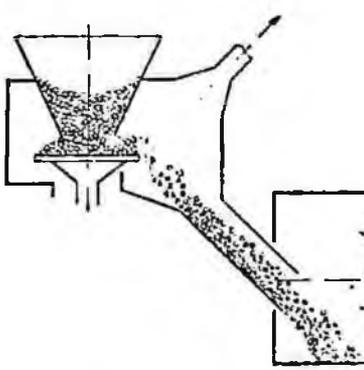
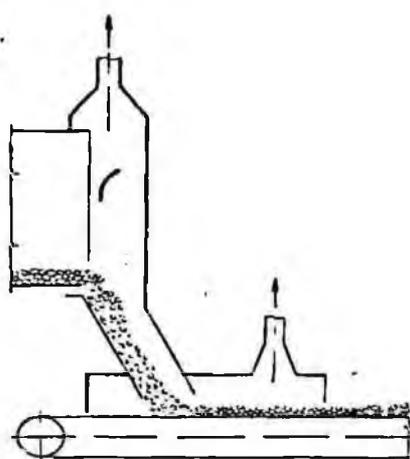
Фасонные части воздуховодов следует изготавливать из листовой стали толщиной на 1 мм больше, чем для прямолнейных участков.

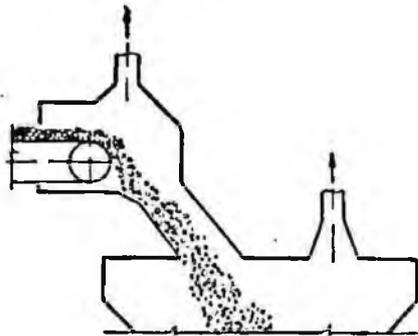
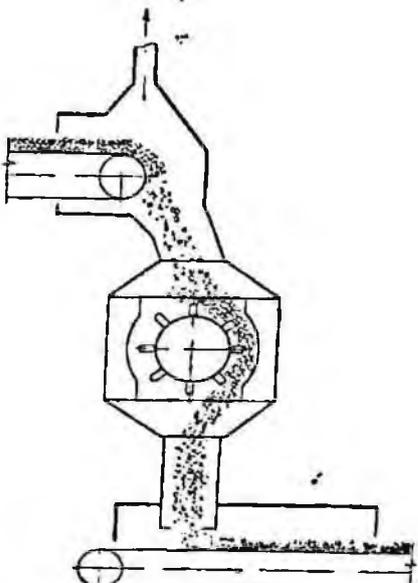
14. Для локализации одновременно выделяющихся пара и пыли рекомендуется предусматривать устройство аспирационных установок с конденсационными пылеуловителями (уголковая решетка, наклонный скоростной циклон СНОТ, и др.), размещаемыми непосредственно на каждом аспирационном укрытии.

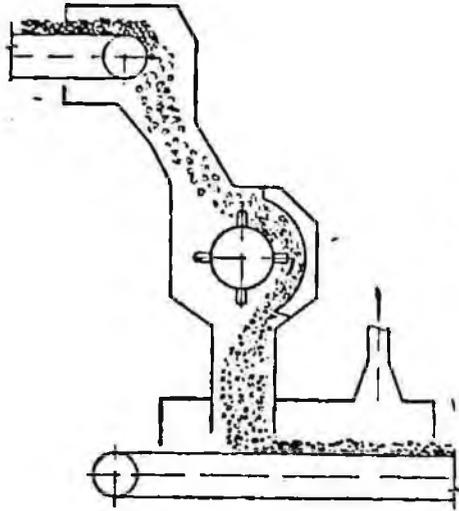
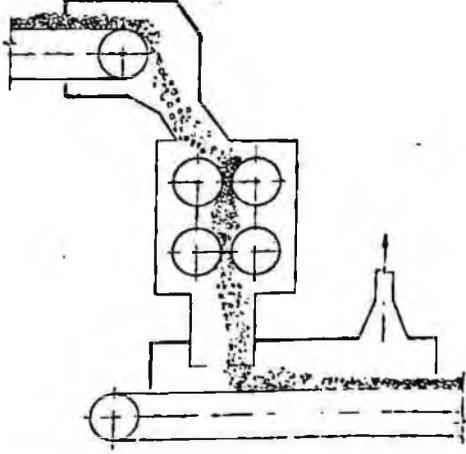
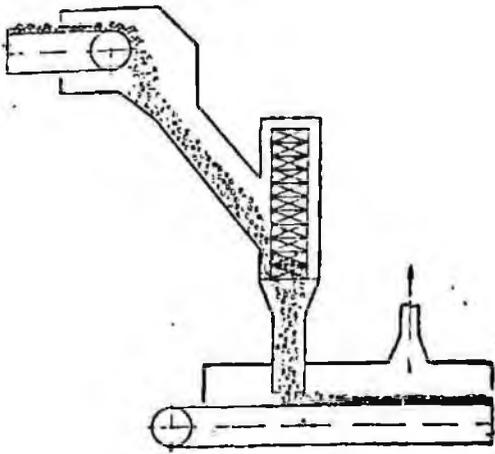
15. Воздуховоды для перемещения пыли и пара должны прокладываться с уклоном не менее 10° в сторону пылеуловителя или вентилятора для того, чтобы обеспечить сток конденсата и смывных вод при периодической промывке, производимой из шланга через герметичные, легко открываемые люки, к которым должен быть обеспечен удобный доступ.

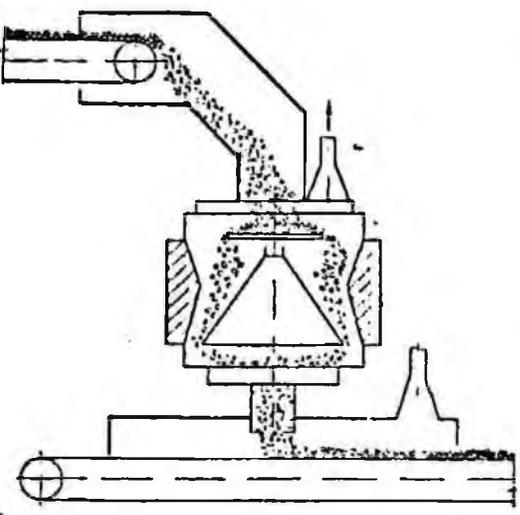
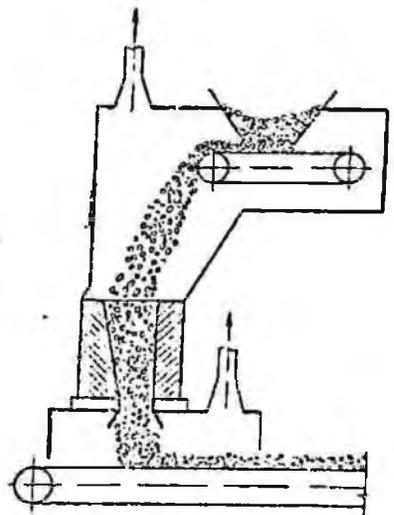
16. В узлах одновременного выделения пара и пыли в концентрациях, не превышающих 300 мг/м^3 , допускается применение естественной вытяжки через шахты, оборудованные промывателями типа «Самовар».

РАЗРЕЖЕНИЕ В АСПИРАЦИОННЫХ УКРЫТИЯХ И ПЛОЩАДЬ НЕПЛОТНОСТЕЙ

Аспирируемый узел	Схема аспирации	Разрежение в укрытии, n/m^3		Площадь неплотностей укрытия, m^2	
		верхнем	нижнем	верхнего	нижнего
Перегрузка: - конвейера на конвейер		5	6—8	$1,2 V_k$	0,02 П
с дискового питателя на конвейер		6	8	$0,1 D_n$	0,02 П
с дискового питателя в барабанный охладитель		6	15	$0,1 D_n$	$0,03 D_0$
Выгрузка из барабанного охладителя на конвейер		15	8	$0,03 D_0$	0,02 П

Аспирируемый узел	Схема аспирации	Разрежение в укрытии, K/M^3		Площадь неплотностей укрытия, M^2	
		верхнем	нижнем	верхнего	нижнего
Перегрузка с конвейера в бункер		5	1—2	1,2 B_k	$F_{пр}$
Дробилка: молотковая реверсивная		8	—	1,2 B_k	0,02 П

Аспирируемый узел	Схема аспирации	Разрежение в укрытии, н/д ³		Площадь неплотностей укрытия, м ²	
		верхнем	нижнем	верхнего	нижнего
молотковая нереверсивная		—	10	1,2 Вк	0,02 П
четырёхвалковая		—	6	1,2 Вк	0,02 П
дезинтегратор		—	15	1,2 Вк	0,02 П

Аспирируемый узел	Схема аспирации	Разрежение в укрытии, н/м ³		Площадь неплотностей укрытия, м ²	
		верхнем	нижнем	верхнего	нижнего
конусная		2	8	0,05 B_3	0,02 Π
щелевая]		2	8	$F_{пр}$	0,02 Π

Примечания: 1. Величины разрежений и площади неплотностей приведены по данным экспериментальных замеров местных отсосов фабрик горнообогатительных комбинатов. В расчетах следует принимать разрежение не менее, а площади неплотностей не более приведенных данных.

2. Рекомендуемые разрежения в верхних укрытиях следует учитывать только при расчете аспирации перегрузок горячих материалов, молотковых реверсивных, конусных и щековых дробилок.

Для нижних укрытий большее разрежение принимать при расчете перегрузок горячих материалов и кусковых ненагретых материалов, меньшее — для мелкозернистых и порошкообразных материалов.

Для расчета аспирации бункеров, загружаемых через открытые проемы (загрузочные щели), принимать меньшее разрежение, а большее — при закрытых проемах.

B_3 — ширина ленты конвейера, м; Π — периметр укрытия в плане, м; D_{Π} — диаметр дискового питателя, м; D_6 — диаметр барабана, м; B_3 — ширина загрузочного отверстия дробилки, м; $F_{пр}$ — площадь открытых проемов, м².

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА СУММЫ КОЭФФИЦИЕНТОВ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ
(К. М. С.)**

Сумма к. м. с. характеризует гидравлическое сопротивление желоба и примыкающих к нему укрытий и является одним из основных параметров, определяющих количество эжектируемого воздуха.

При определении объемов аспирации технологического оборудования величину этой суммы следует рассчитывать с учетом направления воздушного потока в желобе и схемы расположения местных отсосов.

1. При движении воздуха по желобу из верхнего укрытия в нижнее сумма к. м. с. рассчитывается по формулам:

при отсосе воздуха только из нижнего укрытия

$$\zeta^n = \sum_{i=1}^N \zeta_{in} + 2,4 \left(\frac{F}{F_{н1}} \right)^2,$$

при отсосе воздуха от верхнего и нижнего укрытий

$$\zeta_{ж}^n = \sum_{i=1}^N \zeta_{in}.$$

Когда воздух поступает по желобу из нижнего укрытия в верхнее, сумма к. м. с. определяется по формулам:

при отсосе воздуха только из верхнего укрытия

$$\zeta^в = \sum_{i=1}^N \zeta_{iv} + 2,4 \left(\frac{F}{F_{н2}} \right)^2,$$

при отсосе воздуха из верхнего и нижнего укрытий

$$\zeta_{ж}^в = \sum_{i=1}^N \zeta_{iv}.$$

где F — площадь сечения желоба в свету нормально к продольной оси его в месте входа материала в укрытие, $м^2$;

$F_{н1}$, $F_{н2}$ — площади неплотностей верхнего и нижнего укрытий, $м^2$;

ζ_{in} , ζ_{iv} — к. м. с. i -того участка желоба при движении воздуха соответственно вниз и вверх.

$$\text{К. м. с. } \zeta_{iv} \text{ и } \zeta_{iv}' \text{ приводятся к сечению } F \quad \zeta_{iv}' = \zeta_{iv} \left(\frac{F}{F_i} \right)^2,$$

где F_i — площадь поперечного сечения i -того участка желоба, $м^2$;

ζ_{iv}' — к. м. с. i -того участка желоба, отнесенный к скорости воздуха на этом участке.

Вход воздуха из укрытия в желоб: при движении воздуха вверх $\zeta_{iv}' = 0,7$;
при движении воздуха вниз $\zeta_{in}' = 0,3$.

Поворот потока в желобе

Угол поворота, град	20	30	40	60
ζ_{i}'	0,2	0,3	0,35	0,7

Плавное сужение (расширение) потока в желобе $\zeta_{i}' = 0,2$.

Решетка (сетка) грохота

Отношение живого сечения к общей площади решетки	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
ξ'_t	15	7,5	5	2	1

Выход воздуха из желоба в укрытие: при движении воздуха вниз $\xi'_{тн} = 1,05$; при движении воздуха вверх $\xi'_{тв} = 0,5$.

Выход воздуха из внутренней камеры во внешнюю (для укрытий с двойными стенками)

Отношение высоты щели для прохода воздуха к высоте укрытия	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6
ξ'_t	23	15	10	6,5	4,0	2,5

Приложение V

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЗДУХА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Температура, °С	Парциальное давление водяных паров, мм рт. ст.	Плотность воздуха, кг/м³		Влажность насыщенный воздуха, г/кг	Теплоемкость насыщенного воздуха, кДж/кг
		сухого	насыщенного		
10	9,21	1,247	1,242	7,63	29,2
11	9,84	1,243	1,237	7,16	31,6
12	10,51	1,239	1,232	8,73	34,0
13	11,23	1,234	1,227	9,33	36,5
14	11,98	1,229	1,222	9,97	39,2
15	12,78	1,226	1,218	10,64	41,9
16	13,63	1,221	1,213	11,36	44,8
17	14,53	1,217	1,208	12,12	47,7
18	15,47	1,213	1,204	12,93	50,7
19	16,47	1,209	1,199	13,78	54,0
20	17,53	1,205	1,194	14,68	57,4
21	18,65	1,201	1,190	15,64	60,7
22	19,82	1,197	1,185	16,66	64,5
23	21,07	1,193	1,180	17,73	68,3
24	22,37	1,189	1,157	18,87	72,0
25	23,75	1,185	1,170	20,07	76,2
26	25,21	1,181	1,166	21,34	80,4
27	28,35	1,177	1,161	22,68	85,0
28	26,74	1,173	1,156	24,10	89,6
29	30,04	1,169	1,151	25,60	94,2
30	31,82	1,165	1,147	27,18	99,7
31	33,70	1,161	1,142	28,68	105
32	35,66	1,157	1,137	30,63	110
33	37,73	1,154	1,132	32,49	166
34	39,90	1,150	1,127	34,47	120
35	42,18	1,146	1,122	36,55	128
36	44,56	1,142	1,117	38,80	136
37	47,08	1,139	1,112	41,07	142
38	49,70	1,135	1,107	43,52	150
39	52,45	1,131	1,102	46,11	157
40	55,34	1,128	1,096	48,85	166

Температура, °С	Парциальное давление вод- яных паров, мм рт. ст.	Плотность воздуха, кг/м ³		Влагосодержание насыщенного воз- духа, г/кг	Теплосодер- жание насы- щенного воз- духа, кДж/кг
		сухого	насыщенного		
41	58,36	1,124	1,092	51,73	174
42	61,51	1,121	1,086	54,78	183
43	64,82	1,117	1,081	58,00	193
44	68,28	1,114	1,076	61,40	203
45	71,90	1,110	1,070	64,99	213
46	75,68	1,107	1,065	68,79	224
47	79,63	1,103	1,059	72,80	235
48	83,75	1,100	1,054	77,03	247
49	88,06	1,096	1,048	81,52	250
50	92,56	1,093	1,043	86,26	273
51	97,25	1,090	1,037	91,27	288
52	102,1	1,086	1,031	96,57	303
53	107,2	1,083	1,025	102,2	319
54	112,6	1,080	1,019	108,1	335
55	118,1	1,076	1,013	114,5	353
56	123,9	1,073	1,007	121,1	371
57	129,8	1,070	1,001	128,0	394
58	136,1	1,066	0,994	135,8	410
59	142,7	1,063	0,988	143,8	435
60	149,5	1,060	0,981	152,3	456
61	156,5	1,057	0,974	161,3	482
62	163,8	1,054	0,967	171,0	511
63	171,5	1,051	0,961	181,2	536
64	179,4	1,048	0,954	192,2	569
65	187,6	1,044	0,947	203,9	599
66	196,2	1,041	0,940	216,5	628
67	205,1	1,038	0,932	230,0	670
68	214,3	1,035	0,925	244,3	708
69	223,9	1,032	0,917	259,7	754
70	233,8	1,029	0,909	276,3	795
71	244,1	1,026	0,901	294,3	846
72	254,8	1,023	0,893	313,7	900
73	265,8	1,020	0,885	334,6	955
74	277,3	1,017	0,877	357,3	1020
75	289,2	1,014	0,868	382,1	1080
76	301,5	1,011	0,860	409,1	1160
77	314,3	1,009	0,851	438,5	1230
78	327,5	1,006	0,842	471,0	1320
79	341,1	1,003	0,832	506,6	1420
80	355,3	1,000	0,823	546,0	1530
81	369,9	0,997	0,814	589,9	1640
82	385,1	0,994	0,804	638,8	1780
83	400,7	0,992	0,794	693,7	1930
84	416,9	0,989	0,783	755,8	2090
85	433,6	0,986	0,773	826,4	2280
86	450,9	0,983	0,762	907,3	2500
87	468,7	0,981	0,752	1001	2750
88	487,2	0,978	0,741	1110	3050
89	506,2	0,975	0,729	1240	3400
90	525,9	0,973	0,718	1400	3820
91	546,2	0,970	0,706	1590	4350

Продолжение прилож. V

Температура, °С	Парциальное давление водяных паров, мм рт. ст.	Плотность воздуха, кг/м³		Влагосодержание насыщенного воздуха, г/кг	Теплосодержание насыщенного воздуха, кдж/кг
		сухого	насыщенного		
92	567,1	0,967	0,694	1 830	4 980
93	588,7	0,965	0,682	2 140	5 820
94	614,0	0,962	0,668	2 616	7 080
95	634,0	0,959	0,656	3 730	8 500
96	657,7	0,957	0,643	4 000	10 800
97	682,1	0,945	0,630	5 450	14 700
98	707,3	0,951	0,616	8 350	22 500
99	733,3	0,949	0,602	17 000	46 000
100	760,0	0,947	0,588	—	—

Приложение VI

ПАСПОРТ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ [122]

Объект _____ Цех _____ Отделение _____

А. Общие сведения

1. Назначение вентиляционной установки _____
2. Режим работы вентиляционной установки _____
3. Местонахождение оборудования вентиляционной установки _____

Б. Технические сведения об оборудовании вентиляционной установки

Вентилятор

Данные	Тип	Номер	Диаметр всасывающего отверстия, мм	Размер выхлопного отверстия, мм	Производительность, м³/ч	Полное давление, кг/м²	Диаметр шкива, мм	Скорость вращения колес, об/мин
По проекту								
Фактические								

Примечания _____

Продолжение прилож. VI

Электродвигатель

Данные	Тип	Мощность, кВт	Скорость вращения, об/мин	Диаметр шкива, мм	Вид передачи
По проекту					
Фактические					

Примечания _____

Увлажнительное устройство

Данные	Насос					Электродвигатель				Распылители	
	тип	Производительность, м ³ /ч	напор, м вод. ст.	диаметр шкива, мм	скорость вращения, об/мин	тип	мощность, кВт	диаметр шкива, мм	скорость вращения, об/мин	тип	количество
По проекту											
Фактические											

Примечания _____

Аэродинамическая характеристика вентиляционной установки после регулировки

Номер точек замера	Производительность, м ³ /ч		Невязка ±, %	Номер точек замера	Производительность, м ³ /ч		Невязка ±, %	Номер точек замера	Производительность, м ³ /ч		Невязка ±, %
	по проекту	фактическая			по проекту	фактическая			по проекту	фактическая	

Примечания _____

Калориферная установка

Данные	Тип, модель или размер, мм	Схема установки	Сопротивление прохождению воздуха, к·/м	Параметры теплоносителя		Температура воздуха, °С		Теплопроизводительность, ккал/ч	
				пар	вода	до калорифера	после калорифера	по результатам испытаний	по расчетной температуре
По проекту									
Фактические									

Примечания _____

Пылеочистительное устройство

Данные	Наименование	Номер	Количество	Производительность, м ³ /ч		Подсос или выбивание, %	Сопротивление, кг/м
				до устройства	после устройства		
По проекту							
Фактические							

Примечания _____

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекк Е. В. Принципы обеспыливания дробильно-размольных отделений суперфосфатных заводов. М., Госхимиздат, 1934.
2. Альтмарк М. С. Основные принципы расчета аспирации в пыльных цехах. «Отопление и вентиляция», 1941, № 6.
3. Синцеров В. А., Павлов В. П. Вентиляционные установки элеваторов и крупозаводов. М., Заготиздат, 1950.
4. Hatch T. E., Walpole R. H. Industrial Hygiene Foundation of America, Pittsburg Pa., Preventive Eng. Seives Bull. 3, Part 1, 1942.
5. Pring R. T., Knadsen I. F., Dennis R. Industrial and Engineering Chemistry 41, N 11, 1949.
6. Камышенко М. Т. Обеспыливание мест разгрузки сыпучих материалов дробильно-транспортных цехов. М., Профиздат, 1955.
7. Серенко А. С. Обеспыливание воздуха в огнеупорной промышленности. Харьков, Metallurgizdat, 1953.
8. Шелекетин А. В. Определение объемов воздуха для аспирации дробильно-сортировочных фабрик. «Борьба с силикозом». Вып. III. М., АН СССР, СССР, 1959.
9. Kruse C. W., Bianconi W. O. Air from induced in enclosed inclined chutes of material handling systems. Amen. Industr. Hyg. Assoc. I, 27, 1966, N 3.
10. Зайончковский Я. Обеспыливание в промышленности. (Пер. с польского). М., Стройиздат, 1969.
11. Недин В. В., Нейков О. Д. Борьба с пылью на рудниках. М., изд-во «Недра», 1965.
12. Логачев П. П. Аспирация перегрузок сыпучих материалов агломерационных фабрик. В кн. «Местная вытяжная вентиляция». М., ДИТП, 1969.
13. Минко В. А. Некоторые вопросы аэродинамики гравитационного потока мелкодисперсного сыпучего материала. «Инженерно-физический журнал», т. XVI, 1969, № 6.
14. Афанасьев И. И. и др. Расчет объемов аспирации дезинтеграторов и реверсивных молотковых дробилок. «Водоснабжение и санитарная техника», 1969, № 6.
15. Идельчик И. Э. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.—Л., Госэнергоиздат, 1960.
16. Логачев П. П., Колесник А. П. Обеспыливание барабанов охлаждения материалов на фабриках окискования железных руд и концентратов. «Вентиляция и очистка воздуха». Вып. 7, М., изд-во «Недра», 1970.
17. Бутаков С. Е. Аэродинамика систем промышленной вентиляции. М., Профиздат, 1949.
18. Лазаренко М. И. Результаты работы ВОСТНИИ по борьбе с пылью на углеобогатительных фабриках Кузбасса. В сб. «Борьба с пылью на обогатительных фабриках». Мурманск, Мурманское книжное издательство, 1968.
19. Любимов А. И. и др. Совершенствование средств борьбы с пылью при транспортировке, грохочении и дроблении угля. В сб. «Борьба с пылью на обогатительных фабриках». Мурманск, Мурманское книжное издательство, 1968.
20. Логачев П. П., Шумилов Р. Н. Движение сыпучего материала в

- наклонных желобах. «Вентиляция и очистка воздуха». Вып. 4. М., изд-во «Недра», 1970.
21. Афанасьев И. И. и др. Расчет аспирации перегрузок горячих материалов. В сб. «Борьба с пылью на обогатительных фабриках». Мурманск, Мурманское книжное издательство, 1968.
22. Сорокин В. В. Обеспыливание цехов камнедробильных и грависортировочных заводов. М., изд. Министерства строительства, 1967.
23. Глушков Л. А. Обеспыливание оборудования дробильно-размольных отделений. М., Металлургиздат, 1957.
24. Афанасьев И. И. Исследование и разработка эффективных способов обеспыливания воздуха при подготовке сырья на агломерационных фабриках железной руды. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Кривой Рог, НИИруд-вентиляция, 1968.
25. Шелекетин А. В., Карпушинский П. С. Оздоровление условий труда на агломерационных фабриках железной руды. М., Металлургиздат, 1960.
26. Новиков Б. Г. и др. Снижение запыленности в агломерационном цехе «Металлург». 1964, № 11.
27. Симонов Н. Ф., Брагин В. С. Промышленные испытания молотковой дробилки 1500×1500×1500. «Кокс и химия», 1963, № 12.
28. Гобза Р. Н. Борьба с выделением пыли при работе молотковой дробилки. В сб. «Улучшение условий труда в коксо-химическом производстве». Вып. XIII. М., Металлургиздат, 1954.
29. Шелекетин В. А., Афанасьев И. И. Обеспыливание молотковых дробилок. «Металлург», 1964, № 4.
30. Шелекетин В. А., Афанасьев И. И. Обеспыливание дробильного оборудования в отделениях подготовки сырья аглофабрик «Вентиляция и очистка воздуха». Вып. 3. М., изд-во «Недра», 1967.
31. Глушков Л. А. Вентиляция дробильно-размольных установок. М., Металлургиздат, 1956.
32. Указания по проектированию отопления и вентиляции предприятий металлургической промышленности (Обогатительные фабрики), РМ 630-05/67. Л., Ленинградский Промстройпроект, 1967.
33. Бонняков Е. Н. Исследование эффективности комплекса противопыльных мероприятий в дробильных корпусах горнообогатительных комбинатов. Тр. ИГД им. М. М. Федорова, вып. 1, М., Госгортехиздат, 1962.
34. Бонняков Е. Н., Сербин А. И. Исследование аспирируемых укрытий мест загрузки руды на конвейеры. В сб. «Вентиляция и очистка воздуха». Вып. 2. М., изд-во «Недра», 1969.
35. Нейков О. Д. и др. Исследование эффективности аспирационных установок дробильно-сортировочных фабрик Михайловского ЖРК. В сб. «Вентиляция и очистка воздуха», Вып. 5. М., изд-во «Недра», 1969.
36. Малюта Д. И. и др. Борьба с пылью на тракте возврата агломерационных фабрик Ново-Криворожского горнообогатительного комбината. «Металлург», 1967, № 9.
37. Нейков О. Д. и др. Разработка и внедрение новых аспирационных систем на дробильных фабриках Криворожского бассейна «Борьба с силикозом». Вып. VI. М., изд-во «Наука», 1964.
38. Недин В. В. и др. Обеспыливание надшахтных комплексов «Горный журнал», 1966, № 6.
39. Садовни А. С. и др. Опыт обеспыливания перегрузок медно-никелевого концентрата на комбинате «Печенганикель». «Цветная металлургия», 1969, № 24.
40. Чудновский А. М. и др. Обеспыливание мест перегрузок зернистых материалов «Огнеупоры», 1970, № 1.
41. Отрожденков А. И. и Фельд Э. И. Оздоровление условий труда на обогатительных фабриках. В сб. «Проектирование обогатительных фабрик», вып. 94. М., Металлургиздат, 1955.
42. Эльтерман Е. М. О приточной вентиляции дробильно-размольных цехов горнообогатительных комбинатов. «Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС». Вып. 42. М., Профиздат, 1966.

43. Сотников А. Г. О нормировании неравномерности температурных полей при кондиционировании помещений. В сб. «Теплоснабжение и вентиляция», Киев, КНЦН, 1969.
44. Зайдель А. П. Элементарные оценки ошибок измерений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Л., изд-во «Наука», 1967.
45. Указания по расчету приточных воздухораспределительных устройств Серия А-3-358. М., Стройиздат, 1967.
46. Шумилов Р. Н. Вентиляция при избыточных влаговыделениях в галереях агломерационных фабрик. В сб. «Теплогазоснабжение и вентиляция», Киев, КНЦН, 1969.
47. Молчанов Б. С., Четков В. А. Проектирование промышленной вентиляции. М.—Л., Стройиздат, 1964.
48. Шепин А. А. Результаты обследования систем отопления и вентиляции главных корпусов агломерационных фабрик. М., Изд. Гипротис, 1955.
49. Четков В. А., Энгель Л. К. Вентиляция цехов предприятий цветной металлургии. М., изд-во «Металлургия», 1968.
50. Базилевич С. В. Опыт проектирования и эксплуатации фабрик с агломашинами 252/312. «Металлург», 1969, № 1.
51. Указания по проектированию отопления и вентиляции агломерационных фабрик черной металлургии. М., ГПИ Сантехпроект, 1969.
52. Фильней М. П. Новые формулы для определения термодинамических свойств водяного пара, содержащегося в атмосферном воздухе. Изв. вузов, «Строительство и архитектура», 1966, № 9.
53. Батурич В. В., Эльтерман В. М. Аэрация промышленных зданий. М., Госстройиздат, 1963.
54. Бутаков С. Е., Толстова Ю. П. О методике моделирования вентиляции помещений с теплоизбытками при наличии потерь. «Санитарная техника». Вып. 7, Киев, изд-во «Будівельник», 1968.
55. Демидович Б. П., Марон Н. А. Основы вычислительной математики. Изд. 3-е, исправ. М., изд-во «Наука», 1966.
56. Шумилов Р. Н. и др. Испарение влаги зернистыми материалами. В сб. «Вентиляция и очистка воздуха». Вып. 5. М., изд-во «Недра», 1969.
57. Шумилов Р. Н. Расчет влаговыделений при транспортировке зернистых материалов ленточными конвейерами. «Водоснабжение и санитарная техника», 1968, № 8.
58. Малюта Д. И. и др. Устранение тумана на транспортерных галереях аглофабрик. «Металлург», 1969, № 12.
59. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий СМ 245-63. М., Госстройиздат, 1963.
60. Кучерук В. В. Очистка вентиляционного воздуха от пыли. М., Машгиз, 1963.
61. Фильней М. П. Проектирование вентиляционных установок. М., изд-во «Высшая школа», 1966.
62. Рысин С. А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов. Справочник. М., Машгиз, 1961.
63. Альбом оборудования. Пылеуловители и фильтры. М., ГПИ Сантехпроект, 1968.
64. Гордон Г. М., Пейсахов И. Л. Пылеулавливание и очистка газов. М., изд-во «Металлургия», 1968.
65. Нейков О. Д., Бошняков Е. И. Пылеуловители для очистки аспирационного воздуха в дробильных корпусах. В сб. «Борьба с силикозом», т. V. М., Изд-во АН СССР, 1962.
66. Недин В. В. и др. Очистка аспирационного воздуха на предприятиях горнорудной и металлургической промышленности «Водоснабжение и санитарная техника», 1967, № 3.
67. Михельсон М. Л., Малевич А. А. Исследование конденсационной установки для очистки конверторного газа. В сб. «Вентиляция и очистка воздуха». Вып. 4. М., изд-во «Недра», 1970.
68. Медников Е. П. Акустическая коагуляция и осаждение аэрозолей. М., Изд. АН СССР, 1963.

69. Малюта Д. П. и др. Очистка воздуха на дробильной фабрике Ново-Криворожского горнообогатительного комбината. В сб. «Очистка воздушного и водного бассейнов заводов черной металлургии». М., Черметинформация, 1969.
70. Недин В. В. и др. Обеспыливание выбросов шахтных вентиляторов главного проветривания. В сб. «Вентиляция и очистка воздуха». Вып. 2, М., изд-во «Недра», 1969.
71. Экман Ф., Джонсон Р. Улавливание взвешенных частиц в скруббере Вентури. «Химическая промышленность» (на английском языке), 1951, № 6.
72. Теверовский Е. П., Зайцев М. М. Пылеулавливающий, адсорбирующий и теплообменный аппарат ТП с высокоскоростным потоком газа. Тр. Гос. научно-исслед. ин-та по промышленной и санитарной очистке газов, вып. 1, М., Госхимиздат, 1957.
73. Гервасьев А. М. Пылеуловители СИОТ. Свердловск, Профиздат, 1954.
74. Кучерук В. В. Перспективы дальнейшего совершенствования техники очистки вентиляционного воздуха от пыли. Вопросы промышленной вентиляции. Тр. Всес. ин-та охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1956.
75. Мурашкевич Ф. П. Эффективность пылеулавливания турбулентным промывателем. «Инженерно-физический журнал», т. 2, 1959, № 11.
76. Мурашкевич Ф. П. Некоторые вопросы теории улавливания частиц в турбулентном промывателе. М., Госхимиздат, 1958.
77. Паладка, регулировка и эксплуатация систем вентиляции. Справочник по специальным работам. М., Госстройиздат, 1962.
78. Фукс П. А. Механика аэрозолей. М., Изд-во АН СССР, 1955.
79. Нейков О. Д. и др. Совершенствование аэродинамических систем дробильных фабрик горнообогатительных комбинатов. Бюлл. Черметинформация, серия 3, 1968, 3.
80. Нейков О. Д. Создание специальных фильтров для подземных условий и горнообогатительных комбинатов. Материалы XIX Пленума Республиканской комиссии по борьбе с силикозом. Киев, изд-во «Наукова думка», 1968.
81. Вернигор П. П., Раппопорт П. С. Машинист электрической газоочистки. М., Металлургиздат, 1957.
82. Ужов В. П. Очистка промышленных газов электрофильтрами. М., изд-во «Химия», 1967.
83. Беликов А. Г. и др. Обеспыливающая вентиляция и пылеулавливание в агломерационном отделении Чимкентского ордена Ленина свинцового завода им. М. И. Калинина. В сб. «Вентиляция в металлургической промышленности». М., изд-во «Металлургия», 1968.
84. Гребенщиков Л. С., Шкуратов О. Г. Результаты промышленных испытаний электрофильтра РИОН-С/28. «Горный журнал», 1961, № 3.
85. Гребенщиков Л. С. и др. Рудничный электрофильтр ЭПМ-50. «Горный журнал», 1964, № 5.
86. Гребенщиков Л. С. и др. Результаты испытаний электрофильтра ЭПМ-55 на Лениногорском комбинате. В сб. «Борьба с силикозом», т. VII, М., изд-во «Наука», 1966.
87. Шелекетин А. В. и др. Скоростной однозонный электрофильтр. «Вентиляция и очистка воздуха», вып. 2, М., изд-во «Недра», 1969.
88. Афанасьев П. П. и др. Обобщенный способ расчета равномерного распределения воздуха в электрофильтрах увеличенной производительности и результаты испытаний скоростного электрофильтра. Материалы XIX Пленума Республиканской комиссии по борьбе с силикозом. Киев, изд-во «Наукова думка», 1968.
89. Серенко А. С. и др. Обеспыливание воздуха на дробильно-сортировочных и обогатительных фабриках железной руды. Харьков, Металлургиздат, 1957.
90. Шелекетин А. В. и др. Влияние влажности сырых шихтовых материалов и возврата на запыленность воздуха. В сб. «Вентиляция и очистка воздуха». Вып. 3, М., изд-во «Недра», 1967.
91. Шелекетин А. В. и др. Опыт работы по улучшению условий труда на Криворожском горнообогатительном комбинате. Киев, Госмедиздат, 1961.
92. Сахаров А. С. Вопросы борьбы с пылью при работе шаровых и труб-

ных мельниц. В сб. «Борьба с пылью на обогатительных фабриках». М., изд-во «Недра», 1963.

93. Сачков А. Ф. Борьба с пылью при взрывных и погрузочных выработках. Собрание трудов к XV-летию НИГРИзолото. Вып. 17, М., изд. ОБТИ, 1951.

94. Оптии Е. П., Нвашкин В. С. Оценка существующих типов оросителей и выбор оптимальных режимов их работы. Научные сообщения. № 1. Кемерово, изд. ВОСТНИИ, 1961.

95. Духин С. С., Каганер В. И. Влияние эффекта обтекания на пылеулавливание при орошении. «Горный журнал», 1954, № 11.

96. Варфоломеев Г. С. О новых средствах гидрообеспыливания. «Тр. НИИПП», вып. 1, Свердловск, Среднеуральское книжное изд-во, 1967.

97. Карпухин В. Д. и др. Применение гидроакустических форсунок для осаждения пыли в условиях лав, оборудованных струговыми установками. Материалы XIX пленума Республиканской комиссии по борьбе с силикозом. Киев, изд-во «Наукова думка», 1968.

98. Гагауз Ф. Г. Влияние растворов поверхностноактивных веществ и солей на эффективность действия туманообразователя. Изв. вузов, «Горный журнал», 1970, № 5.

99. Варич М. Е. и др. Авт. свид. № 93480, от 12.II.1951 г. Бюлл. изобретений, 1952 г., № 4.

100. Гребенщиков Л. С. и др. Исследование эффективности улавливания рудной пыли электризованной водой. «Цветная металлургия», 1964, № 16.

101. Гребенщиков Л. С., Барский М. Л. Обеспыливание рудничного вентиляционного потока электризованной водяной завесой. «Цветная металлургия», 1966, № 4.

102. Кекки А. А. и др. О повышении коагуляционной способности воды при перезарядке в электростатическом поле. В сб. «Борьба с пылью на рудниках Казахстана». Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1964.

103. Бошняков Е. Н., Хорошко В. А. Пылевыведение при конвейерном транспортировании руды. «Вентиляция и очистка воздуха». Вып. 3. М., изд-во «Недра», 1967.

104. Дьячков В. К., Усов К. А. Ленточные конвейеры № 26 ВНИИ ПТМаш, М., ОНТИ, 1959.

105. Рафенко Д. И. Очистка прорезиненной ленты конвейера струей воды. «Горный журнал», 1955, № 1.

106. Сербин А. Н., Бошняков Е. Н. Устройство для очистки порожней ветки ленты конвейера. «Горный журнал», 1966, № 10.

107. Сербин А. Н. и др. Авт. свид. № 175426 от 21.IX.1965 г. Бюлл. изобретений, 1965 г., № 19.

108. Сербин А. Н., Сыч Н. А. Рациональные способы удаления уловленной пыли из пылеуловителей. «Горный журнал», 1968, № 7.

109. Рудовский Г. И. и др. Улучшение условий труда на агломерационной фабрике ЮГОК. Бюлл. ЦИИИ МЧМ, 1966, № 7.

110. Плаксин П. Н., Сладков А. С. Мокрый способ измельчения и использования мела при агломерации магнетитового концентрата КМА—руда. Бюлл. ЦИИИ МЧМ, 1956, № 11.

111. Рябчий М. Е. и др. Новый способ борьбы с пылеобразованием при дроблении известняка на аглофабриках. (Сборник статей), Металлургиздат, 1959, № 1.

112. Ямпольский М. Н., Хесин А. М. Применение принципа вибрации в молотковых дробилках. «Кокс и химия», 1961, № 7.

113. British Steelmaker, 1960, № 2.

114. Гервасьев А. М. Пути повышения обеспыливающей вентиляции. «Водоснабжение и санитарная техника», 1965, № 10.

115. Саламатов Л. Г. Об оптимальном способе охлаждения и сортировки агломерата. «Сталь», 1968, № 6.

116. Колокольцев Б. И., Кретинин В. П. Применение прямолинейного ленточного охладителя агломерата. «Сталь», 1969, № 1.

117. Луговский С. И., Мазанов А. И. Снижение запыленности воздуха в шахтных бытовых комбинатах. «Горный журнал», 1957, № 9.

118. Коллеватов П. А. и др. Определение оптимальных параметров пневмомеханического способа обеспыливания спецодежды и усовершенствования конструкции установки. Тр. Пермского науч.-исследовательского угольного ин-та, № 7. М., изд-во «Недра», 1964.

119. Дудырев А. Н. Сравнительная оценка некоторых машин для обеспыливания спецодежды горнорабочих. Тр. науч.-исследов. ин-та профилактики пневмокониозов, вып. 1. М., Профиздат, 1967.

120. Мазанов А. П., Литвинов П. А. Обобщение результатов исследования эффективности обеспыливания спецодежды пульсирующим сжатым воздухом. Тр. Волгоградского ин-та инж. город. транспорта, вып. 1. Волгоград, 1967.

121. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Вентиляция и кондиционирование воздуха. (Внутренние санитарно-технические устройства), М., Стройиздат, 1969.

122. Временные инструкции по пуску, наладке и эксплуатации вентиляционных установок на промышленных предприятиях. СН 271-64, М., Стройиздат, 1964.

123. Инструкция по эксплуатации промышленной вентиляции. Изд. 3-е М., Госстройиздат, 1961.

124. Русанов А. А. и др. Очистка дымовых газов в промышленной энергетике. М., изд-во «Энергия», 1969.

125. Материалы по обеспыливанию спецодежды горнорабочих. Свердловск, изд-во ЦИИИПП, 1969.

126. Никитин В. С., Филиппов М. К. Новые требования к промышленным противогазовым респираторам. «Безопасность труда в промышленности», 1965, № 8.

127. Талнев В. Н. Аэродинамика вентиляции. М., Госстройиздат, 1963.

128. Абрамов Ф. А., Милетич А. Ф. Приборы для контроля вентиляции. Госгортехиздат, 1960.

129. Недин В. В., Нейков О. Д. Современные методы исследования пыли. М., изд-во «Недра», 1967.

130. Коузов П. А. Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС, вып. 2. М., Профиздат, 1964.

131. Фигуровский П. А. Седиментационный анализ. М., Изд-во АН СССР, 1948.

132. Коузов П. А., Нофинов Г. А. Оценка методов анализа весового дисперсного состава пыли. В сб. «Борьба с силикозом», т. VII. М., изд-во «Наука», 1967.

133. Единая методика сравнительных испытаний пылеуловителей для очистки вентиляционного воздуха. Л., Профиздат, 1967.

134. Инструкция по проведению анализа дисперсного состава пыли седиментационными методами в жидкой среде. Л., Профиздат, 1965.

135. Нейков О. Д. и др. Дисперсный анализ витающей пыли. «Гигиена и санитария», 1967, № 3.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Характеристика технологических процессов и условий труда	4
§ 1. Общие сведения	4
§ 2. Дробление	5
§ 3. Обогащение	9
§ 4. Агломерация и окомкование	12
§ 5. Мероприятия по нормализации условий труда	20
Глава II. Аспирация технологического оборудования	21
§ 1. Общие сведения	21
§ 2. Перегрузки горячих материалов	26
§ 3. Перегрузки материалов умеренной температуры	41
§ 4. Дробильно-измельчительное оборудование	53
§ 5. Аспирационные укрытия	61
Глава III. Общеобменная вентиляция	65
§ 1. Дробильно-сортировочные фабрики	65
§ 2. Обогащительные фабрики	68
§ 3. Отделение спекания агломерационных и окомковательных фабрик	69
§ 4. Галереи парящих материалов	73
Глава IV. Очистка вентиляционного воздуха от пыли	84
§ 1. Требования, предъявляемые к очистке воздуха	84
§ 2. Классификация пылеуловителей	84
§ 3. Механические пылеуловители	86
§ 4. Фильтры контактного действия	97
§ 5. Электрические фильтры	108
§ 6. Выбор пылеуловителя	110
Глава V. Гидрообеспыливание	111
§ 1. Увлажнение материалов	111
§ 2. Осаждение пыли диспергированной водой	113
§ 3. Уборка осевшей пыли	116
§ 4. Обеспыливание ленты холостой ветви конвейера	119
§ 5. Шламоудаление	122
Глава VI. Мероприятия, способствующие снижению запыленности воздуха	124
§ 1. Технологические мероприятия	124
§ 2. Организационные мероприятия	125
§ 3. Индивидуальные средства защиты от пыли	126
§ 4. Обеспыливание бытовых комбинатов и промышленных площадок	129
§ 5. Обслуживание и ремонт пылевентиляционных установок	130

Глава VII. Контроль состояния атмосферы и работы пылевентиляционных систем	132
§ 1. Измерение метеорологических параметров воздуха	132
§ 2. Определение запыленности воздуха и дисперсного состава пыли	137
§ 3. Испытание и наладка вентиляционных систем	143
§ 4. Испытание и наладка пылеуловителей	147
I. Основные очаги загрязнения воздуха рабочих помещений фабрик и общие рекомендации по их обеспыливанию	152
II. Рекомендации по проектированию аспирационных систем	162
III. Разрежение в аспирационных укрытиях и площадь неплотностей	164
IV. Методика расчета суммы коэффициентов местных сопротивлений (к. м. с.)	172
V. Физические свойства воздуха при атмосферном давлении	173
VI. Паспорт вентиляционной установки	175
Литература	177

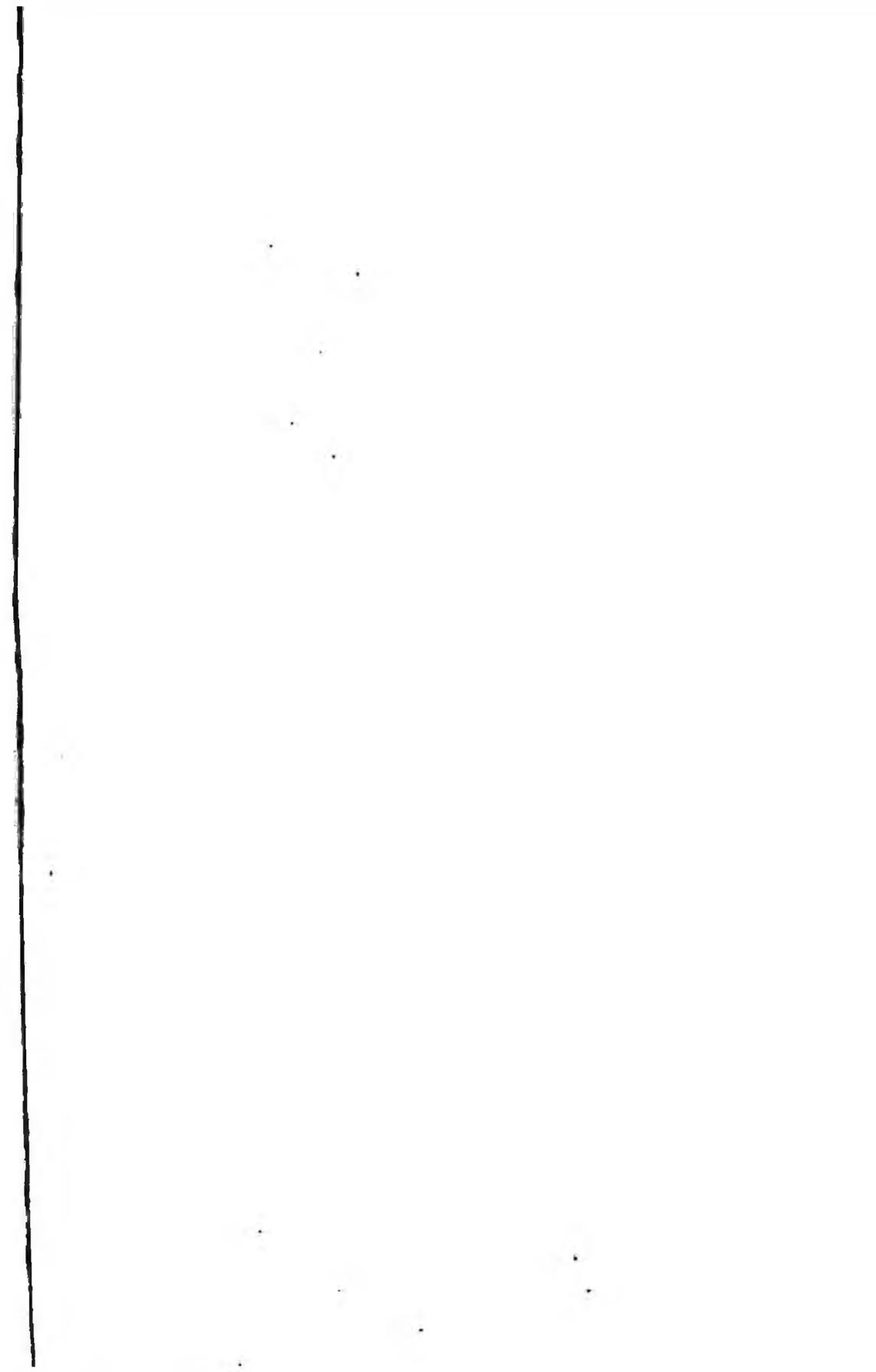
ОБЕСПЫЛИВАНИЕ ВОЗДУХА НА ФАБРИКАХ ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

*Афанасьев Иван Иванович, Ващенко Виктор Семенович,
Генералов Георгий Семенович, Данченко Феликс Иванович,
Логачев Иван Николаевич, Малюта Дмитрий Иванович,
Минко Всеволод Афанасьевич, Сербин Анатолий Николаевич,
Шумилов Рудольф Николаевич, Янов Александр Павлович*

Редактор издательства *Н. Д. Балинова* Техн. редактор *Л. Н. Шиманова*
Корректор *В. И. Понкина*

Сдано в набор 22/X 1971 г. Подписано в печать 17/IV 1972 г. Т-09610 Формат 60×90^{1/16}
Печ. л. 11,5 Уч.-изд. л. 11,9 Бумага № 2 Индекс 1-3-1 Заказ 611/3491-11
Тираж 3800 экз. Цена 61 коп.

Издательство «Недра», Москва, К-12, Третьяковский проезд, д. 1/19.
Московская типография № 6 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Москва, Ж-88, Южнопортовая ул., 24



61 коп.

НЕДРА 1972