Л. К. ЭНГЕЛЬ, Б. М. РУДМАН

ВЕНТИЛЯЦИЯ НА ЗАВОДАХ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

МОСКВА «МЕТАЛЛУРГИЯ»
1974

THORNado

УДК 669.2 : 628.83

УДК 669.2 : 628.83

Вентиляция на заводах цветной металлургии. Энгель Л. К., Рудман Б. М., М., «Металлургия», 1974, 200 с.

Рассматривается вентиляция на заводах цветной металлургии по производству свинца, цинка, никеля, олова, алюминия, титана и магния; излагается устройство местной вытяжной вентиляции от источников выделения вредностей; рассматривается устройство общеобменной приточно-вытяжной вентиляции с использованием крышных вентиляторов, кабин чистого воздуха, работа вентиляторов и защита их от износа и коррозии, защита калориферов от замерзания; освещаются вопросы эксплуатации вентиляции и организации службы вентиляции на заводах отрасли, а также вопросы охраны атмосферного воздуха от загрязнений вентиляционными выбросами.

Предназначается для инженерно-технических работников металлургических заводов и проектных организаций. Может быть полезна работникам, занимающимся эксплуатацией вентиляционных установок. Ил. 132. Табл. 4. Список лит.: 25 назв.

Лев Куртович ЭНГЕЛЬ, Борис Михайлович РУДМАН

ВЕНТИЛЯЦИЯ НА ЗАВОДАХ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Редакторы издательства **Г. К. Петрова, Л. М. Цесарская**

Художественый редактор **Д. В. Орлов**

Технический редактор **В. А. Лыкова**

Корректоры **Н. А. Дынина, С. С. Копелевич**

Переплет художника **В. Д. Димитриади**

Сдано в набор 18/X—1973 г. Подписано в печать 6/VI—1974 г. Т-10237
Формат бумаги 60×90¹/₁₆, бумага типографская № 2
Печ. л. 12,50. Уч.-изд. л. 15,07
Тираж 4700 экз. Заказ 626 Изд. № 2628 Цена 89 коп.

Издательство «Металлургия», 119034, Москва, Г-34, 2-й Обыденский пер., 14

Подольская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Подольск, ул. Кирова, 25

© Издательство «Металлургия», 1974

Э $\frac{31015—138}{040(01)—74}$ 166—74

ПРЕДИСЛОВИЕ

Увеличение производства цветных металлов путем интенсификации технологических процессов, замены устаревшего оборудования более совершенным, строительства новых цехов и заводов, а также возросшие требования к санитарно-гигиеническим и метеорологическим условиям внутри цехов и охране атмосферного воздуха от загрязнения вентиляционными газами вызывают необходимость изучения и анализа работы существующих систем вентиляции, а также проектирования на их базе новых, более эффективных вентиляционных установок и устройств для снижения запыленности и загазованности атмосферного воздуха на территории заводов и прилегающих к ним городов и поселков.

В книге использованы данные заводов и научно-исследовательских институтов по обследованию санитарно-гигиенического состояния воздушной среды цехов и внешней атмосферы. Для каждого завода отрасли приведена схема производства с указанием источников выделения вредностей и их агрегатное состояние (пыль, пары или газы).

Процессы извлечения цветных металлов сопровождаются большим выделением пыли и газов, содержащих в себе ряд токсичных компонентов, загрязняющих воздушную среду цехов и окружающую атмосферу. Поэтому необходим особый подход к решению основных принципов вентиляции, применение которых повысит эффективность мероприятий по охране природы и атмосферного воздуха. Эти принципы следующие:

1) устройство аспирации и газоотсоса всех без исключения источников выделения вредностей значительно повысит эффективность местной вытяжной вентиляции;

2) создание аэродинамического равновесия или некоторого избыточного давления в помещении цехов за счет механической приточной вентиляции даст возможность поддерживать в них нормативный микроклимат;

3) применение рециркуляции в емких аспирационных укрытиях частично очищенным воздухом снизит объем общеобменной вентиляции и вынос пыли на очистные устройства, что облегчит эксплуатацию установок;

4) увеличение объемов воздуха, отсасываемого из помещения цехов, вследствие подсосов его технологическим оборудованием при интенсификации металлургических процессов и более эффективной работы местной вытяжной вентиляции вызовет увеличение объема приточного воздуха, подача которого в замкнутые помещения цехов затруднена без нарушения санитарных норм подвижности его. Авторы считают целесообразным разделить приточную вентиляцию на две группы:

а) приточная вентиляция первой группы для создания аэродинамического равновесия в цехах (для компенсации отсасываемо-

го воздуха). Воздух этой системы подается в нерабочую зону без тонкой очистки и в некоторых случаях без подогрева или с частичным подогревом с использованием избыточного тепла цеха;

б) приточная вентиляция второй группы санитарно-гигиенического значения по объему значительно меньше первой. Воздух этой системы подвергается полной обработке с автоматическим регулированием;

5) совмещение общеобменной вытяжной вентиляции с аварийной вентиляцией, если это целесообразно по техническим и экономическим соображениям;

6) ликвидация аэрационных фонарей с применением крышных реверсивных или центробежных вентиляторов.

Большую роль в развитии промышленной вентиляции играет дальнейшее усовершенствование методов технологических процессов, что ведет к значительному улучшению санитарно-гигиенических условий труда. В некоторых случаях будет возможно все процессы получения цветных металлов сосредоточить в одном здании, герметически закрытом, с устройством встроенных местных отсосов пыли и газа, с кондиционированием воздуха. Одновременно будет быстро развиваться и совершенствоваться промышленная вентиляция как одно из главных мероприятий по оздоровлению микроклимата в цехах.

В настоящее время имеется значительный теоретический и экспериментальный материал, который может быть использован при проектировании вентиляции заводов отрасли. Накоплены данные по санитарно-гигиеническим и метеорологическим исследованиям микроклимата в цехах и по изучению факторов санитарного загрязнения окружающей атмосферы. Имеется опыт наладки и эксплуатации вентиляции на заводах.

Вентиляция помещений цехов по схеме «сверху — вниз» решается в настоящее время положительно. Имеются некоторые конструктивные и опытные данные, которые подтверждают перспективность такой схемы. Для дальнейшего развития вентиляции необходимо выпускать крышные осевые вентиляторы большой производительности.

Достижение нормальных условий труда в помещении цехов возможно лишь при устройстве технологии и вентиляции по проектам, отвечающим всем требованиям современной техники, строительства промышленных зданий и вентиляции. Нередко встречаются проекты, в которых не учитываются вопросы строительной аэродинамики зданий, не учитывается движение воздуха внутри цеха, возникающее от повышенного давления со стороны действия ветра, теплых и холодных потоков воздуха и др.

Эффективная работа вентиляции зависит еще и от комплексного выполнения всех вентиляционных установок, предусмотренных проектом. Имеется в виду осуществление местной вытяжной вентиляции от источников выделения вредностей, устройство общеобменной приточной и вытяжной вентиляции цеха.

Постоянный контроль за действием систем вентиляции и за санитарным состоянием воздушной среды в цехах и окружающей атмосфере безусловно обеспечит необходимую эффективность вентиляции.

Заводы цветной металлургии обычно работают в комплексе с предприятиями, обслуживающими их. Так, в комплекс заводов входят ТЭЦ и электростанции, литейные, сварочные, механические, сернокислотные цехи и цехи пыле- и газоочистки, лаборатории, бытовые помещения, столовые, административные здания. Вентиляция перечисленных цехов и помещений решается на основании существующих литературных источников и по соответствующим техническим нормам и указаниям.

Для более быстрого внедрения в жизнь решений и мероприятий по оздоровлению условий труда на предприятиях отрасли осуществляется государственный надзор и контроль Советами депутатов трудящихся, министерствами и ведомствами, Комитетом по надзору за безопасным ведением работ, инспекцией по энергетическому надзору, органами санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения СССР и другими организациями.

Конкретная помощь в выполнении государственных мероприятий осуществляется созданными постоянно действующими комиссиями по охране атмосферного воздуха и водных бассейнов от загрязнений промышленными выбросами. Организация Министерством цветной металлургии СССР специального треста «Энергоцветметгазоочистка» будет содействовать быстрому и квалифицированному внедрению мероприятий по газоочистке и вентиляции на предприятиях цветной металлургии страны.

Авторы книги выражают благодарность работникам ВНИИцветмета, Усть-Каменогорского свинцово-цинкового и титано-магниевого комбинатов, свинцового и цинкового заводов Лениногорского полиметаллического комбината, Балхашского и Иртышского медеплавильного и Новосибирского оловянного заводов, Павлодарского алюминиевого завода, а также работникам Казгипроцветмета, Гипроникеля и Восточно-Казахстанской Санэпидемстанции, содействовавшим подготовке материалов рукописи.

Глава 1
ВЕНТИЛЯЦИЯ НА СВИНЦОВЫХ ЗАВОДАХ

Главным мероприятием по уменьшению влияния пыли и газов на здоровье работающих является охрана чистоты воздуха в цехах и окружающей атмосфере. Осуществляется это в результате максимальной герметизации технологических процессов и за счет эффективно действующей вентиляции помещений цехов с очисткой вентиляционных газов. В этой главе описаны разработки принципов вентиляции, усовершенствование конструкций и устройство местной вытяжной и общеобменной приточно-вытяжной вентиляции на свинцовых заводах.

На рис. 1 приведена аппаратурная схема технологического процесса получения свинца из концентратов пирометаллургическим способом.

Разгрузка вагонов на складах концентратов и флюсов *1*, а также загрузка этих материалов грейферным краном в бункера *2* сопровождается значительным выделением мелкодисперсной пыли.

Крупные куски флюсов и руды подвергаются крупному дроблению в щековых дробилках, мелкому и среднему в замкнутом цикле с грохочением. Дробленые материалы и концентраты через бункера *2* дробильного отделения системой ленточных конвейеров подаются в цех подготовки шихты.

Основным материалом обжига и плавки служит шихта, представляющая собой смесь рудных материалов (концентратов) с флюсами и оборотными продуктами. Все продукты шихтовки *3* поступают по транспортеру, установленному на высоте 6—7 м от пола; шихта шихтопогрузочной машиной подается на агломерацию и обжиг.

Во время шихтовки концентратов и флюсов с добавлением оборотного материала в воздух цеха выделяется пыль, содержащая значительное количество свинца.

Шихта с помощью маятникового и барабанного питателей поступает на ленты машины 4. Далее слой шихты выравнивается и поджигается в горне. Выжигание серы и спекание шихты на ленте агломерационной машины происходит за счет просасывания через слой шихты воздуха, забираемого из помещения цеха. Обжиговые газы содержат 1—1,5% сернистого ангидрида; для получения газа, более богатого сернистым ангидридом (3—4%), агломерационные машины переводятся на работу с дутьем. При этом появляется опасность выбивания газа из-под укрытия. Кроме газа, в цех поступает большое количество избыточного тепла от нагретой поверхности укрытия машины.

Разгрузочная часть машины *5* оборудуется наклонным колосниковым грохотом. При падении с ленты агломерат разбивается, мелочь просыпается в бункер, а крупные куски дробятся кулачковой дробилкой и поступают в бункер годного агломерата. Процесс разгрузки сопровождается выделением большого количества пыли и сернистого газа в окружающую атмосферу.

Оборотный агломерат поступает на тарельчатый питатель *6*, где охлаждается водой. Охлаждение оборотного агломерата водой сопровождается выделением большого количества пара, загрязненного пылью и газами. Оборотный агломерат перед загрузкой его в бункера подвергается дроблению на четырехвалковой дробилке *7*. Здесь выделяется особенно много пара, так как дробленый агломерат выделяет дополнительное тепло при его измельчении.

Большое пылеобразование наблюдается в помещении обратного хода ленты агломерационной машины за счет падения агломерата, прилипшего к ленте.

Годный агломерат из бункера *8* загружается в ковш скипового подъемника или в вагонетки и подается в бункера колошниковой площадки плавильного цеха *9*.

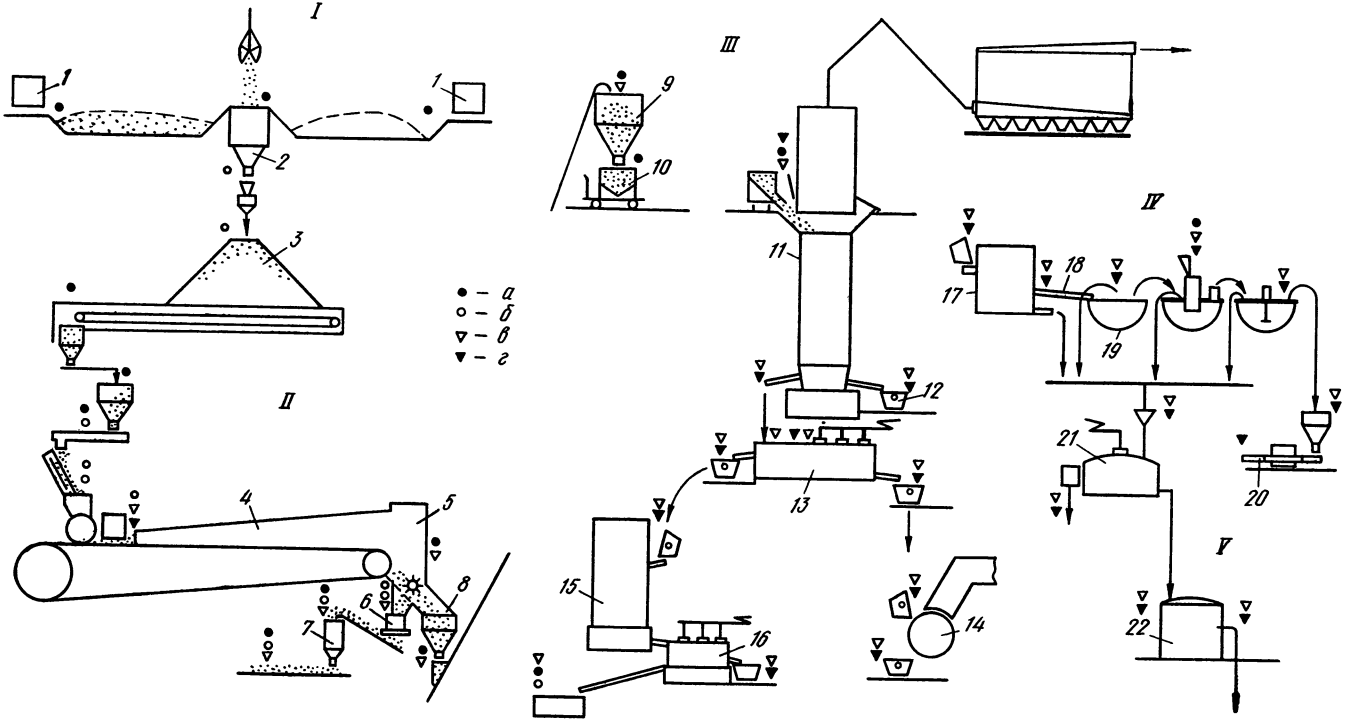


Рис. 1. Схема производства свинца с указанием источников выделения вредностей. Отделения:
I — шихтовочное; *II* — агломерационное; *III* — плавильное; *IV* — рафинирования; *V* — купеляционное; *а* — пыль; *б* — пар; *в* — газ; *г* — лучистое тепло

Разгрузка скипа в бункера также сопровождается большим пылеобразованием. К шахтным печам *11* агломерат и кокс, как правило, подаются в бункерных вагонетках-весах *10*.

Продукты плавки из шахтной печи выпускаются через летки по желобам в чугунные ковши *12* и в обогреваемый отстойник *13*. В эти ковши непрерывно или периодически сливается черновой свинец, который транспортируется в рафинировочные цехи с помощью тельферов или электрокар. Из отстойника раздельно сливается шлак и штейн. При сливе продуктов плавки образуется большое количество газов, содержащих возгоны свинца и другие элементы. Кроме того, на горновой площадке шахтной печи выделяется много лучистого тепла, а при грануляции шлаков— водяной пар.

Из отстойника *13* штейн, содержащий большое количество меди, направляют на конвертирование *14*, где получают черновую медь. Конвертирование сопровождается значительным выделением газов, которые содержат сернистый ангидрид.

Переработку шлаков производят продувкой их смесью воздуха с угольной пылью. Шлаки из обогреваемого отстойника ковшом, при помощи мостового крана, подаются в шлаковозгоночную печь *15*. Туда же подается пылеугольная смесь с воздухом. Угольная пыль приготовляется на складе угля.

Из шлаковозгоночной печи продукты плавки сливаются в электрообогреваемый отстойник *16*, где они разделяются на штейн и шлаки. Здесь, как и на горновой площадке шахтной печи, выделяются возгоны металлов и большое количество лучистого тепла от расплавленных материалов, вытекающих из печи и отстойника по открытым желобам. Штейн возвращается в процесс. Шлаки гранулируются и сливаются в зумпфы. На большинстве заводов грануляция шлаков производится в открытых желобах, бассейнах и на специальных машинах. Процесс грануляции происходит с большим выделением пара, загрязненного шлаковой пылью.

Черновой свинец подают на обезмеживание в печи *17* в ковшах. Слив обезмеженного свинца производится из печи по охлаждаемому желобу *18* в наборные котлы *19* цеха рафинации свинца.

Весь технологический процесс рафинирования свинца происходит в открытых котлах с установкой на них специального съемного оборудования. В связи с этим в воздух помещения выделяется значительное количество токсичных элементов, входящих в состав чернового свинца. При рафинировании свинца применяют материалы, также выделяющие газы и пары. Одновременно с газами, поступает значительное количество избыточного тепла с горячих поверхностей оборудования.

Разливка рафинированного свинца на большинстве заводов производится на карусельных разливочных машинах *20*.

Плавка шликеров производится в отражательных печах *21*. В последнее время получил некоторое распространение способ переработки шликеров в короткобарабанных вращающихся печах. В качестве реагентов и флюсов при плавке шликеров применяют кремнезем, соду, каустик, сульфат натрия, кокс и другие материалы. Выделение вредностей происходит при загрузке печи и при сливе продуктов плавки.

Серебристый свинец подвергается купеляции — окислению свинца до глета в небольших отражательных печах *22* при температуре 1200°С с энергичной подачей воздуха. Во время загрузки печи и при выкатывании купели происходит выделение газов в помещение цеха.

Сырьем для выплавки свинца служат концентраты, полученные путем флотации и обогащения полиметаллических руд, и промышленные отходы.

Источниками пыления являются разгрузка, перегрузка и транспортирование сухих концентратов, извести, кокса, угля и других материалов, поступающих на склады. Дробление, грохочение и пересыпки этих материалов в пределах складов также сопровождаются большим выделением пыли. Свинец в концентратах, а сле-

довательно и в пыли находится в виде окислов и сернистого свинца, которые обладают большой токсичностью.

Для уменьшения запыленности воздуха в складах и окружающей атмосферы необходимо улучшить технологию разгрузки и перегрузки концентратов. Наиболее эффективна в настоящее время транспортировка концентратов в контейнерах. На складе контейнеры из вагонов выгружаются при помощи мостовых кранов; в зимних условиях они устанавливаются на подогреваемую площадку для оттаивания, а в летнее время — выгружаются в соответствующие отсеки.

Подавление пыли, выделяющейся при выгрузке контейнеров, возможно путем ее увлажнения водой через разбрызгивающие форсунки и при помощи гидрообеспыливающих установок. Улавливание этой пыли аспирационными установками в настоящее время не производится. Однако путем создания интенсивных вертикальных токов воздуха сверху вниз с отсосом его механической системой вентиляции в нижней зоне можно ускорить оседание пыли в отсеках. При этом необходимо учитывать, что скорость воздуха должна быть небольшой, чтобы избежать взмучивания мелких частиц концентратов.

Устройство воздушного отопления, совмещенного с приточной вентиляцией, на складе концентратов обеспечит создание токов воздуха сверху вниз с равномерной температурой по всему помещению склада.

На рис. 2 показан поперечный разрез склада концентрата с направлением воздушных токов, которые обеспечиваются подачей приточного теплого воздуха сверху вниз через плоские перфорированные каналы и отсосом запыленного воздуха на уровне верхней кромки стенки отсеков. Возможны и другие решения такой вентиляции (см. рис. 30) Устройство такой вентиляции, совмещенной с воздушным отоплением, создает нормальные условия работы для крановщиков и допускает устройство открытых кабин. На уровне верхней кромки стенок отсеков склада во избежание разноса пыли скорость воздушного потока должна быть не более 1 м/с.

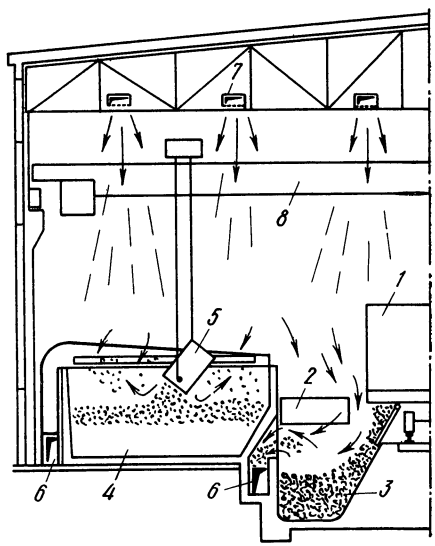


Рис. 2. Вентиляция склада концентратов: *1* — вагон; *2* — съемный щит; *3* — зумпф-бункер; *4* — отсеки склада; *5* — контейнер; *6* — вытяжной канал; *7* — приточный канал; *8* — мостовой кран

Для определения воздухообмена и создания направленных потоков воздуха в помещении склада задаются необходимой шириной зоны со скоростью 0,7 м/с (не более 1 м/с); эту ширину мож-

но принять немного меньше ширины отсека склада. Для уменьшения расхода воздуха предлагается приточные и вытяжные системы по длине здания разделить так, чтобы они включались в работу в том месте, где в данный момент производится разгрузка и заполнение отсеков. Поэтому длина перфорированных воздуховодов принимается равной 20 м. Увеличение длины канала вызывает затруднение в регулировке равномерной раздачи воздуха. В расчете коэффициент живого сечения перфорированной панели канала принимается равным 0,1 ($K_{ж.с}=0{,}1$), ширина панели 0.5 м ($b=0.5$ м), размер отверстий 25 мм.

При этих условиях и при минимально возможной высоте подвески приточных каналов, равной 6 м, скорость истечения воздуха из отверстий перфорированной панели $v_{от}$ определяется по графику, предложенному М. И. Гримитлиным, и по следующей формуле:

$$v_{от} = \frac{v_{ср}}{0{,}48\sqrt{K_{ж.с}}},$$

где $v_{ср}$ — средняя скорость воздуха в рабочей зоне.

При отношении высоты подвески канала к его ширине равной 12 (6:0,5), принятой средней скорости на уровне кромки отсека и коэффициенте живого сечения скорость истечения воздуха из перфорированной панели будет равна:

$$v_{от} = \frac{0{,}7}{0{,}48 \cdot 0{,}31} = 4{,}6 \text{ м/с}.$$

Расход воздуха для одной системы составит

$$L = 20 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}1 \cdot 4{,}6 \cdot 3600 = 16500 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Количество отсасываемого воздуха необходимо принимать больше приточного для создания небольшого разрежения в помещении склада, что препятствует выбросу пыли в атмосферу через оконные и другие проемы в стенах здания.

Расход аспирационного воздуха при выгрузке в бункер концентратов из закрытых вагонов и из вагонов с открывающимся полом определяется по площади щели и скорости воздуха в этой щели. Скорость воздуха в щели можно принять, равной не более 2 м/с. Такую скорость рекомендует при выгрузке из вагонов извести С. И. Луговской.

На рис. 3 показана схема аспирации бункера при выгрузке концентратов из вагона с открывающимся полом. После установки над бункером вагона к нему наваливают щиты *2*, состоящие по длине из отдельных секций. Управление этими щитами может быть механизировано. Затем включается вентилятор и открываются люки вагона. Для более быстрой и чистой выгрузки концентрата из вагона можно рекомендовать установку вибраторов. Отсос запыленного воздуха производится из верхней части бункера, которую

необходимо увеличить по сравнению с расчетной по загрузке, для уменьшения скорости витания пыли в нем. Рекомендуется установка отбойных экранов перед всасывающим отверстием. При выгрузке сухих свинцовых концентратов очистку аспирационного воздуха следует производить в две ступени. Первая ступень — групповые циклоны, вторая — рукавные фильтры. При влажных концентратах очистку воздуха следует производить в скрубберах ударного действия.

Загрузка складских бункеров концентратом, выдаваемым на переработку, сопровождается выделением большого количества пыли (рис. 4). Это пыление обусловлено эжекцией воздуха струей

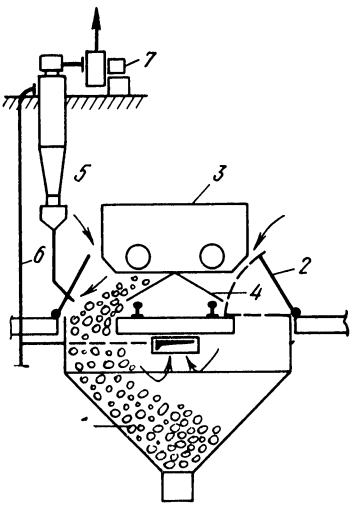


Рис. 3. Схема аспирации бункера при разгрузке из вагонов с открывающимся полом: *1* — бункер; *2* — откидные щиты; *3* — вагон; *4* — открывающийся пол вагона; *5* — пылеулавливающие установки; *6* — воздуховоды; *7* — вентилятор

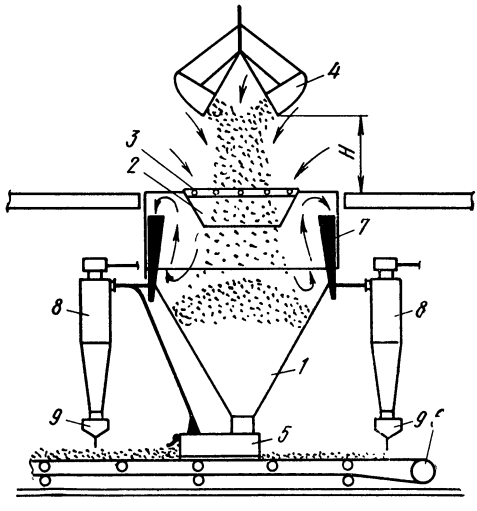


Рис. 4. Схема аспирации бункера при загрузке его грейферным ковшом

падающего материала после раскрытия грейферного ковша *4*. Для уменьшения пылевыделения предлагается соблюдать минимально возможную высоту падения материала из ковша и устраивать аспирацию бункера. Бункер *1* перекрывается воронкообразной крышей *2*, обеспечивающей хорошую загрузку бункера и препятствующей выносу пыли после окончания загрузки. Загрузочное отверстие бункера может перекрываться решеткой *3*, если это необходимо по технологическим соображениям. Из бункера концентрат поступает на транспортер *6*. Место падения материала укрывается аспирационным кожухом *5*. Запыленный воздух из бункера отсасывается вентилятором через вертикальные воздуховоды *7*, подключенные к циклонам *8, 9*. Вертикальное положение воздуховодов уменьшает возможность засорения их пылью. Объем воздуха, отсасываемого

аспирационной установкой, определяется количеством материала, загружаемого единовременно, и высотой его сбрасывания.

Приведенные в литературе теоретические расчеты определения количества воздуха, эжектируемого струей падающего материала, пригодны для случая движения материала в пространстве, ограниченном полностью или частично. Очевидно, при свободном падении материала, как это имеет место в случае загрузки бункера грейферным ковшом, эжектируется другое количество воздуха.

Для приближенных расчетов объема воздуха, отсасываемого аспирационной системой бункера, можно воспользоваться формулой динамических напоров для определения скорости воздушно-материального потока в сечении воронки бункера, в зависимости от высоты падения материала H:

$$v_к = \sqrt{2gH} \text{ м/с.}$$

Зная эту скорость и количество загружаемого материала $W_м$ м³/ч, можно определить объем отсасываемого воздуха по формуле

$$L = 0{,}12\, W_м v_к^2 + W_м + 3600 \cdot v \cdot F \text{ м³/ч,}$$

где v — скорость всасывания воздуха через неплотности бункера, принимаемая для свинцовых заводов не менее 1 м/с;

F — сечение неплотностей и проемов, м².

Кроме складов концентратов, на свинцовых заводах имеются склады флюсов, кокса и угля. Известь, железная руда, кварц и сода, являющиеся флюсами, подвергаются дроблению. В последнее время в качестве готовых флюсов применяют пиритный огарок FeO и обожженную известь CaO. На большинстве заводов флюсы после дробления измельчают до величины, соответствующей размерам частиц концентрата.

Дробление, транспортировка и грохочение концентратов и флюсов, как правило, сопровождаются образованием токсичной пыли, особенно если флюсы содержат значительное количество свободной окиси кремния.

При проектировании аспирационных устройств для дробильных отделений свинцового завода необходимо решить целый комплекс вопросов: правильное определение объема аспирации, выбор оборудования, обеспечивающего извлечение необходимых объемов воздуха и его очистку перед выбросом в атмосферу, а также проведение мероприятий, направленных на оздоровление условий труда в этих отделениях.

Известно, что применение гидро- и пневмогидрообеспыливания значительно повышает эффект борьбы с пылью. Во всех случаях, когда это допустимо технологией, следует сочетать аспирацию с гидро- или пневмогидрообеспыливанием.

Нормализация условий труда в дробильных отделениях заводов зависит от правильного решения следующих вопросов: изыскания систем и способов обеспыливания, конструктивного оформле-

ния отдельных элементов устройств обеспыливания; определения объемов воздуха (аспирационного); устройства приточной вентиляции. Кроме того, улучшению санитарно-гигиенических условий труда в этих отделениях в значительной степени содействуют мероприятия технологического порядка: уменьшение количества мест пересыпок транспортируемого материала и высоты падения его с ленты на ленту, сокращение стадий дробления, уменьшение угла наклона течек и др. Все перечисленные мероприятия могут способствовать уменьшению первичного пылеобразования, т. е. пылеобразования, которое возникает в результате транспортировки и механической переработки материала.

Помимо первичного образования пыли, во всех отделениях дробления происходит вторичное пылеобразование, которое во многих случаях составляет 40% от общей запыленности воздуха отделения. Вторичное пылеобразование происходит вследствие вибрации механизмов, строительных конструкций, возникновения воздушных потоков при движении конвейера, шкивов, дробилок и т. п. Кроме того, вторичное пылеобразование увеличивается от движения людей по перекрытиям, на которых иногда пыль лежит толстым слоем.

Дробильные отделения на заводах отрасли оборудуются в основном щековыми, конусными и валковыми дробилками. Для дробления оборотного материала (агломерата) применяют четырехвалковые дробилки.

На рис. 5,*а* показана схема аспирации щековой дробилки, состоящая из верхнего укрытия с отбойным щитком для смягчения ударов камня о кожух. Некоторые специалисты считают, что отсос воздуха сверху дробилок нерационален, так как воздух вместе с материалом проходит дробилку и выделяется из дробленого материала при его падении на транспортер. Однако, по мнению авторов, материал перед входом в горловину дробилки теряет скорость падения и эжектируемый воздух отделяется от материала. Кроме того, отделение пылевой фракции способствует снижению дальнейшего пыления. Объем эжектируемого воздуха определяется конечной скоростью падения материала при входе в горловину дробилки и количеством материала $W_м$, поступающего в нее, по формуле

$$L_э = (0{,}2 \div 0{,}25)\, W_м v_к^2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Конечная скорость падения материала определяется из следующего выражения:

$$v_к = \sqrt{19{,}62 H (1 - 1{,}2 f \operatorname{ctg} \alpha + v_н K_т^2}} \text{ м/с},$$

где H — высота падения материала от места подачи до укрытия, м;

f — коэффициент трения материала о поверхность течки (находится в пределах 0,50—0,60 для свинцового концентрата, известняка, кокса и других материалов свинцового производства);

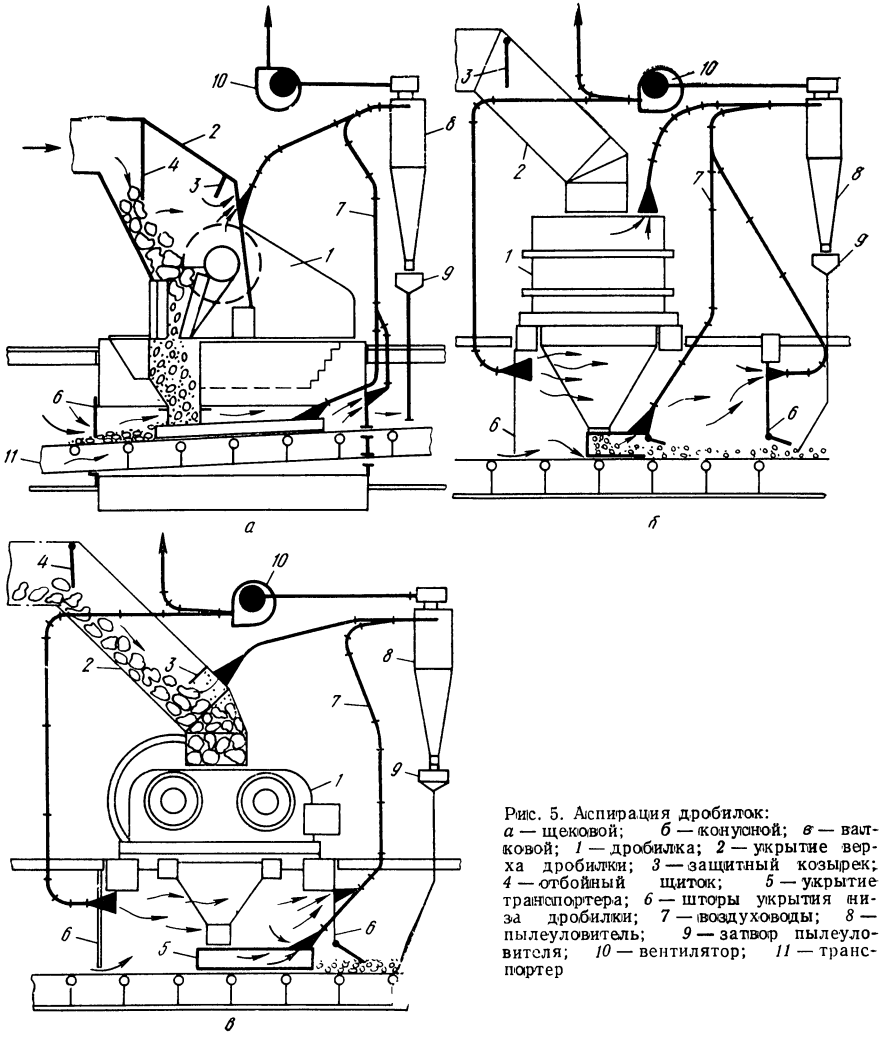


Рис. 5. Аспирация дробилок:
а — щековой; *б* — конусной; *в* — валковой; *1* — дробилка; *2* — укрытие верха дробилки; *3* — защитный козырек; *4* — отбойный щиток; *5* — укрытие транспортера; *6* — шторы укрытия низа дробилки; *7* — воздуховоды; *8* — пылеуловитель; *9* — затвор пылеуловителя; *10* — вентилятор; *11* — транспортер

α — угол наклона загрузочной течки к горизонтали, град.;

$K_т$ — коэффициент, учитывающий уменьшение скорости при изменении направления движения материала;

$v_н$ — начальная скорость движения материала в загрузочной течке, м/с.

Объем воздуха, подсасываемого через неплотности укрытия загрузочной части щековой дробилки, определяется по следующей формуле:

$$L_н = 4500\,(a + b)\ \text{м}^3/\text{ч},$$

где a и b — размеры зева дробилки.

Общее количество воздуха $L_а$, аспирируемого из верхней части дробилки, определяется по формуле

$$L_а = L_э + L_н.$$

Количество воздуха, отсасываемого из нижней части укрытия дробилки, определяется из условия создания в нем разрежения в пределах 1,5—2,5 Н/м² (0,15—0,25 кгс/м²). В общее количество отсасываемого от дробилки воздуха входит воздух, отсасываемый из кожуха течки, из башмака течки дробленого материала, и воздух, извлекаемый из помещения под дробилкой.

Первичная очистка от пыли аспирационного воздуха, отсасываемого от щековой дробилки, осуществляется установкой групповых циклонов типа НИИОгаз с индивидуальным вентилятором. Выброс этого воздуха следует осуществлять в общий коллектор с последующей очисткой вентиляционного воздуха в рукавных фильтрах или электрофильтрах. Такая схема рекомендуется для всех аспирационных установок заводов отрасли.

На рис. 5, *б* показана схема аспирации запыленного воздуха конусной дробилки, состоящей из отсоса в верхней части дробилки и обеспыливания нижней части укрытия *6* и *7*. В схеме аспирации допущена рециркуляция частично очищенного воздуха в укрытие под дробилкой. Такая схема позволит не только уменьшить подачу приточного воздуха, но и значительно сократить выбросы в атмосферу загрязненного воздуха. Подача воздуха непосредственно в укрытие снижает в нем также концентрацию вредностей (газа и пыли), не увеличивая при этом кратности воздухообмена. Это особенно важно в отделении дробления, так как в нем имеется большое количество местных отсосов.

Материал в дробилку поступает по течке и в дробленом виде выгружается снизу через бункер на транспортер. Нижняя часть дробилки огорожена перегородками. Место выгрузки из бункера дробленого материала укрыто аспирационным устройством типа СИОТ. Объем отсасываемого воздуха от конусной дробилки, равен:

$$L_а = L_э + L_н \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$L_н = 250\, D\, v_к \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$L_э = (0{,}2 \div 0{,}25)\, W_м v_к^2 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $L_э$ — объем воздуха, вносимого в укрытие поступающим материалом;

$L_н$ — объем воздуха, просасываемого через неплотности и проемы укрытия;

$W_м$ — количество материала, загружаемого через течку, м³/ч;

$v_к$ — конечная скорость движения материала (при входе в укрытие), м/с;

D — диаметр дробилки, м.

При работе валковых дробилок среднего и мелкого дробления в помещение цеха выделяется большое количество пыли. На рис.

5, *в* показана схема аспирации валковой дробилки. Отсос запыленного воздуха производится из нижней части загрузочной течки, из башмака течки бункера дробилки и из укрытия места выгрузки дробленого материала на транспортер. В пространство под дробилкой подается рециркуляционный воздух. Очистка извлекаемого воздуха производится в групповых циклонах и рукавных фильтрах или электрофильтрах. В том случае, когда вторичной ступени фильтрации воздуха нет, то очистку его следует вести в рукавных фильтрах с выбросом в атмосферу через высокие вентиляционные трубы.

Для обеспыливания грохотов (рис. 6) рекомендуется устройство с укрытием сита и бункерного помещения под ним. Для уменьшения отсоса пыли из укрытия предусматривается устройство глухого зонта над ситом. Под этот зонт течкой подается материал на грохочение. Крупная пыль, взмученная во время падения

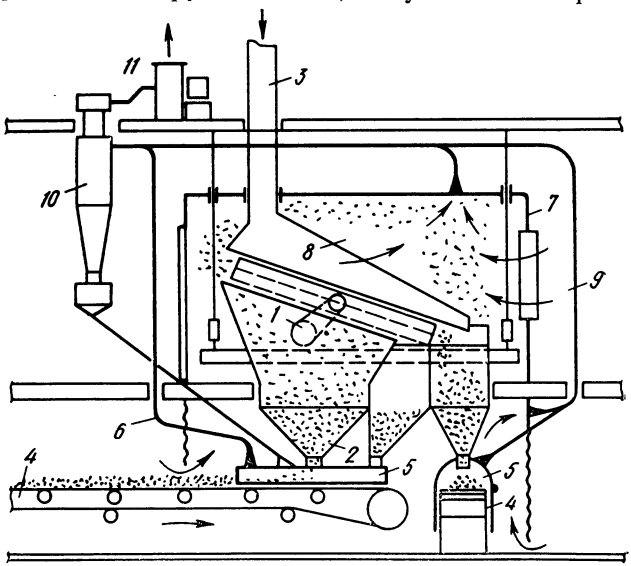


Рис. 6. Схема аспирации вибрационного грохота:
1 — грохот; *2* — бункер; *3* — течка; *4* — транспортеры; *5* — укрытия транспортеров; *6* — укрытие подбункерного помещения; *7* — укрытие грохота; *8* — глухой зонт; *9* — воздуховод; *10* — пылеулавливающее устройство; *11* — вентилятор

материала на сито, оседает под зонтом и возвращается в производство. В этом случае аспирационной установкой отсасывается меньшее количество пыли. Предусматривается отсос пыли из укрытия в местах выгрузки материала из бункера грохота на транспортер, а также из емкого укрытия нижней части грохота. Здесь может быть осуществлена частичная рециркуляция.

При обычной схеме среднего и мелкого дробления, когда материал поступает на среднее дробление в щековую или конусную дробилку, на грохочение и затем на мелкое дробление в конусную или валковую дробилку с выгрузкой на транспортеры, общее коли-

чество воздуха, отсасываемое местной вытяжной вентиляцией, может быть принято 94 м³ на 1 т дробленого материала в час. С учетом первой стадии дробления количество воздуха увеличивается до 110—120 м³.

Приточный воздух следует подавать в верхнюю зону помещений дробильных отделений. Распределение воздуха лучше всего осуществлять через перфорированные воздуховоды, расположенные под потолком или по фермам и направленные для выпуска воздуха вниз.

В настоящее время для составления шихты применяют два способа: бункерный — дозирование компонентов на сборную ленту транспортера — и штабельный — послойное расположение компонентов в штабелях в шихтовочном отделении. При соблюдении технологических условий оба способа дают однородную шихту хорошего качества. По первому способу шихтовки компоненты шихты ленточными транспортерами со сбрасывающими тележками или ножами загружаются каждый в свой бункер. При загрузке бункеров в помещение цеха выделяется пыль, содержащая свинец, окиси кремния и др. Для уменьшения запыленности воздуха в надбункерной галерее должна быть выполнена аспирация бункеров и транспортеров. На рис. 7 приведена одна из возможных схем аспирации бункера при загрузке влажных и сухих материалов. При сухой пыли первичную очистку воздуха следует производить в групповых циклонах, а вторичную — в рукавных фильтрах или в электрофильтрах; при влажной пыли первичную очистку воздуха необходимо производить в скрубберах, вторичную — в мокрых электрофильтрах или в пенных аппаратах. Основной отсос воздуха следует осуществлять из верхней части бункера с устройством отбойного экрана для уменьшения выноса пыли.

Скорость всасывания следует принимать в пределах 1—1,5 м/с, что снизит количество пыли в отсасываемом воздухе. Все воздуховоды аспирационной системы до пылеуловителей необходимо прокладывать вертикально или под большим углом к горизонтали. Это в значительной степени уменьшит засорение их пылью и облегчит очистку. Для уменьшения количества отсасываемого воздуха каждая аспирационная установка должна иметь свой вентилятор, сблокированный с технологическим оборудованием. При загрузке бункера вентилятор включается, при окончании — отключается. Выброс воздуха после предварительной очистки желательно производить в общий коллектор с последующей доочисткой. Выброс в атмосферу может производиться только в период отсутствия загрузки бункеров. В остальное время этот воздуховод автоматически закрывается и включается вентилятор.

При загрузке бункеров влажным и горячим материалом (оборотным агломератом) аспирация бункеров может быть выполнена по схеме, приведенной на рис. 8. Здесь над местами сброса материала в бункер предусматривается устройство емких зонтов, посредством которых пар отводится в атмосферу, если он не загрязнен пылью и газом или отсасывается системой местной вентиляции

через скруббер с последующей доочисткой. Отсос запыленного пара и воздуха производится из бункера с правой стороны. В периоды между загрузками бункеров отсос может осуществляться естественным способом через трубу *5*. В этом случае, как и во всех

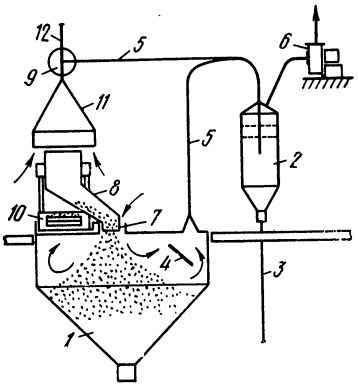


Рис. 7. Схема аспирации бункера шихтовочного отделения:
1 — бункер; *2* — скруббер; *3* — сброс пульпы; *4* — экран; *5* — воздуховоды; *6* — вентилятор; *7* — резиновые клапаны; *8* — течка; *9* — клапан переключения; *10* — транспортер; *11* — зонт

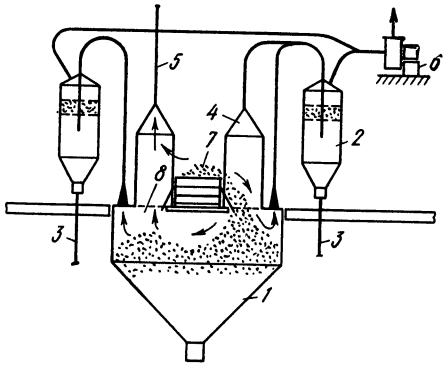


Рис. 8. Схема аспирации бункера для оборотного агломерата:
1 — бункер; *2* — скруббер; *3* — сброс воды; *4* — зонты над решетками; *5* — вентиляционная труба; *6* — вентилятор; *7* — транспортер; *8* — решетка

остальных аспирационных системах, установка имеет свой, индивидуальный вентилятор, сблокированный с разгрузочными ножами.

Общее количество отсасываемого воздуха определяется по количеству загружаемого в бункер материала и созданию в бункере некоторого разрежения 10—15 Н/м^2 (1—1,5 мм вод. ст.). Приточный воздух в надбункерное помещение следует подавать сверху вниз через перфорированные панели или воздуховоды. Количество подаваемого воздуха должно соответствовать объему извлекаемого воздуха или быть немного больше для того, чтобы эффективнее работала вытяжная вентиляция.

Скорость приточного воздуха на уровне головы рабочего должна быть не более 0,5—1 м/с. Такая скорость не будет взмучивать осевшую пыль и вместе с тем ускорит оседание пыли, витающей в воздухе помещения. Температура приточного воздуха в зоне дыхания человека должна быть принята в соответствии с нормами для таких помещений и находиться в пределах 15—18°С. В надбункерном помещении тепловыделение от производственного оборудования незначительно; тепло выделяется лишь от бункера с оборотным агломератом, температура которого в среднем равна 30—40°С. Расчет приточного перфорированного воздуховода следует производить по существующей методике, разработанной ЛИОТом.

Шихтовка производится на ленточном транспортере, на который подаются компоненты шихты из соответствующих бункеров. Для правильной дозировки применяют автоматические дозаторы, тарельчатые питатели, объемные дозаторы и другие. Несмотря на

то что шихта влажная, при сбросе компонентов ее с дозаторов на транспортер и при спуске материала из бункеров образуется значительное количество пыли с выделением ее в воздух помещения цеха.

Для аспирации ленточного дозатора или питателя предусматривается емкое укрытие места выгрузки из бункера, вибрационного или ленточного питателя, ленточного весоизмерителя и места сброса материала на транспортер. Отсос запыленного воздуха производится у места перегрузки материала из бункера на транспортер. Объем отсасываемого воздуха должен обеспечить скорость в щелях и проемах укрытия 1—1,5 м/с.

В практике местной вытяжной вентиляции заводов цветной металлургии применяют различные конструкции укрытий ленточных транспортеров. В основном они предназначены для укрытия ленты при транспортировании горячих и влажных материалов с отсосом газов и паров, загрязненных пылью. Основным недостатком любого укрытия технологического оборудования, в том числе укрытия транспортеров, является ограничение зоны обслуживания, ремонта и уборки просыпаемого материала. При транспортировке сыпучих и пылящих материалов наблюдается просыпание их с ленты на холостую ветвь и на пол.

На рис. 9 приведен схематический чертеж укрытия транспортера с надвижными секциями, разработанного ВНИИцветметом. Это укрытие состоит из надвижных и стационарных элементов. Отсос воздуха производится из укрепленных секторов. Подвижные элементы укрытия перемещаются по рельсам.

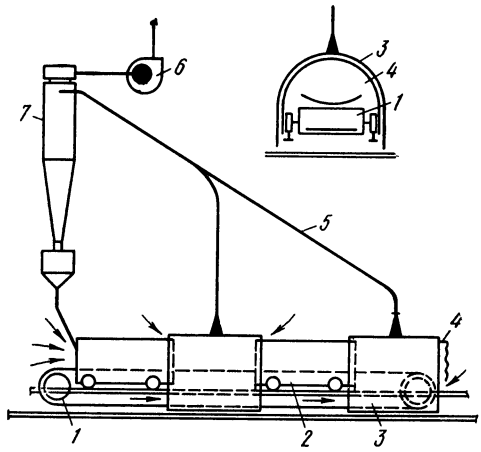


Рис. 9. Схема аспирации транспортера при транспортировании горячих, влажных и газовыделяющих материалов:
1 — транспортер; *2* — подвижные секторы укрытия; *3* — закрепленные секторы; *4* — шторы боковые; *5* — воздуховоды; *6* — вентилятор; *7* — пылеулавливающее устройство

Такое укрытие обеспечивает снижение загрязнения воздуха в цехах и окружающей атмосферы без заметного стеснения обслуживания оборудования.

Скорость в щелях укрытия — в пределах 1,5—2 м/с. Места отсоса должны быть сосредоточены при наклонных транспортерах и горячем транспортируемом материале — в верхней части, при горизонтальных лентах — в стороне сбрасывания материала (по ходу движения), так как наблюдается эжекция воздуха движущимся материалом и лентой. Количество этого воздуха может быть определено в зависимости от ширины ленты B и скорости воздуха в щелях укрытий по следующему выражению:

$L = 400\,B\,(B + 1)\,v$ (м³/(ч·м).

Шихтарный цех, который служит для приготовления шихты в штабеле, состоит из трех отсеков: в одном отсеке ведется составление шихты, в другом — готовую шихту подают на транспортер и в третьем — набранный штабель анализируют и контролируют. Отсек представляет удлиненное помещение с бетонным полом. Вдоль стены с одной стороны в траншее установлен транспортер, а по бокам вдоль каждой стены проложен рельсовый путь для перемещения шихтоусреднительной погрузочной машины. Загрузка отсека производится транспортером со сбрасывающей тележкой, расположенным по длинной оси отсека на высоте 6—7 м от уровня пола. Концентраты, флюсы и другие материалы подаются в шихтарник системой транспортеров и сбрасывающей тележкой и распределяются равномерно по оси отсека, образуя вытянутый в длину штабель.

Скребковыми транспортерами шихтопогрузочной машины шихта подается на траншейный транспортер и далее в бункера агломерационных машин. Шихтопогрузочной машиной управляет один человек, который находится в ее кабине.

Необходимые санитарно-гигиенические условия в отсеках создаются обязательным увлажнением составных частей шихты как перед поступлением их в отсек, так и в самих отсеках. Очевидно, что специальной вентиляции и аспирации в этом отделении не требуется, если выполнены требования технологии. Однако возможно общеобменную вентиляцию совместить с воздушным отоплением. Приточный воздух подается сверху на уровне ферм перекрытия и отсасывается на уровне или немного выше пола. При такой подаче воздуха в помещении цеха будет равномерная температура и воздушные токи, направленные сверху вниз, будут придавливать витающую пыль к штабелю. На рис. 10 показана схема движения воздуха при такой вентиляции.

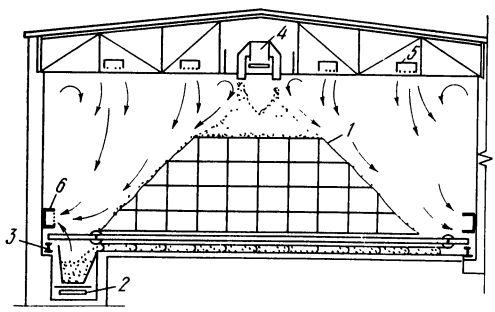


Рис. 10. Схема вентиляции шихтовочного отделения:
1 — машина; *2* — транспортер; *3* — рельсы; *4* — разгрузочная машина; *5* — приточные каналы; *6* — каналы вытяжной вентиляции

Все свинцовые заводы, осуществляющие плавку в шахтных печах (и электропечах), проводят агломерирующий обжиг шихты на ленточных спекательных машинах, работающих с прососом воздуха или с дутьем. Для современной практики агломерирующего обжига характерно применение больших машин с эффективной площадью спекания 50 и 75 м².

Наибольшее распространение имеют агломерационные машины, работающие с прососом воздуха через слой шихты. Машины с

дутьем известны лишь на нескольких отечественных заводах и за рубежом. Преимуществом машин с дутьем является более высокая производительность, более высокое содержание сернистого ангидрида в газах, возможность обжига более богатой по содержанию свинца шихты, а также возможность уменьшения подсосов воздуха из помещений, что улучшает санитарно-гигиенические условия труда в цехах.

В настоящее время все агломерационные машины поставляются заводами с укрытием ленты. Такое укрытие в значительной степени снижает тепловую радиацию, запыленность и загазованность воздуха в отделении машин.

Проведенные в последнее время обследования воздушной среды и метеорологических условий в главных корпусах агломерационных отделений показали, что пока условия труда еще недостаточно удовлетворительны и значительное улучшение и оздоровление их может быть достигнуто только в результате осуществления комплекса технологических и санитарно-технических мероприятий.

Весь процесс агломерации свинцовых концентратов сопровождается выделением пыли, сернистого газа и лучистого тепла. Кроме того, в помещениях цеха создается значительное разрежение за счет отсоса больших количеств воздуха эксгаустерами агломерационных машин. Выделение сернистого ангидрида и окиси углерода наблюдается у зажигательного горна. В этом месте интенсивность тепловой радиации достигает больших значений. Запыленность воздуха на рабочих местах у зажигательного горна обусловлена загрузкой машины шихтой и, в большой степени, подвижностью воздуха в помещении, вызванной теплыми конвективными токами воздуха над машиной и подсосом его к кожуху машины.

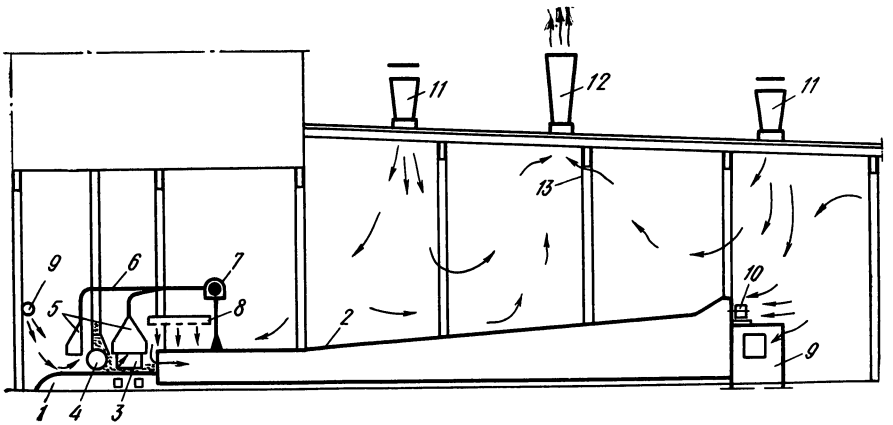


Рис. 11. Схема общеобменной и местной вентиляции помещения спекательных машин при подсосе газов:
1 — лента агломерационной машины; *2* — укрытие машины; *3* — зажигательный горн; *4* — питатель; *5* — зонты вытяжные; *6* — воздуховод; *7* — вентилятор; *8* — приточные насадки; *9* — укрытие разгрузочной части агломерационной машины; *10* — осевые вентиляторы; *11* — крышные реверсивные вентиляторы; *12* — вытяжной крышной вентилятор; *13* — защитный козырек

Концентрация пыли здесь зависит от состояния технологического процесса и оборудования.

Для локализации выделения пыли и газа над зажигательным горном и у места очистки ленты агломерационной машины устанавливают вытяжные зонты. Схема отсоса газов показана на рис. 11. Удаляемые газы через зонт вентилятором направляются под кожух машины.

Количество воздуха, отсасываемого зонтом, расположенным над зажигательным горном, может быть рассчитано по объему воздуха в тепловой струе, поднимающейся над горячими стенками горна:

$$L = 0{,}65 \sqrt[3]{Q_к F^2 h} \text{ м}^3/\text{с},$$

где $Q_к$ — количество конвективного тепла кДж/с (ккал/с);
F — площадь (горизонтальная проекция источника), м²;
h — расстояние от источника до кромки зонта, м.

Теплоотдача конвекцией с нагретой поверхности

$$Q_к = \alpha_к F (t_п - t_о) \text{ Вт (ккал/ч)},$$

где $t_п$ — температура на поверхности горна;
$t_о$ — температура окружающей среды;
$\alpha_к$ — коэффициент теплоотдачи конвекцией, определяется для различных поверхностей;

$$\alpha_к = 3{,}3 \sqrt[4]{t_п - t_о} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град) [ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град)]}$$

для вертикальной поверхности;

$$\alpha_к = 2{,}6 \sqrt[4]{t_п - t_о} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град) [ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град)]}$$

для горизонтальной поверхности.

Объем воздуха, отсасываемый через зонты, для машины площадью 50 м², определенный по вышеприведенным формулам, равен 21500 м³/ч. При хорошо выполненных укрытиях лент агломерационных машин к ним можно подключать воздуховоды от зонтов над горном и над головной частью ленты, что ликвидирует опрокидывание тяги при естественном отсосе и снизит разрежение в цехе за счет использования этого воздуха для покрытия разрежения в машине.

Воздух при работе агломерационных машин с прососом через слой шихты удаляется из помещения цеха. Это обусловливает образование значительного разрежения в помещении отделения спекательных машин и создает неблагоприятные санитарно-гигиенические и метеорологические условия в нем. Улучшения этих условий можно добиться путем подвода наружного или вентиляционного воздуха под укрытие ленты машины. Такой подвод не только ликвидирует разрежение и, следовательно, улучшит условия труда, но и в какой-то степени охладит агломерат на ленте. Необходимое количество воздуха, подаваемое осевыми вентиляторами, определяется производительностью эксгаустеров машины с учетом под-

соса воздуха в зоне зажигательного горна, вакуум-камер и неплотностей газового тракта. Эти подсосы воздуха в практике эксплуатации агломерационных машин составляют примерно 30—40% от общего количества отсасываемых газов. По литературным данным производительность агломерационных эксгаустеров для машин К-2-50 равна 210 тыс. м³/ч при температуре 150°С, а для машины К-1-75—390 тыс. м³/ч. Таким образом, с учетом 40%-ного подсоса, количество воздуха, просасываемого через слой шихты, расположенной на ленте машины, будет равно, соответственно, 126 и 234 тыс. м³/ч. Так как под укрытие ленты наружный воздух подается в летнее время с температурой около 20—25°С (расчетная вентиляционная), то количество подаваемого воздуха после соответствующего пересчета на температуру наружного воздуха будет равно 100 тыс. м³/ч для машины площадью спекания 50 м², 184 тыс. м³/ч для машины площадью спекания 75 м². Давление, создаваемое вентиляторами для подачи указанного количества воздуха, должна быть 150—200 Н/м² (15—20 мм вод. ст.).

Разгрузочный конец агломерационных машин обычно укрывается аспирационным кожухом, из которого осуществляется отсос запыленного газа, содержащего сернистый ангидрид и водяные пары. Аспирация этого узла агломерационной машины сложна, так как внутри кожуха в связи с падением горячего агломерата с паллет на дробилку возникают противоположные токи воздуха. Падающая масса агломерата увлекает за собой воздух и в верхней части образуется разрежение, а в нижней избыточное давление. В связи с этим отсос из укрытия разгрузочного конца агломерационной машины целесообразнее устраивать из верхней и нижней частей после дробления и грохочения. Отсасываемые из укрытия вентиляционные газы содержат большое количество агломерационной пыли различных фракций с преобладанием крупной (более 10 мкм). Запыленность газов обычно выше 1 г/м³.

Схема аспирации разгрузочной части агломерационной машины с охлаждением оборотного агломерата водой в чашевых охладителях представлена на рис. 12. Оборотный агломерат после грохочения поступает в бункер и питателем подается в чашу. Чаша укрыта кожухом, в который форсунками подается вода. Охлаждение целесообразно осуществлять мелкодисперсной струей воды для полного испарения. Для этого в кожухе устанавливают специальные форсунки высокого давления. Оборотный агломерат после охлаждения водой поступает на дробление в четырехвалковую дробилку, аспирация которой приведена на рис. 13.

На некоторых свинцовых заводах агломерационные машины переводятся на работу с дутьем снизу. Все вентиляционные газы, отсасываемые из укрытия разгрузочной части машины, от зажигательного горна, из помещения обратного хода тележек и от укрытий транспортеров в пределах помещения спекательных машин, направляются специальным вентилятором в дутьевые камеры машины. Объем вентиляционных газов, отсасываемых от агломерационной машины площадью спекания 75 м², работающей с дутьем, сос-

тавляет 170—200 тыс·м³/ч при температуре 40—50°С. Это количество воздуха забирается из помещения цеха. Возможен подвод наружного воздуха к укрытию разгрузочной части машины, что на-

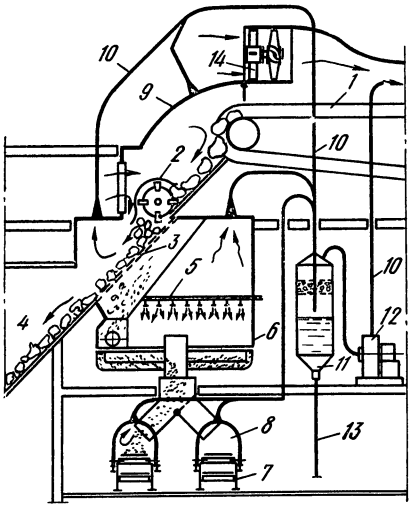


Рис. 12. Схема аспирации разгрузочной части агломерационной машины:
1 — агломерационная машина; *2* — дробилка; *3* — грохот; *4* — бункер готового агломерата; *5* — бункер просыпи; *6* — укрытие чаши; *7* — транспортер; *8* — укрытие транспортера; *9* — укрытие дробилки; *10* — воздуховоды; *11* — скруббер; *12* — вентилятор; *13* — слив пульпы; *14* — осевой вентилятор

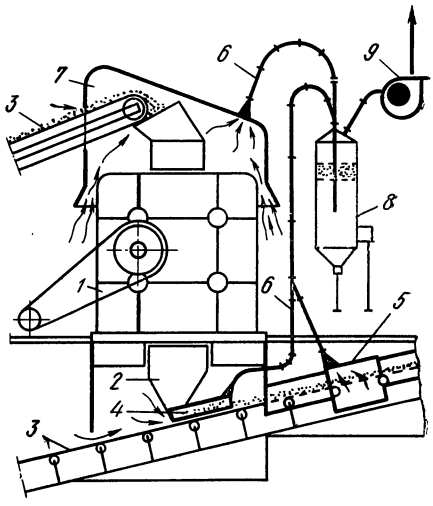


Рис. 13. Схема аспирации четырехвалковой дробилки мокрого оборотного агломерата:
1 — дробилка; *2* — бункер; *3* — транспортеры; *4* — укрытие места выгрузки; *5* — укрытие транспортера; *6* — воздуховоды; *7* — зонт; *8* — скруббер; *9* — вентилятор

половину снизит отсос его из помещения. Можно также применить в данном случае частичную рециркуляцию вентиляционных газов.

Содержание сернистого ангидрида в технологических газах, достигающее 7%, опасно для работающих на эксплуатации машины с дутьем. Выбивание этого газа при нарушении технологического режима, при прорыве прокладок и уплотнений рециркуляционных воздуховодов может значительно повысить концентрацию сернистого газа в помещении цеха.

Во время нормальной работы агломерационной машины с дутьем конвективные токи, образующиеся над горячей поверхностью кожуха, поднимаются под потолок помещения и, охладившись, опускаются к местам засасывания воздуха из помещения в укрытие. К этим местам будет подтекать воздух из других помещений, и главным образом сверху.

Вентиляция в помещении спекательных машин при работе их с прососом воздуха и с дутьем при нормальных условиях будет осуществляться по схеме, приведенной на рис. 14. Нормальными считаются такие условия, при которых не происходит выбивания газа с большим содержанием сернистого ангидрида. На рисунке показана схема токов воздуха внутри помещения цеха. Горячие

конвективные токи воздуха поднимаются вверх под перекрытие цеха. Затем воздух под влиянием разрежения, создаваемого вследствие отсоса из аспирационного укрытия машины, опускается на уровень всасывающих отверстий. Для компенсации аспирационного воздуха предусматривается подача наружного воздуха через реверсивные крышные вентиляторы *9*. Для заводов, расположенных в центральных и северных районах, необходимо предусматривать подогрев приточного воздуха. Этот подогрев может быть осуществлен в паровых калориферах и электрокалориферах, а также в установках, использующих избыточное тепло спекательных машин. Расход тепла определяется с учетом выделений тепла кожухами машин и газоходами. Ориентировочно можно считать, что с 1 м² укрытия машин и газоходов, при температуре 150°С выделяется 2660—3200 Вт/м² [2300—2800 ккал/(ч·м²)] тепла. При точном расчете необходимо составлять тепловой баланс агломерации.

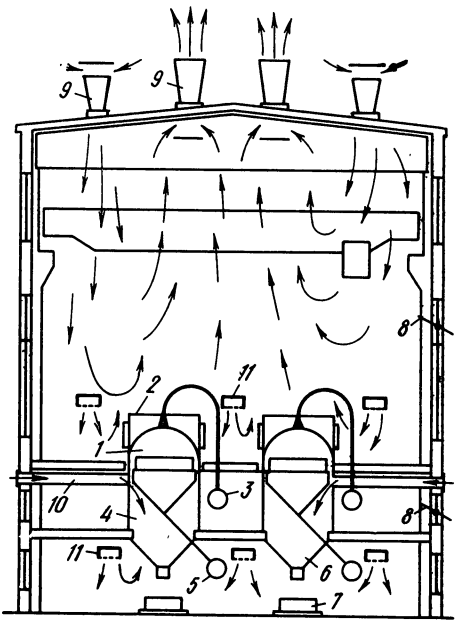


Рис. 14. Схема общеобменной и местной вентиляции в помещении спекательных машин при дутье:
1 — кожух машины; *2* — укрытие разгрузочной части машины; *3* — газоход; *4* — помещение обратного хода паллет; *5* — воздуховод; *6* — бункер; *7* — транспортер для просыпи; *8* — фрамуги; *9* — реверсивные крышные вентиляторы; *10* — подвод наружного воздуха; *11* — подача приточного воздуха

В случае нарушения технологического режима газы, содержащие сернистый ангидрид, проникают в воздух помещения цеха через неплотности в укрытии ленты машины и устремляются под потолок в потоке горячих конвективных струй. В этот момент крышные реверсивные вентиляторы дистанционно или автоматически переключаются на вытяжку. Производительность этих вентиляторов должна обеспечить не менее 8—10-кратного воздухообмена в час для полного удаления загрязненного воздуха из помещения цеха. Во время аварийного удаления газов к обычной механической приточной вентиляции подключается естественная (поступление наружного воздуха через оконные фрамуги, специально открываемые в это время). Открывание этих фрамуг и включение крышных вентиляторов должно производиться одновременно системой автоматической блокировки. Отключение аварийной вентиляции и перевод ее на нормальную работу производится через 6—8 мин после ликвидации аварии

Количество устанавливаемых крышных реверсивных вентиляторов должно быть определено в соответствии с расчетом отсоса аварийного объема воздуха.

Приточная вентиляция состоит из двух систем: одна для компенсации извлекаемого из помещения воздуха, для уменьшения разрежения и для упорядочнения воздушных токов внутри помещения; вторая — для создания на рабочих местах санитарно-гигиенических и метеорологических условий работы. В связи с тем, что большинство аспирационных отсосов производится из нижней зоны помещения, подача приточного воздуха первой системы должна производиться сверху. Для этого могут быть использованы крышные вентиляторы или при необходимости подогрева приточного воздуха вентиляторы, установленные на стенах выше уровня мостового крана. Этот воздух подается без очистки и увлажнения. Воздух второй системы должен быть в зимнее время нагретым, а в летнее охлажденным. Подачу его желательно осуществлять непосредственно в зону дыхания рабочего через перфорированные насадки, обеспечивающие равномерную подачу этого воздуха в небольших количествах.

Шахтная плавка агломерата является самым распространенным способом выплавки свинца. Около 85% мирового производства свинца получается в шахтных печах различных конструкций. Материалы плавки к шахтным печам подаются в тележках, которые в момент загрузки печи опрокидываются с помощью специального устройства или вручную; на некоторых заводах применяются тележки с открывающимися днищами или шиберами. На современных передовых заводах все операции по загрузке печи механизированы и во многих случаях автоматизированы. Это позволяет управлять загрузкой дистанционно с пульта управления. Такое управление осуществлено на некоторых отечественных заводах и на заводах США и Австралии.

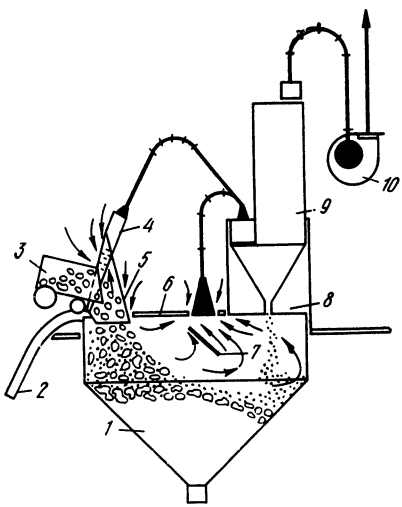


Рис. 15. Схема аспирации бункера для материалов плавки:
1 — бункер; *2* — скип; *3* — скиповая тележка; *4* — бортовой отсос; *5* — укрытие скипа; *6* — люк бункера; *7* — отражательный щиток; *8* — бункер; *9* — рукавный фильтр; *10* — вентилятор

В связи с разнообразием транспортирования шихты из агломерационного цеха и загрузки материалов плавки шахтной печи необходима разработка аспирационных устройств для каждого узла перегрузки и транспортировки этих материалов.

Аспирация места разгрузки ковша скипового подъемника в бункер колошниковой площадки осуществляется по схеме, пред-

ставленной на рис. 15. Скип разгружается в укрытии с бортовым отсосом, а из верхней части бункера производится отсос воздуха, поступившего в бункер с материалом. Для одноступенчатой очистки этого воздуха рекомендуется применять рукавные фильтры, как показано на схеме. При двухступенчатой очистке — циклоны и рукавные фильтры.

Объем отсасываемого из бункеров воздуха определяется по ранее приведенной методике:

$$L = 3600F \text{ м}^3/\text{ч},$$

где F — площадь проема укрытия скипа, м^2.

Количество воздуха, отсасываемого бортовым отсосом, равно:

$$L_б = 2000l \text{ м}^3/\text{ч},$$

где l — длина щели.

Аспирацию бункеров плавильного цеха с подачей агломерата транспортерами следует выполнять по схеме рис. 8 с очисткой воздуха в циклонах.

При установке бункера над шахтной печью и загрузке его из вагонеток с открывающимся дном аспирация может быть выполнена по схеме, показанной на рис. 4, примененной для склада концентратов с загрузкой бункеров грейферным краном. Однако в этом случае необходимо учесть при расчетах и конструировании аспирации, что материал, загружаемый в этот бункер, не только пылит, но и выделяет в большом количестве сернистый газ и имеет повышенную температуру. Поэтому объем отсасываемого воздуха должен быть рассчитан на создание в открытом проеме бункера скорости, превышающей скорость конвективного потока, поднимающегося из бункера во время отсутствия загрузки, т. е., когда проем свободен и открыт.

Скорость подъема газов из бункера может быть определена по формуле

$$v = \frac{0{,}82}{Z^{0{,}29}} \cdot Q_к^{1/3} \text{ м/с},$$

где Z — высота места замера скорости, т. е. в проеме бункера от полюса струи; $Z = 3\ d_{эк}$,

$d_{эк}$ — эквивалентный диаметр отверстия, м;

$Q_к$ — количество конвективного тепла, выделяющегося над открытым проемом бункера, кДж/с (ккал/с).

На основании приближенного расчета можно рекомендовать скорость воздуха в проеме загрузочного бункера в пределах 1 м/с.

Подача агломерата, кокса и других материалов плавки в шахтные печи производится вагонетками с весами, ленточными и вибротранспортерами, подвесными вагонетками и просто опрокидывающимися вагонами узкой колеи. Ниже рассматривается несколько схем аспирации выгрузки бункеров на колошниковой площадке шахтной печи и загрузки ее.

Загрузка вагон-весов на колошниковой площадке плавильного цеха сопровождается значительным выделением сернистого газа

и пыли. Отсос этих газов и запыленного воздуха осуществляется с помощью емкого зонта с отсосом в верхней части и со спуском материала в бункер вагонетки по гибкой течке (рис. 16). Такая

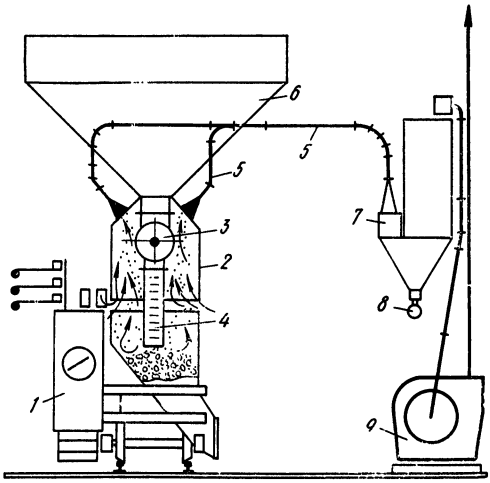


Рис. 16. Схема аспирации вагон-весов: *1* — вагон-весы; *2* — зонт; *3* — питатель; *4* — гибкий рукав; *5* — воздуховоды; *6* — бункер; *7* — рукавный фильтр; *8* — шнек; *9* — вентилятор

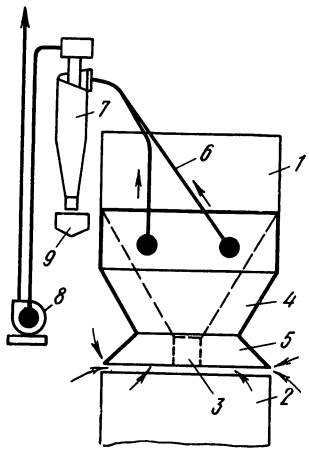


Рис. 17. Схема аспирации вагон-весов для загрузки шахтной печи при ограниченной высоте: *1* — бункер; *2* — вагон-весы; *3* — питатель; *4* — зонт; *5* — внутренний зонт; *6* — места отсоса воздуха; *7* — пылеотделитель; *8* — вентилятор; *9* — затвор циклона

течка уменьшает энергию подаваемого материала и, следовательно, пылеобразование. При отсутствии места установки емкого зонта на действующих заводах его можно сконструировать, использовав стенки бункеров, как показано на рис. 17.

Количество отсасываемого воздуха определяется скоростью его в щели между зонтом и бортом вагонетки. Эта скорость должна быть не менее 0,5—1,0 м/с. По формуле, предложенной Фильнеем М. И.,

$$L = (F + 7{,}7\,E^{0{,}63}\,X^{1{,}4})\,v_x,$$

где L — объем отсасываемого воздуха, м³/с;

F — площадь щели, м²;

E — большая сторона щели, м;

X — расстояние от плоскости щели до борта вагонетки, м;

v_x — скорость в плоскости вагона.

При длине вагона 2 м, ширине 1 м, ширине щели 0,1 м, при X=0,2 м и v_x=0,7 м/с объем отсасываемого воздуха из укрытия будет равен 1500 м³/ч. Для уменьшения выноса пыли из аспирационного укрытия вагон-весов необходимо увеличить объем зонта и установить отбойный зонт *5*.

Шахтная печь для свинцовой плавки состоит из трех основных частей: колошникового шатра, шахты и горна. Назначение колошникового шатра — загрузка в печь шихты и отвод газов. Для отво-

да газов служит газоход (гусиная шея), а для загрузки шихты — специальные окна с заслонками, расположенными по продольным сторонам печи. Число загрузочных окон зависит от длины печи и обычно их бывает 2—3 с каждой стороны. Загрузка шихты в печь ведется отдельными порциями, доставляемыми вагонетками или системой транспортеров.

Загрузочные окна шахтных печей оборудуют двойными затворами, состоящими из крышек и заслонок, управление которыми сблокировано. Перед загрузкой открываются крышки окон и закрываются заслонки. После окончания загрузки крышки закрываются и открываются заслонки. Таким образом ликвидируется прямое сообщение внутреннего пространства печи с помещением.

Для подачи вагонов с шихтой по обе стороны печей расположены узкоколейные пути. Вагоны загружаются на колошниковой площадке или поднимаются подъемниками на эту площадку. Все более широкое применение для загрузки шахтных печей находят вагон-весы, представляющие небольшой бункер, установленный на весах и снабженный разгрузочным отверстием с заслонкой.

На рис. 18 показана схема аспирации загрузки печи материалом плавки при помощи вагон-весов. Для отсоса запыленного и загрязненного сернистым газом воздуха устанавливается зонт над загрузочным окном.

Объем воздуха, отсасываемого через зонты, определяется опытным путем в зависимости от способа загрузки и высоты сбрасывания материала. При разгрузке шихты из вагон-весов это количество воздуха должно быть равно $L = 2500\ H$ м³/ч; при выгрузке из вагонеток ручного опрокидывания, $L = 3500\ H$ м³/ч (H — высота сбрасывания материала, принимается равной высоте от уровня материала в бункере вагона до заслонки печи).

Горн шахтных печей служит для сбора расплавленных продуктов. Для непрерывного выпуска чернового свинца в нижней части горна устраивается сифон или шпуровое отверстие. Шлак и штейн из печи по чугунному желобу направляются во внешний обогреваемый отстойник, в котором шлак и штейн разделяются. После накопления шлак из отстойников направляется на фьюмингование или на грануляцию.

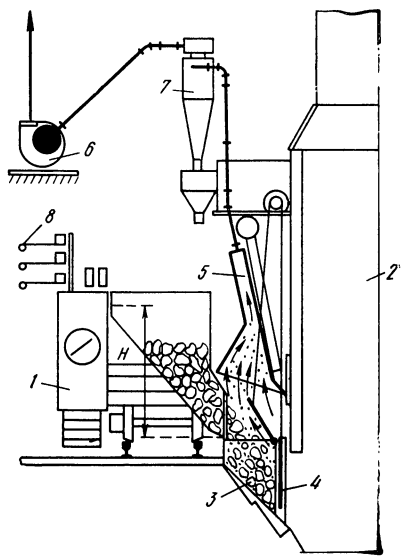


Рис. 18. Схема отсоса газа и пыли от загрузочного окна шахтной печи:
1 — вагон-весы; *2* — шахтная печь; *3* — загрузочное окно; *4* — заслонка; *5* — аспирационный зонт; *6* — вентилятор; *7* — устройство для очистки воздуха; *8* — троллеи

Воздушная среда на горновой площадке шахтных печей характеризуется высокими концентрациями аэрозолей окислов металлов: свинца, меди, цинка и других, а также окиси углерода и сернистого ангидрида. Основными источниками выделения указанных выше вредностей во время выпуска шлака, свинца и штейна являются летки, сифоны и открытые желоба. При грануляции шлака происходит большое выделение пара, загрязненного свинецсодержащими пылями. Этот пар создает тяжелые условия работы на площадке, уменьшает видимость.

На горновых площадках имеет место большое выделение лучистой энергии с горячих поверхностей открытых желобов, котлов и стенок печей.

В воздухе на рабочих местах горновой площадки концентрации вредных примесей увеличиваются при нарушении технологического процесса и при изменении метеорологических условий. Большое влияние на состояние микроклимата этой площадки оказывает обдувание здания ветром, его сила и направление.

Для снижения вредных выделений во время слива продуктов плавки на большинстве заводов устраивают бортовые отсосы от желобов, емкие зонты над летками и сифонными выпусками свинца. Воздуховоды бортовых отсосов у желобов, выполненных из листовой стали, быстро прогорают вследствие частого попадания на их поверхность расплавленного свинца, шлака или штейна при переполнении желоба или образовании горячих брызг. Более надежное устройство бортового отсоса приведено на рис. 19. Желоб устанавливается в кирпичном канале достаточной емкости со съемным перекрытием. Отсос газов из канала, равномерный по

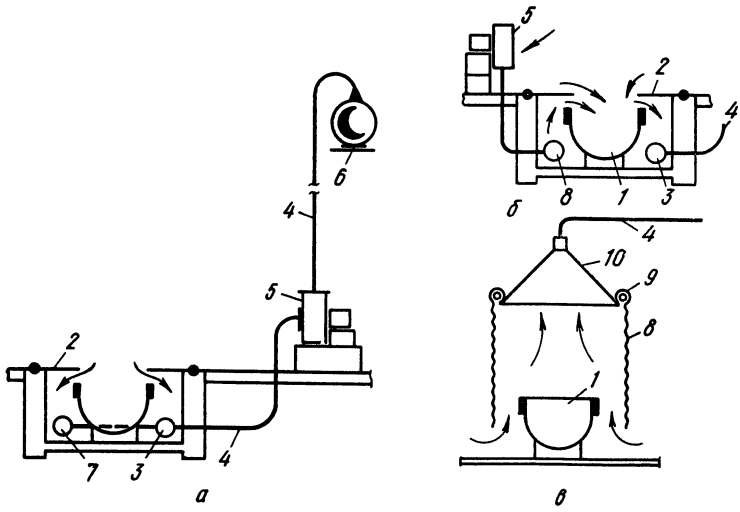


Рис. 19. **Схемы отсоса газов от разливочных желобов:**
а — со сдувом; *2* — с двусторонним отсосом; *в* — с зонтом; *1* — желоб; *2* — съемное перекрытие; *3* — отсос газа; *4* — газоходы; *5* — вентиляторы; *6* — коллектор; *7* — канал сдувки; *8* — штора; *9* — привод шторы; *10* — зонт

всей длине желоба, осуществляется индивидуальным вентилятором, выбрасывающим их в общий коллектор (рис. 19, *а*). Из этого канала удобно убирать наплавы, образовавшиеся во время перелива желобов или аварийного выпуска расплавов. Конструкция укрытия желоба заимствована из работы Глушкова Л. А.

На рис. 19, *б* показана схема бортового отсоса со сдувом. Такое устройство уменьшает количество отсасываемого и приточного воздуха. Объем отсасываемого воздуха двусторонним бортовым устройством зависит от вертикальной скорости подъема газов над желобом $v_в$ и может быть определен по известным формулам (В. В. Батурина и др.).

При непрерывном выпуске свинца и шлака желоб может быть укрыт полностью или частично. Укрытие выполняется из металла для защиты от высоких температур. Крышка желоба крепится на шарнирах, причем оставляют щель для прососа воздуха. Крышку необходимо делать секционной с механическим приводом для открывания.

Объем отсасываемого воздуха при работе закрытого бортового отсоса будет в два раза меньше, чем при открытом желобе. Количество его на 1 м желоба составляет 1000 м³/ч.

На рис. 19. *в* приведена схема укрытия желобов гибкими шторами с механизмом накручивания при открывании; шторы могут быть секционные или с окном для наблюдения. Объем отсасываемого воздуха равен количеству воздуха в конвективном потоке над горячим желобом на уровне зонта. Подробное описание и расчет объема удаляемого воздуха см. в гл. 4.

В процессе работы электрообогреваемого отстойника в местах прохода электродов и выпуска расплавленного продукта выделяются газы и возгоны металлов.

Схема отсоса вентиляционного газа от мест прохода электродов через свод отстойника приведена на рис. 20. У основания электродов устанавливается укрытие типа «коробки» (шлюза), из которого отсасывается воздух, обеспечивая в нем разрежение 20—25 Н/м² (2—2,5 мм вод. ст.) Над летками и шпуровыми отверстиями отстойника могут быть установлены зонты, подключенные к коллектору системы местной вентиляции отстойника. Отсос осуществляется индивидуальным вентилятором с отводом вентиляционных газов на очистку.

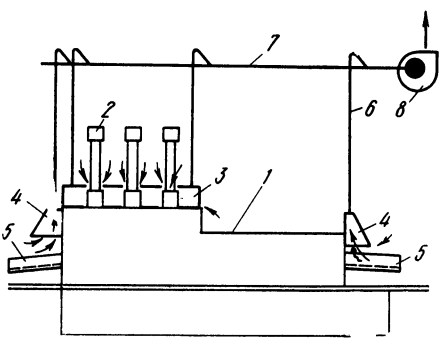


Рис. 20. Схема отсоса вентиляционных газов от внешнего обогреваемого отстойника шахтной печи:
1 — отстойник; *2* — электроды; *3* — коробка; *4* — зонты; *5* — желоба; *6* — воздуховоды; *7* — коллектор; *8* — вентилятор

Место загрузки отстойника вентилируется совместно с желобом, по которому проис-

ходит подача расплава в отстойник. На некоторых заводах шлаки из отстойника сливаются в желоб, в котором происходит его грануляция, затем шлак с водой отводится в бассейн, где отстаивается. Во время грануляции из желоба выделяется большое количество пара с содержанием пыли и газа.

В пределах цеха этот желоб накрывается кожухом с отсосом пара. Количество отсасываемого воздуха с паром при проектировании следует принимать 250—300 м³/ч на 1 м закрытого желоба.

Расплавленный свинец, штейн и шлак по наклонным желобам

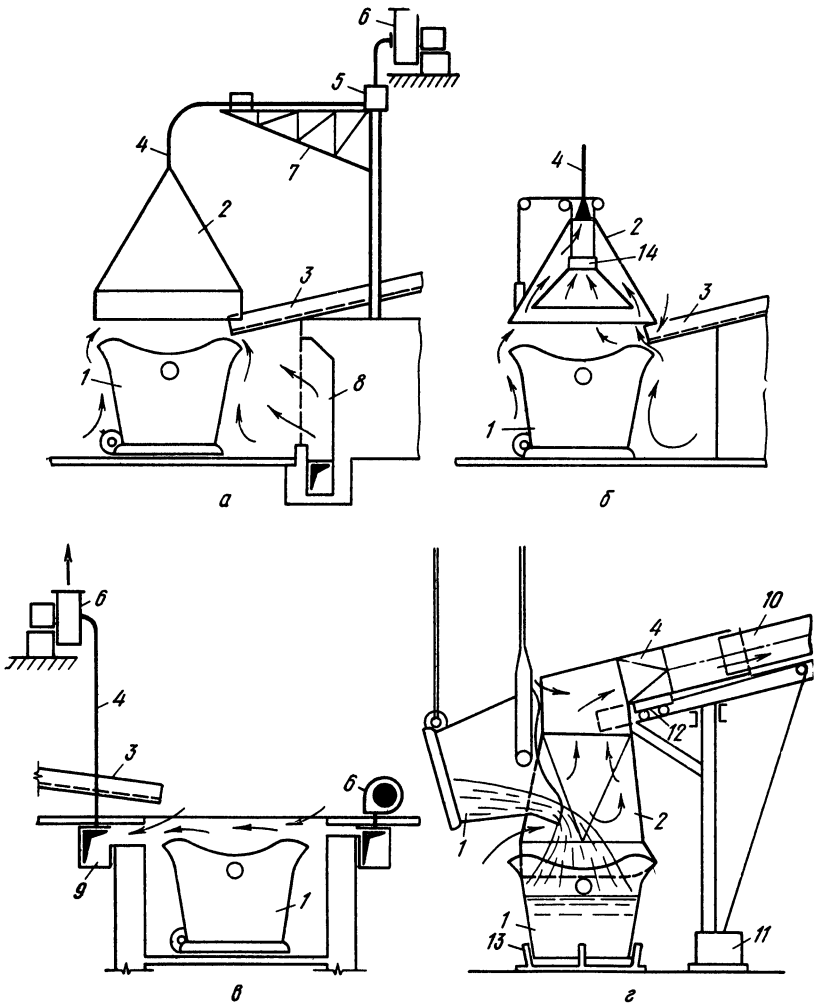


Рис. 21. Схемы отсоса газов от наборных и разливочных котлов:
а — поворотным зонтом с подводом наружного воздуха; *б* — поворотным зонтом с регулируемой щелью; *в* — бортовым отсосом со сдувом при установке котла в приямке; *г* — отжимным зонтом; *1* — котел; *2* — внешний зонт; *3* — желоб; *4* — газоход; *5* — устройство для поворота зонта; *6* — вентилятор; *7* — опора зонта; *8* — приточный канал; *9* — бортовой отсос; *10* — телескопический воздуховод *11* — лебедка; *12* — тележка; *13* — ограничитель; *14* — внутренний зонт

сливают в ковши, в которых мостовыми кранами транспортируются для дальнейшей переработки. Заполнение ковшей сопровождается большим выделением газа и возгонов свинца. Поэтому на всех свинцовых заводах для улавливания газов над ковшами устраивают зонты. На рис. 21, *а* показана схема установки поворотного зонта над ковшом. Диаметр зонта несколько больше диаметра ковша. Отсос вентиляционных газов от ковша производится индивидуальным вентилятором, который включается при надвигании зонта на ковш. На этой же схеме показан канал приточного воздуха для компенсации отсоса. Такой подвод наружного воздуха уменьшает подвижность воздуха в цехе и объем приточного воздуха.

Количество отсасываемого воздуха от зонта можно определить в зависимости от диаметра котла:

$$L = 1{,}82\,F \cdot 3600 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где F — площадь поверхности расплава в котле, м^2.

На рис. 21, *б* показана схема установки зонта с активной круговой щелью над ковшом с расплавом. Сечение этой щели может меняться в процессе эксплуатации путем снижения или поднятия внутреннего зонта. Предполагается, что количество отсасываемых вентиляционных газов от такого зонта будет меньше, чем при зонте без щели.

На рис. 21, *в* показана схема установки ковша в приямке для слива расплавов с устройством бортового отсоса, активизированного сдувкой. Такая установка ковша очень удобна, не мешает эксплуатации, не ограничивает видимость крановщику. Объем отсасываемого воздуха и его количество для сдувки могут быть определены по приведенным выше формулам.

Перелив расплавленного свинца, штейна и шлака сопровождается выделением большого количества газов и аэрозолей металлов. Обычно эти операции осуществляются в разных местах цеха и поэтому газы разносятся по всему цеху. Необходимо технологический процесс разлива металла из ковша в ковш сосредоточить в одном месте, оборудованном специальной вентиляционной установкой.

На рис. 21, *г* показана схема отсоса газа с помощью емкого подвижного зонта. Зонт и часть воздуховода укреплены на тележке, приводимой в движение автоматической лебедкой. Подвижный воздуховод телескопически надвигается на стационарную часть воздуховода (для центровки на стационарной части установлены катки). Геометрические размеры зонта зависят от размеров ковшей. Для уменьшения подсосов диаметр стационарного воздуховода $D_с$ больше диаметра подвижного $D_п : D_с = D_п + (0{,}05 + 0{,}06)$ м. Подвижная часть находится в постоянно опущенном положении и поднимается при подъеме нижнего ковша. Управление может осуществляться сигнальщиком внизу, либо крановщиком из кабины крана. Нижний ковш при установке на стенд фиксируется направляющими. Такой разливочный стенд может быть полностью авто-

матизирован. Газы через стационарный воздуховод и промежуточный вентилятор направляются на очистку в рукавные фильтры.

Количество газа, отсасываемого от установки, определяется следующим образом:

$$L_{уст} = L_{г.в} + L_{г.с} + L_{г.н} + L_{н},$$

где $L_{г.в}$ — количество газа, поступающего от поверхности расплава верхнего ковша.

$L_{г.с}$ — то же, от поверхности струи переливаемого расплава;

$L_{г.н}$ — то же, от поверхности расплава в нижнем ковше;

$L_{н}$ — количество воздуха, поступающего в укрытие извне, рассчитывается на скорость поступления в сечение приемного отверстия зонта $v_{н}$ ($v_{н}$=0,7 м/с).

Для упрощения расчетов площадь поверхности расплавов берется в плане.

Количество воздуха в конвективном потоке $L_{к}$ определяется по формуле

$$L_{к} = 2340 \sqrt[3]{Q F^2 l} \text{ м}^3/\text{ч},$$

где Q — конвективный тепловой поток:

$$Q = \alpha_{к} F \Delta t \text{ Вт (ккал/ч)},$$

F — площадь нагретой поверхности, м^2;

$\alpha_{к}$ — коэффициент конвекционной теплоотдачи;

Δt — разность температур поверхности источника и воздуха в цехе.

$$\alpha_{к} = \alpha \sqrt[4]{\Delta t} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град) [ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град)]},$$

где α — опытный коэффициент, равный при теплоотдаче с горизонтальной поверхности 3,3 и с боковой поверхности 2,6;

l — расстояние от поверхности расплава до центра сечения воздухозаборного патрубка, м.

Наиболее тяжелые условия в плавильном цехе создаются в верхней части цеха, так как весь газовый поток проходит в верхнюю зону. Кроме того, кабина крановщика, находящаяся в этом потоке газов, подвергается тепловому воздействию, особенно во время разливки металла. Поэтому вентиляции кабин мостовых кранов необходимо уделять должное внимание. Следует иметь в виду, что температура в зоне расположения кабин мостовых кранов плавильных цехов резко колеблется: от —5÷—10°С (в зимнее время) до 50—60°С (в летнее время). В настоящее время известны несколько методов подачи свежего воздуха в кабины крановщиков, разработанные разными институтами.

Наиболее прогрессивным методом вентиляции кабин мостовых кранов следует считать применение местных кондиционеров, установленных на кране с фильтрацией воздуха от свинецсодержащей пыли и сернистого газа, подогревом подаваемого воздуха в зимнее и охлаждением в летнее время. Кабины должны быть герметичны, иметь тепловую изоляцию и экраны для защиты от теплового облучения.

Подогрев воздуха может быть осуществлен электрокалориферами. Количество подаваемого в кабину воздуха определяется санитарно-гигиеническими условиями, с распределением его вдоль задней стены кабины. Эту подачу воздуха следует производить сверху вниз с максимальным приближением к голове крановщика. Скорость воздуха в зоне головы не должна быть более 0,5 м/с. При открытых кабинах эта скорость должна быть не менее 0,7 м/с при проеме, расположенном параллельно движению крана; 1 м/с — при перпендикулярном расположении и не менее 1,5 м/с — при том и другом расположении отверстий относительно движения крана. Кроме того, количество подаваемого воздуха должно быть проверено по тепловому балансу кабины. Для ориентировочных расчетов предлагается принимать 500—1000 м³/ч воздуха на кабину.

Сложной проблемой является приточная вентиляция плавильных цехов. Большие объемы аспирационного воздуха, извлекаемого из помещения цеха, мощные конвективные токи, возникающие от горячих поверхностей оборудования, движение мостовых кранов, влияние атмосферных факторов — все это влияет на воздухообмен в помещении цеха и должно быть учтено при решении вопроса подачи и распределении приточного воздуха.

Наиболее рациональным решением приточной вентиляции в плавильных цехах, по мнению авторов, следует считать разделение ее на две системы, первая — для компенсации вытяжной вентиляции, вторая — для создания санитарно-гигиенических условий на рабочих местах. Наиболее мощной по количеству подаваемого воздуха является первая. Подачу и распределение воздуха этой системы следует производить так, чтоб воздух не попадал на рабочие места, а был максимально приближен к местам отбора загрязненного воздуха. На рабочие места или в кабины чистого воздуха, в которых рабочие находятся во время производственных пауз, необходимо подавать воздух обработанный: профильтрованный, нагретый зимой и охлажденный летом, увлажненный. Подавать этот воздух следует как можно ближе к голове рабочего, со скоростью не более 0,5—1,0 м/с.

Кабины чистого воздуха в виде «грибка» (рис. 22) представляют собой круглую коническую головку с перфорированным потолком, одной центральной стойкой, служащей опорой крышки, и воздуховодом для подачи воздуха. Такая кабина удобна, не загромождает площадок, создает хорошую круговую видимость и требует сравнительно небольшого расхода приточного воздуха, не более 1500 м³/ч. Места установки «грибка» следует выбирать недалеко от обслуживаемого оборудования с учетом минимального стеснения рабочей площадки. При расстановке необходимо также учитывать подвод воздуха к местам установки «грибков». Кроме таких кабин чистого воздуха, приточный воздух должен подаваться в помещения пультов управления помещения.

Источники выделения вредностей (пыли, возгонов свинца и сернистого газа) с отсосом вентиляционных газов расположены главным образом в нижней части помещения. Это обусловливает

основное направление воздушных токов сверху вниз. В то же время нагретые поверхности в цехе создают восходящие конвективные токи воздуха. На основании этого подачу приточного воздуха сле-

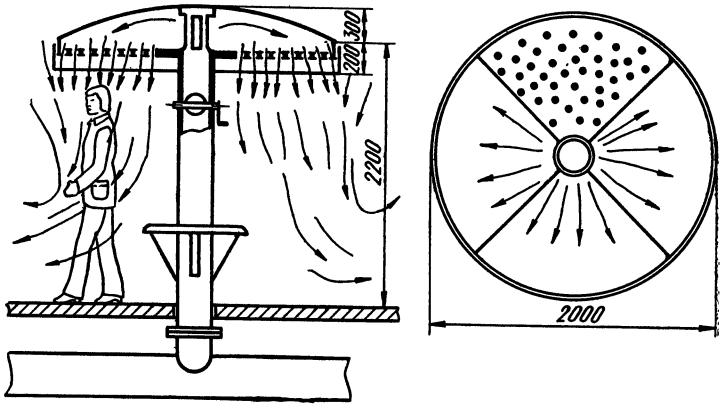


Рис. 22. Схема кабины чистого воздуха типа «грибок»

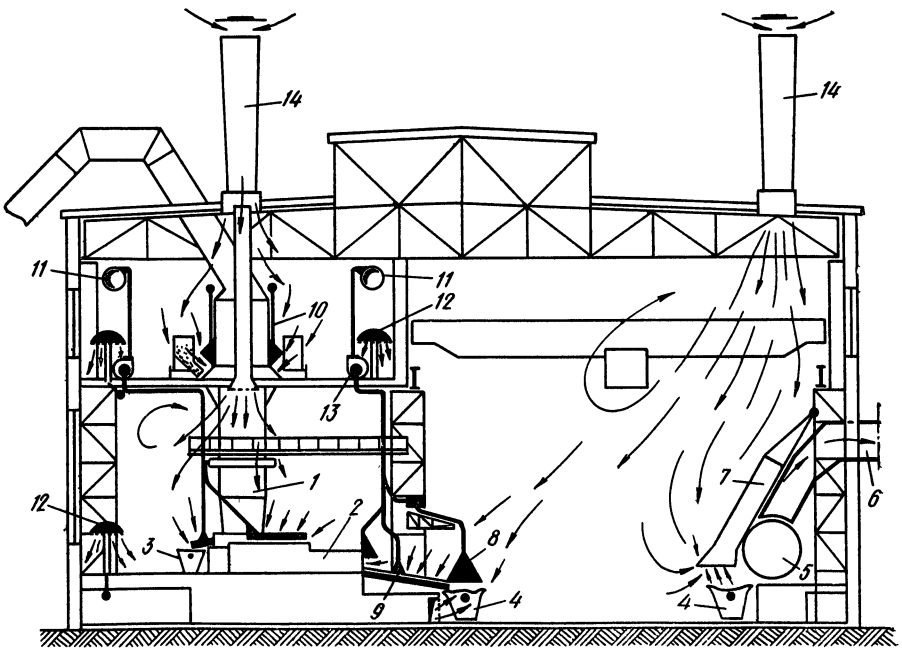


Рис. 23. Схема вентиляции плавильного цеха:
1 — шахтная печь; *2* — отстойник; *3* — ковш с черновым свинцом; *4* — ковш со штейном и шлаком; *5* — конвертер; *6* — газоход конвертера; *7* — надвижной вентиляционный зонт; *8* — зонт над ковшом; *9* — бортовой отсос желоба; *10* — отсос газов загрузочных люков печи; *11* — вентиляционный коллектор; *12* — кабина чистого воздуха; *13* — центробежный вентилятор; *14* — реверсивные крышные вентиляторы

дует осуществлять сверху вниз при помощи реверсивных крышных вентиляторов. По расчетным данным, избыточного тепла, выделяющегося в плавильном цехе, достаточно для нагрева поступающего сверху холодного воздуха. На рис. 23 показан разрез плавильного цеха с подачей приточного воздуха для компенсации удаленного воздуха сверху вниз при помощи реверсивных осевых крышных вентиляторов. В случае недостатка тепла воздух необходимо подогревать. Весьма важным фактором в подобном способе вентиляции является организованное поступление воздуха, исключающее подсос его через ворота цеха и другие проемы, что предотвращает возникновение сквозняков и, следовательно, простудных заболеваний. Значительно улучшаются условия труда на верхних площадках. Снижается концентрация вредностей в зоне действия мостового крана. При избытках тепла в летнее время может быть использован аэрационный фонарь и оконные фрамуги с дистанционным управлением. В случае прорыва газа в помещение цеха крышные вентиляторы быстро переключаются на вытяжку и отсасывают этот газ. Время снижения аварийных концентраций рассчитывается по методике расчета аварийной вентиляции.

Способ раздачи приточного воздуха для компенсации отсасываемого воздуха состоит в том, что воздух подается непосредственно к аспирационным укрытиям, чем снижаются токи воздуха в помещении цеха и скорости его движения, превышающие санитарно-гигиенические нормы. Подвод воздуха может быть осуществлен каналами, расположенными под полом, с установкой приточных вентиляторов и калориферов для подогрева этого воздуха. При этой схеме вентиляции не используется избыточное тепло и сохраняется вентиляция по принципу снизу вверх. Сохраняется также аэрационный фонарь, что не исключает возможности загрязнения атмосферного воздуха вентиляционными выбросами и неочищенными технологическими газами.

Рафинирование чернового свинца производится способом последовательного удаления примесей меди, мышьяка, олова, сурьмы, благородных металлов, цинка, висмута, магния, кальция. Некоторое распространение получил электролитический способ рафинирования.

Общим недостатком применяемых на большинстве заводов схем очистки является периодичность отдельных процессов рафинирования, сопровождающаяся большим выделением вредностей в воздух цеха, что вызывает ухудшение санитарно-гигиенических и метеорологических условий труда на рабочих местах. За последние годы отдельные процессы рафинирования подверглись усовершенствованию, операции очистки свинца на некоторых заводах осуществляются по непрерывной схеме.

В цех рафинирования черновой свинец подается в ковшах емкостью 1,5—2 т в расплавленном виде. Как известно, основное выделение газов из ковшей происходит при их заполнении и сливе расплавленного продукта. В спокойном состоянии происходит небольшое выделение возгонов металлов с конвективными токами

воздуха над их поверхностью, поэтому при транспортировке ковшей из плавильного цеха в рафинировочный вытяжная вентиляция не требуется. В этом случае необходимо осуществлять общеобменную вентиляцию помещения, если транспортирование происходит в закрытых помещениях. Кабины крановщика, троллейкарщика или другого транспортного устройства, должны быть оборудованы приточной вентиляцией. Эта вентиляция осуществляется по схеме, описанной в гл. 4.

При заливке чернового свинца в печь обезмеживания выделяется большое количество возгонов металла, в том числе свинца и его окислов. Для уменьшения загрязнения воздуха в помещении печи, над желобом залива печи устанавливают надвижной зонт, аналогичный описанному устройству зонта для шлаковозгоночной печи плавильного цеха. Над сифоном печи подвешивается штора, которая служит укрытием верха печи и обеспечивает направление конвективных токов воздуха вверх. Такая же штора подвешивается и с другой стороны. Желоба слива штейна и свинца оборудуются бортовыми отсосами с крышками.

На большинстве заводов обезмеживание производится в котлах, установленных в помещении цеха на площадке рафинирования. Обычно цехи рафинирования представляют собой однопролетные здания с аэрационными фонарями. Рафинировочные котлы размещаются вдоль длинной оси цеха в один или два ряда, диаметром 4—4,5 м с электрообогревом или с использованием жидкого топлива и природного газа. Верх котла (борт) расположен выше пола на 0,5—0,7 м.

В воздухе цеха как на рабочих местах, так и у кабин мостовых кранов и в аэрационном фонаре, содержится большое количество вредных элементов, представляющих возгоны свинца, соединения мышьяка, цинка.

Кроме вредностей, выделяемых горячими поверхностями котлов и расплавленного свинца, на рабочие места распространяется большое количество радиационного тепла, которое действует на рабочих, обслуживающих котлы, разливочные машины, печи, желоба и другое технологическое оборудование. Лучистая энергия, попадая на людей, работающих у котлов с расплавленным свинцом, воздействует на незащищенные части тела и вызывает нарушение терморегулирования, которое усугубляется общей высокой температурой воздуха.

Конвективные токи воздуха, возникающие над горячими поверхностями котлов, содействуют распространению вредностей. Распространению загрязненного воздуха способствуют также мостовые краны при своем движении.

Вентиляционные газы, выбрасываемые через аэрационные фонари, попадают в зону завихрения над крышей, опускаются вниз и забираются естественной и механической приточной вентиляцией цеха. Таким образом, создается рециркуляция воздуха, которая способствует загрязнению цеховой атмосферы.

Для цеха рафинации при пролете, равном 24 м, и высоте до карниза, равной 12 м, весь аэрационный фонарь будет находиться в зоне разрежения. Вследствие этого вентиляционные газы, выброшенные в атмосферу через аэрационный фонарь, будут циркулировать у здания цеха с наветренной стороны и затем поступать с приточной вентиляцией в цех.

Процесс рафинирования чернового свинца включает ряд технологических операций, которые осуществляются специальным оборудованием, устанавливаемым на котлы мостовыми кранами. Это затрудняет укрытие котлов рафинирования с расплавленным свинцом. В результате газы и возгоны выделяются непосредственно в атмосферу цеха. Для устранения выделения вредностей с открытых поверхностей котлов могут применяться вытяжные поворотные зонты, соединенные с газоходной системой вентиляции. В этом случае объем отсасываемого воздуха определяется по скорости его в щели между зонтом и кромкой котла. На рис. 27 показан один из вариантов устройства зонта над котлом. Зонт на шарнире поднимается вверх. Местом шарнира является всасывающий патрубок, соединенный с газоходом. Рекомендуемая скорость в щели 2 м/с, высота щели 100—150 мм. В этом случае количество отсасываемого воздуха от котла равно 3600 d м³/ч. При внешнем диаметре котла $d=5$ м расход воздуха составит 18000 м³/ч. Такие зонты могут устраиваться только при полной механизации его подъема и опускания. При ручном подъеме и опускании зонт усложнит эксплуатацию котлов.

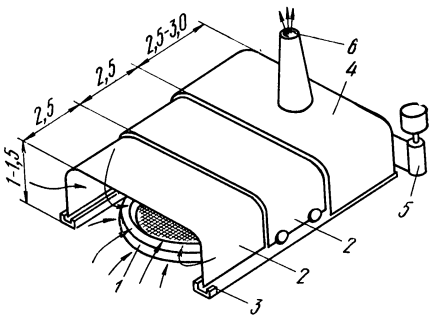


Рис. 24. Накатной телескопический зонт над котлом:
1 — котел; *2* — надвижная часть укрытия; *3* — рельсы; *4* — неподвижная часть укрытия; *5* — механизм перемещения укрытия; *6* — отсос газов

Для котлов может быть применено полное накатное укрытие с отсосом вентиляционных газов в конце зонта. На рис. 24 показано укрытие телескопическое с механическим передвижением. Такое укрытие может применяться при отсутствии места для сдвига укрытия. При других условиях следует принимать полное накатное укрытие, так как оно проще в выполнении и эксплуатации. Количество отсасываемого воздуха для этого зонта может быть вычислено из расчета 1500 м³/ч на 1 м² площади выделения вредностей, т. е. поверхности котла:

$$L = 4800\,d \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Устройство кольцевых бортовых отсосов газов не нашло применения в свинцовой промышленности. Это объясняется тем, что при ведении технологического процесса конструкции бортовых отсосов легко повреждаются и могут быть залиты расплавленным свинцом. Весьма важным фактором, отрицательно влияющим на приме-

нение бортовых отсосов, является огромный объем вентиляционных газов для получения необходимого эффекта.

Оригинальное решение этого вопроса предложено Е. Н. Бошняковым. На рис. 25 показана схема движения воздуха над котлом

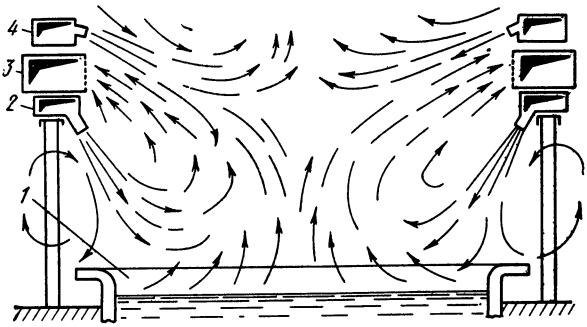


Рис. 25. Схема бортового отсоса со струйной завесой по Е. Н. Бошнякову

при действии установки. Отсос газа от наборного котла *1* осуществляется кольцевым (незамкнутым) щелевым воздуховодом *3*, расположенным на высоте около 2 м от кромки котла, между двумя приточными *4* и *2*, такими же кольцевыми воздуховодами с направленными соплами. Возможно в центре котла некоторое количество газов будет выноситься за пределы верхней воздушной завесы.

С учетом значительных конвективных токов воздуха над открытыми котлами представляется целесообразным осуществлять в подобных цехах общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию. Приточную вентиляцию необходимо разделить на две системы. Воздух кондиционированный следует подавать к рабочим местам в щель по периметру котла вертикально вверх или с небольшим уклоном к центру котла. Схема подачи приточного воздуха с направлением его вверх, по мнению авторов, способствует организации конвективного потока над котлом, является воздушной завесой вокруг котла, ликвидирует возможность попадания загрязнений в воздух рабочей зоны. Рабочие, обслуживающие котлы, при съеме шликеров находятся в зоне чистого воздуха.

Вопрос о скорости выпуска воздуха из щели должен быть решен при испытании такой установки. В условиях работы у котлов с преобладанием лучистой тепловой энергии эта скорость будет равна 1—1,5 м/с. При ширине щели 100—150 мм объем подаваемого воздуха на 1 м щели составит 360—540 м³/ч, на один котел диаметром 5 м — около 8000 м³/ч.

Подачу приточного воздуха для компенсации удаленного воздуха следует производить в верхнюю зону с подогревом его за счет избыточного тепла. В случае недостатка тепла следует пред-

усмотреть подогрев в калориферах. Этот воздух не должен опускаться в рабочую зону цеха.

Оптимальный воздухообмен в отделении рафинировочных котлов можно определить расчетом количества воздуха в конвективных потоках над горячей поверхностью котлов.

Объем воздуха, перемещаемого в конвективной струе за секунду, равен:

$$L = 0{,}098 \sqrt[3]{Q_к Z^5} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_к = \alpha_к F (t_и - t_о)/3600 \text{ кДж/с (ккал/с)};$$

$$\alpha_к = 3{,}3 \sqrt[4]{t_и - t_о} \text{ Вт (м}^2 \cdot \text{град) [ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град)}];$$

где $Q_к$ — количество конвективного тепла источника, кДж/с (ккал/с);

Z — высота сечения для определения количества воздуха, м;

$t_и$ — температура источника, °С;

$t_о$ — температура окружающей среды, °С.

Схема организации воздухообмена в цехе рафинирования с открытыми котлами приведена на рис. 26. При высоте забора воздуха 10 м, диаметре котла 5 м и температуре расплава 500°С количество отсасываемого воздуха равно 65 тыс. м³/ч на один открытый котел.

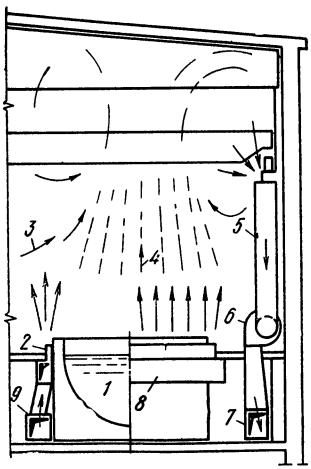


Рис. 26. Схема вентиляции цеха рафинирования:
1 — котел; *2* — щель воздушной завесы; *3* — приточный воздух; *4* — струя газа над котлом; *5* — газоход; *6* — вентилятор; *7* — газоход; *8* — кольцевой воздуховод; *9* — канал

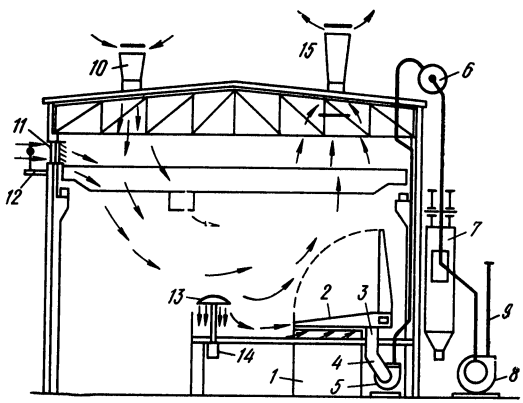


Рис. 27. Схема вентиляции цеха рафинирования при укрытом котле:
1 — котел; *2* — зонт; *3* — патрубок отсоса; *4* — канал; *5* — отсасывающий вентилятор; *6* — коллектор; *7* — электрофильтр; *8* — вентилятор; *9* — вентиляционная труба; *10* — реверсивный крышной вентилятор; *11* — вентиляционный агрегат; *12* — площадка; *13* — кабина чистого воздуха; *14* — воздуховод; *15* — крышной вентилятор

При укрытии котлов по одному из способов, приведенных выше (укрытие надвижным или накатным зонтом), схема подачи приточного воздуха меняется и осуществляется сверху вниз без подогрева, если тепла достаточно, и с подогревом, если его не хватает. Приток сверху может быть осуществлен крышными реверсивными вентиляторами в случае подачи холодного воздуха и осевыми вентиляторами с калориферами, установленными на стене здания выше крана. Организация такой приточной вентиляции в цехе обеспечит хорошие условия для крановщиков мостовых кранов. При вентиляции снизу вверх, т. е. с отсосом газов из верхней зоны, кабина крановщика будет находиться в тяжелых условиях, так как все вентиляционные газы проходят зону кабины крана. Кроме того, в верхней зоне скапливается газ выше уровня отсасывающих отверстий вентиляции. Усиливается тепловое облучение кабины, так как котлы открыты. Поэтому вопросу вентиляции кабины должно быть уделено особое внимание (подробнее о вентиляции кабины см. в гл. 4).

На рис. 27 показана схема вентиляции помещения рафинировочных котлов по схеме сверху вниз при закрытых котлах. Разливку рафинированного свинца на большинстве отечественных заводов производят на карусельных разливочных машинах. Свинец разливают в чушки массой 30—35 кг. Карусельная машина состоит из вращающегося круга с установленными на нем изложницами, ковша-дозатора свинца и штабелеукладчика. Изложницы охлаждаются водой, что обусловливает выделение большого количества пара и газа, содержащего в себе пары свинца. Постоянное рабочее место по заливке свинца в изложницы находится у желоба и стойки механизма.

Для снижения или полной ликвидации выделений вредностей предусматривается устройство для отсоса газов при помощи вытяжных зонтов (рис. 28), устанавливаемых над изложницами на

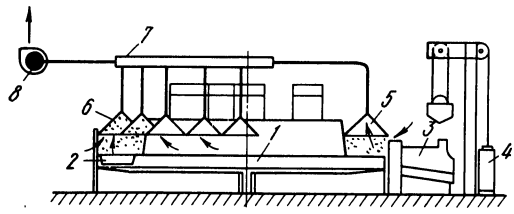


Рис. 28. Схема местной вытяжной вентиляции карусельной разливочной машины:
1 — карусельная машина; *2* — изложницы; *3* — дозирующее устройство; *4* — механизм дозирующего устройства; *5* — вытяжной зонт над местом заливки изложниц; *6* — вытяжной зонт над остывающими изложницами; *7* — коллектор; *8* — вентилятор

той половине карусели, где произведена заливка, и у места заливки их свинцом.

Воздуховод, отсасывающий вытяжной воздух, выполняется в виде коллектора с подключением его к общей системе вытяжной вентиляции цеха при помощи индивидуального вентилятора. Такой отсос эффективен и проверен на одном из заводов.

Кроме того, для разлива свинца применяют прямолинейные разливочные машины, напоминающие по устройству пластинчатые

транспортеры. Вентиляция таких машин может осуществляться методами, описанными выше. Объем воздуха, отсасываемого от карусельных и линейных разливочных машин, составляет 15—20 тыс. $м^3/ч$, или 2—2,5 тыс. $м^3/ч$ на 1 $м^2$ площади изложниц, на 1 т свинца — 300—500 $м^3/ч$.

Приточная вентиляция рабочих мест у карусельной и ленточной разливочных машин осуществляется при помощи перфорированных приточных насадков, расположенных в непосредственной близости к голове рабочего. Этот воздух подвергается подогреву в зимнее время и охлаждению в летнее, очистке и увлажнению в промывных камерах с предварительной фильтрацией.

Плавка отходов рафинирования свинца в электропечи происходит при температуре 1100—1500°С. Вследствие высокой температуры у печи образуются пары свинца, которые следует улавливать вытяжной установкой, состоящей из укрытия печи с отсосом воздуха, загрязненного парами свинца, в систему газоочистки цеха. Количество отсасываемого воздуха определяется размерами рабочих окон и разрежением в укрытии. Это разрежение должно поддерживаться в пределах 20—30 $Н/м^2$ (2—3 мм вод. ст.)

Для обычных условий свинцового завода с поверхностью купеляционной печи 2,0—2,5 $м^2$ количество отсасываемого воздуха должно быть не менее 15—20 тыс. $м^3/ч$.

Основным фактором улучшения условий труда в цехах рафинирования является усовершенствование технологического процесса. В этом направлении уже много сделано. Например, вместо существовавшего процесса щелочного рафинирования с получением сухих плавов это рафинирование ведется в аппаратах Гарриса. При этом не только повышается извлечение свинца, но значительно улучшаются и санитарно-гигиенические условия. Вместо устаревшего в свинцовой промышленности способа отражательной плавки в последнее время применяется электротермическая переработка, что обеспечивает лучшие условия труда. Внедрение нового способа переработки серебристой пены позволило механизировать процесс дистилляции и значительно улучшило условия труда в отделении купеляции.

При переходе на непрерывное рафинирование свинца создается возможность укрывать котлы. Это значительно улучшит санитарно-гигиенические условия труда в цехе и позволит направить все вентиляционные газы, отсасываемые из укрытия котлов и аппаратов, в общезаводскую систему вытяжной вентиляции и обеспыливания, что в значительной степени уменьшит загрязнение окружающей атмосферы.

Глава 2
ВЕНТИЛЯЦИЯ НА ЦИНКОВЫХ ЗАВОДАХ

В настоящее время для извлечения цинка из концентратов применяют два способа (рис. 29) — пирометаллургический (дистилляционный) и гидрометаллургический (электролитный).

Цинковый концентрат в контейнерах или навалом, с различным содержанием цинка, поступает на склады концентратов. Разгрузка концентратов из железнодорожных вагонов *1*, распределение по отсекам склада *2* и шихтовка их, а также выдача в обжиговый цех производятся мостовым краном с грейферным ковшом *3* через бункера *5* и систему ленточных конвейеров *6*. Так как в зимнее время концентраты смерзаются, то оттаивание их производится на специально оборудованных площадках. Сейчас внедряется более прогрессивный, электрический индуктивный способ оттаивания концентратов, непосредственно в контейнерах.

Из раздаточных бункеров *4* концентраты системой ленточных транспортеров *7*, элеваторов *8* и питателями *9*, направляют в бункера *10* сушки концентратов. Сушке подвергают концентраты влажностью свыше 9%. Для этой цели применяют барабанные сушильные печи *11*, отапливаемые мазутом или природным газом. Температура в загрузочной части сушильного барабана поддерживается в пределах 650—750°С. Во время сушки в помещение цеха выделяется большое количество тепла с поверхности барабана, топки и укрытий разгрузочной части. Температура этих поверхностей находится в пределах 100—150°С и количество тепла, выделяющееся с их поверхности, равно 1740—2100 Вт/м² [1500—1800 ккал/(м²·ч)]. После сушки концентраты для измельчения комков пропускаются через дезинтегратор или дисковую дробилку *12*.

Загрузку бункеров обжиговых печей кипящего слоя *13* производят ленточными транспортерами, шнеками и другими средствами. Из бункера высушенный концентрат питателем и течками подается в загрузочное устройство печи. Температура на внешней поверхности печи составляет 100—150°С.

На цинковых заводах, работающих по схеме гидрометаллургии, некоторое количество огарка из печи КС в сухом виде подается в выщелачивательное отделение по ленточному транспортеру или при помощи шнек-трубы *14* в промежуточный бункер. Далее элеватором сухой (горячий) огарок подается в бункер *15* и, по мере необходимости, вагон-весами *16* разгружается в пачук *17*.

Пульпа после грубой классификации поступает по желобу *18* в агитаторы *19* и конусы *20* классификационного отделения обжигового цеха и насосами перекачивается в пневматические мешалки. В этом отделении в воздухе содержатся пары серной кислоты, воды и других составляющих элементов пульпы. Выделяется много тепла горячей поверхностью оборудования и пульпы.

В процессе выщелачивания для поддержания частиц пульпы во взвешенном состоянии в мешалки подается сжатый воздух. Слив поступает в сгустители *21*. При перемешивании из пачуков и сгустителей выделяются пары, загрязненные аэрозолями серной кислоты. Из сгустителей пульпа поступает в баки *22*, где происходит осаждение меди и кадмия. Для более интенсивного осаждения сюда подается цинковая пыль, которая приготовляется из чушкового цинка, расплавляемого в специальной электропечи *23*. Из агитаторов медно-кадмиевой очистки пульпа насосами перекачивается в вакуум-фильтры периодического действия *24*. Из сгустителей *21* осадок сливают последовательно в пневматические мешалки *25*, сгустители *26* и вакуум-фильтры *27* кислой ветви выщелачивания.

Вторая стадия фильтрации цинковых кеков производится на дисковых вакуум-фильтрах непрерывного действия 28. Очищенный от примесей раствор сернокислого цинка направляют в цех электролиза. Подача и подпитка электролитом ванн *29* осуществляется при помощи распределительных желобов *30*. Температура электролита поддерживается в пределах 35—40°С.

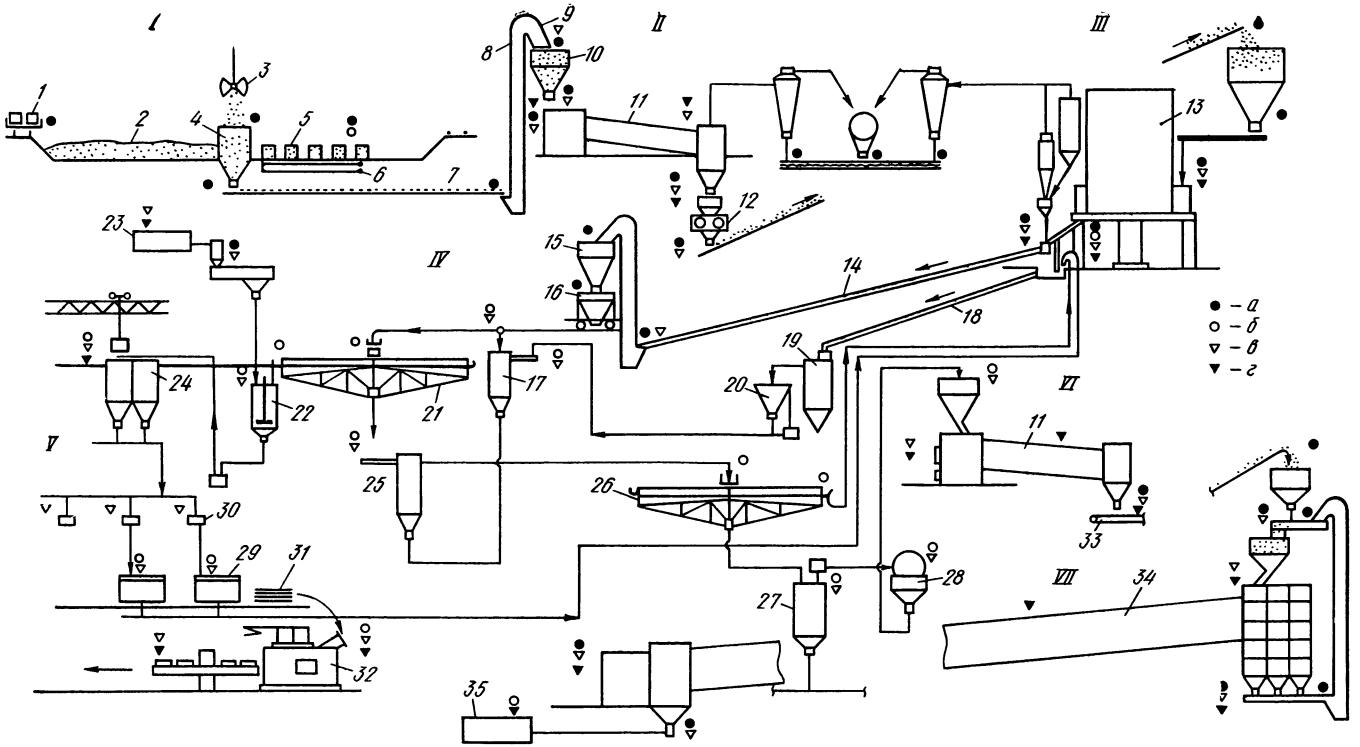


Рис. 29. Схема производства цинка с указанием источников выделения вредностей. Отделения: *I* — дробильно-сортировочное; *II* — сушильное; *III* — обжиговое; *IV* — выщелачивания; *V* — электролизное; *VI* — фильтровально-сушильное; *VII* — вельцевания; *а* — пыль; *б* — пар; *в* — газ; *г* — лучистое тепло

Во время работы ванн в цех выделяется большое количество серной кислоты в виде тумана, сульфата цинка и тепла.

Катодный цинк складируется в штабеля *31*, взвешивается и электрокарами направляется в плавильное отделение. Плавка катодного цинка производится в низкочастотных индукционных электрических печах *32*.

Отфильтрованные кеки направляют на сушку в барабан *11*. Большое количество пыли выделяется при выгрузке сухого кека на питатель *33* и при перегрузке его на транспортер, подающий сухие кеки в бункер вельц-печи *34*.

Выгрузка обожженных кеков в желоб грануляции *35* и затем в бассейн, находящийся обычно за пределами помещений цеха, сопровождается выделением пара и пыли.

На всех заводах цветной металлургии склады концентратов строятся закрытыми по схеме однопролетного здания с мостовыми кранами. Железнодорожные пути прокладывают в центре или по краям здания. Склады разделены на отсеки для складирования поступающих концентратов с различным содержанием цинка. Для сохранения стабильности технологического процесса эти концентраты шихтуются. Шихтовка производится при помощи грейферного ковша мостового крана в бункер выдачи концентратов. В зимнее время производится частичное оттаивание поступающих концентратов в контейнерах с последующей их разгрузкой в отсеки склада. Эти операции сопровождаются большим паровыделением и пылеобразованием.

Для уменьшения влажности воздуха и подавления пара в складе должно быть устроено воздушное отопление с рециркуляцией воздуха, отсасываемого из нижней зоны, и подачей подогретого воздуха на уровне мостового крана или немного выше этого уровня. Такое направление основной массы воздуха содействует поддержанию равномерной температуры во всем помещении склада и уменьшению разноса пара и других вредностей.

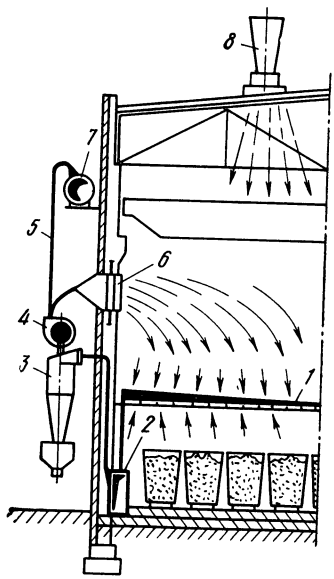


Рис. 30. Схема воздушного отопления и вентиляции на складе концентратов

Летом сохраняется такое же движение воздушных масс в складе при действии вентиляции, как и зимой, чем обеспечивается некоторое пылеподавление. Конструктивно схема приточно-вытяжной вентиляции, совмещенной с воздушным отоплением, показана на рис. 30, где отсос воздуха предусматривается в нижней зоне на уровне стенок отсеков *1* в сборный канал *2*, который может укладываться в земле или на уровне пола. В конце канала *2* устанавливается пылеотделитель типа СИОТ *3* для работ в летнее время, когда концентрат сухой. Центробежный вентилятор *4* отсасывает воздух и по воздуховоду *5* направляет в зимнее время в калорифер и в помещение склада на отопление

6. В летнее время воздух выбрасывается в коллектор 7 и далее на доочистку. В летнее время калориферы 6 отключаются от системы воздушного отопления и включаются крышные вентиляторы 8 с высотой выброса 3—5 м выше конька крыши. Эти вентиляторы могут быть реверсивными для отсоса воздуха из склада в зимнее и переходное время в зависимости от санитарно-гигиенических условий труда.

Количество воздуха, необходимое для рециркуляции в зимнее время, рассчитывается по количеству испаряемой с поверхности концентрата влаги и по температуре воздуха в помещении склада. Количество испаряемой влаги определяется опытным путем. Испарение воды из материала можно рассчитывать как испарение со свободной поверхности, так как вода в концентратах гигроскопически не связана. М. И. Фильней рекомендует на основании опытных данных принимать количество испаряемой влаги в среднем 0,03 г/(м²·с) при условии, что упругость водяных паров, насыщающих воздух при температуре испарения, равна или меньше упругости их в воздухе.

Поверхность испарения может быть принята равной поверхности пола всего склада. В складе концентратов выделения тепла незначительны (зимой тепла не хватает), поэтому воздухообмен определяется только по избытку влаги. Предельно допустимой относительной влажностью следует считать 70—75% при угловом коэффициенте диаграммы влажного воздуха менее 600. Для ори-

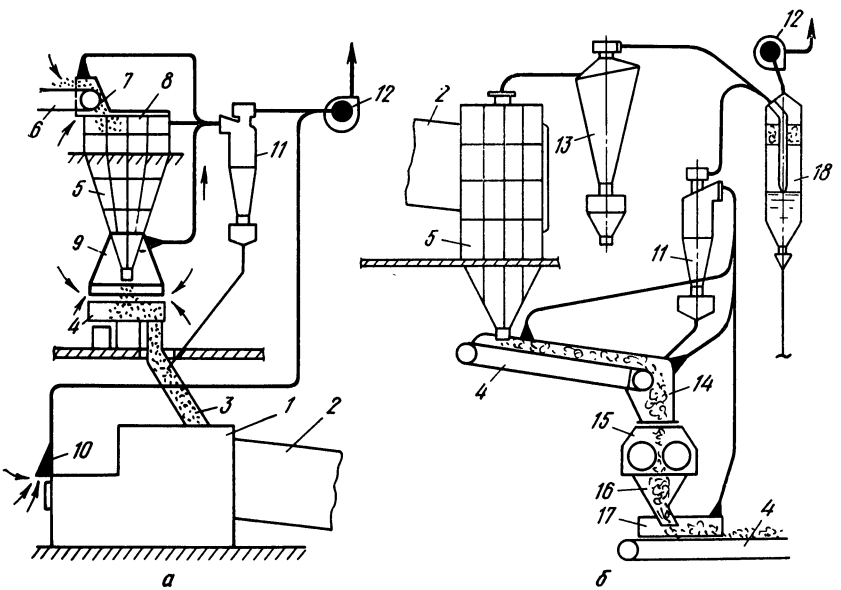


Рис. 31. Схема аспирации сушильного барабана для концентратов:
а — загрузочная часть; *б* — разгрузочная часть; *1* — выносная топка; *2* — барабан; *3* — течка; *4* — питатель; *5* — бункер; *6* — транспортер; *7* — люк; *8* — крышка бункера; *9* — зонт над питателем; *10* — зонт над топкой; *11* — циклон НИИОгаз; *12* — вентилятор; *13* — циклон СИОТ; *14* — укрытие питателя; *15* — дробилка; *16* — бункер дробилки; *17* — укрытие транспортера; *18* — скруббер

ентировочных расчетов можно считать, что на 1 кг испаряемой влаги необходимо подавать 15—20 кг вентиляционного воздуха.

Подача влажного концентрата в зимнее время на сушилку через бункер и систему ленточных питателей не вызывает пылеобразования. В летнее время шихтовка концентратов в бункер и пересыпка его из бункера на питатель сопровождается большим пылевыделением. Аспирация бункера и питателя склада концентратов подробно описана в гл. 1.

Сушке подвергаются концентраты влажностью более 9—10%. В настоящее время в цветной металлургии, особенно на цинковых заводах, получили распространение барабанные сушила, работающие при непосредственном контакте материала с горячими газами топлива. В качестве топлива применяются каменный уголь, сжигаемый в слое на колосниках или в виде пыли, мазут и природный газ, сжигаемые в выносных топках. В последнее время мазут и природный газ сжигаются в барабане печи. На рис. 31,*а* показана схема местной вытяжной вентиляции, рекомендуемой для загрузочной части барабанной установки сушки цинковых концентратов с влажностью выше 10%.

Концентраты из склада по транспортеру поступают в бункер сушильного барабана и далее тарельчатым питателем по течке загружаются в печь. Для обеспыливания бункера при его загрузке предусматривается отсос запыленного воздуха. Количество этого воздуха может быть определено формулой

$$L_а = L_э + L_и.$$

При загрузке бункеров реверсивными конвейерами

$$L_э = 2{,}1\, w_м \text{ и } L_и = 3600 \cdot F_и v_и \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Скорость просасывания принимается равной 0,5—1,0 м/с.

Для отсоса запыленного воздуха с тарельчатого питателя применяют зонт с подключением его к вытяжной вентиляции бункера, так как при нарушении топочного режима сушки и при его форсировании топочные газы по течке могут проникать в помещение цеха. Количество отсасываемого воздуха следует принимать по скорости в щелях укрытия, равной 0,5—1 м/с. Для той же цели предусматривается установка зонта над топочными дверками с отсосом воздуха в количестве, определенном по расчету в каждом отдельном случае, но не менее 500 м³/ч. Очистка этого воздуха от пыли осуществляется в групповых циклонах. При проектировании аспирации загрузочной части сушилки в каждом отдельном случае решается вопрос о целесообразности установки циклонов с учетом того, что вентиляционные газы очищаются в скрубберах.

С поверхности барабана выделяется в помещение цеха большое количество тепла, что ухудшает метеорологические условия и способствует большой подвижности воздуха, а это обусловливает разнос вредностей по цеху и вынос их за его пределы. Количество тепла подсчитывается в зависимости от температуры сушки по известной в технической литературе методике и по графикам.

На рис. 31,*б* показана схема отсоса газов из сушилки и аспирация мест пересыпок, дробления и транспортировки высушенного концентрата. Отсасываемые от разгрузочной части сушильного барабана газы очищаются в циклонах. Для этой цели на некоторых заводах установлены циклоны СИОТ. Однако пыль улавливается плохо и коэффициент очистки не превышает 60%. Поэтому устраивается вторая ступень очистки с установкой скрубберов ударного действия. Тип и конструкцию циклона следует выбирать с учетом того, что температура газов не ниже 120—150°С и дисперсность пыли около 0,07—0,1 мм.

Количество сушильных газов рассчитывается по известной методике. Практически расход газов составляет 1100—1200 м³/ч на 1 т высушенного концентрата. Удельные затраты тепла около 3780—4180 кДж/кг (900—1000 ккал/кг) влаги. Аспирационное укрытие питателя годного концентрата, может быть выполнено по типовым чертежам «двойного кожуха» СИОТ. Это укрытие значительно снижает вынос пыли, которая представляет очень мелкую систему, имеющую высокую температуру.

В практике цинковых заводов для дробления спекшихся кусков концентрата после сушки применяют дезинтеграторы или дисковые дробилки, кожухи которых достаточно хорошо герметизированы и оборудованы аспирационным устройством. Транспортеры, подающие сухой концентрат в печи кипящего слоя, должны быть достаточно герметично укрыты и аспирированы, что исключает

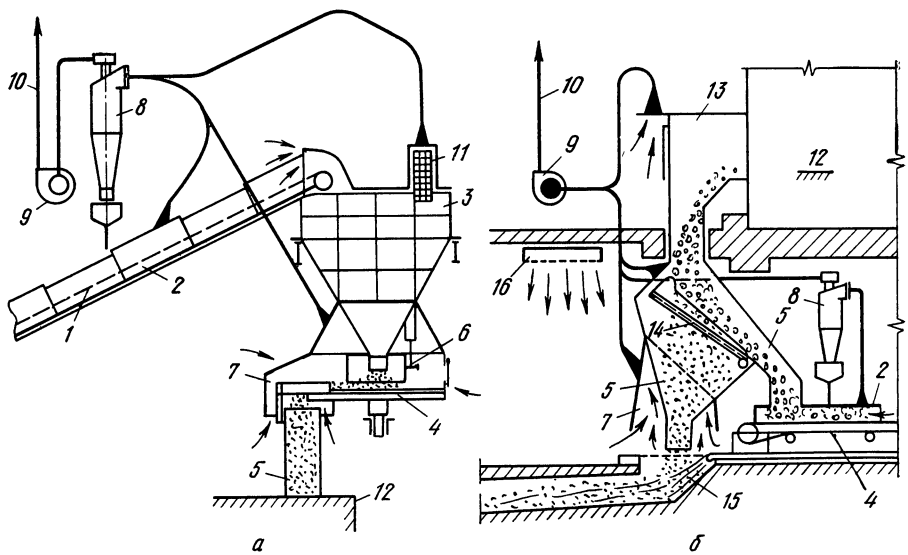


Рис. 32. Схема аспирации печи кипящего слоя:
а — транспортера и бункера загрузки; *б* — узла выпрузки обожженного огарка; *1* — транспортер; *2* — укрытие транспортера; *3* — бункер; *4* — питатель; *5* — течка; *6* — регулятор разгрузки бункера; *7* — зонт; *8* — циклон; *9* — вентилятор; *10* — выброс в коллектор; *11* — рукавные фильтры; *12* — печь кипящего слоя; *13* — разгрузочная камера; *14* — грохот; *15* — желоб пульпы; *16* — перфорированный приточный воздуховод

большой унос пыли и потерю концентрата. Очевидно, для снижения потерь транспортировать такой концентрат следует в аэрожелобах или подавать пневматическим транспортом в бункера обжиговых печей кипящего слоя.

Схема аспирации в обжиговых цехах места загрузки бункера печи кипящего слоя сухими концентратами приведена на рис. 32,*а*. Подача концентрата из сушильного отделения производится ленточным транспортером, укрытым надвижным кожухом. Отсос пыли и газа из верхней части наклонного транспортера и бункера обусловлен наличием в укрытии восходящих токов воздуха. Объем отсасываемой газо-воздушной смеси из укрытия наклонного транспортера определяется по формулам, приведенным в гл. 1.

Тарельчатый питатель для разгрузки бункера укрывается аспирационным зонтом. Количество отсасываемого воздуха определяется скоростью его в неплотностях укрытия, равной 0,5—1,0 м/с. В этом зонте имеются люки для регулирования разгрузки бункера, площадь которых должна учитываться при определении объема отсасываемого воздуха.

Схема местной вытяжной вентиляции узла выгрузки обожженного огарка из печи представлена на рис. 32,*б*. Из камеры печи огарок по течке выгружается на грохот. Крупная фракция поступает в питатель, элеватор и вновь загружается в печь, мелкая — просыпается в желоб с раствором слива кислой ветви выщелачивания и отработанного электролита и далее сливается в пневматические мешалки — пачуки классификационного отделения обжигового цеха.

В период выгрузки огарка из печи и смешения его с раствором кислого выщелачивания выделяется большое количество смеси пара, газа и воздуха. Отсос этой смеси от места ее возникновения осуществляется вентиляционным зонтом. Объем смеси равен количеству воздуха в теплой струе, поднимающейся над желобом и определяется по формулам скоростей горячих конвективных струй:

Средняя скорость по сечению зонта равна

$$v_к = 2{,}32 \cdot 0{,}5 \sqrt[3]{\frac{Q_к}{H}} \text{ м/с},$$

$$Q_к = \frac{\alpha_к F (t_п - t_о)}{3600} \text{ кДж/с (ккал/с)},$$

где $Q_к$ — количество тепла передаваемого конвекцией;

H — высота подвески зонта, равная 1 м;

F — поверхность теплоотдачи, равная в данном случае 3 м²;

$\alpha_к$ — коэффициент конвективной теплоотдачи, равный 15 Вт/м² град [13 ккал/(м²·ч·град)];

$t_п$ — температура поверхности, равная в среднем 400°С;

$t_о$ — температура окружающего воздуха (20°С);

Количество воздуха, отсасываемое от установки, равно 18 тыс. м³/ч, на 1 м² решетки желоба — около 6 тыс. м³/(м²·ч).

Схема общеобменной приточно-вытяжной вентиляции в печном

отделении обжигового цеха приведена на рис. 33. На схеме видно, что вокруг кожуха печи оставляется зазор для отвода в верхнюю зону конвективных токов воздуха, загрязненного газами. Зазор оформляется концентричным кольцом, приподнятым над уровнем пола площадки на 50—100 мм. В верхней части выполняется кольцевой воздуховод или зонт, через который вентилятором отсасываются вентиляционные газы. Для организации конвективных токов вдоль горячих поверхностей печи и для улучшения санитарно-гигиенических условий на рабочих площадках рекомендуется приточный воздух подавать через перфорированные воздуховоды, подвешенные под рабочими площадками.

Количество воздуха в конвективной струе, поднимающейся вдоль горячих поверхностей печи, при условии средней температуры стенки 100°С, температуры в помещении цеха 20°С, общей вертикальной поверхности печи 180 м² и высоте ее 12 м (по формуле В. В. Батурина, В. М. Эльтермана и И. А. Шепелева) равно:

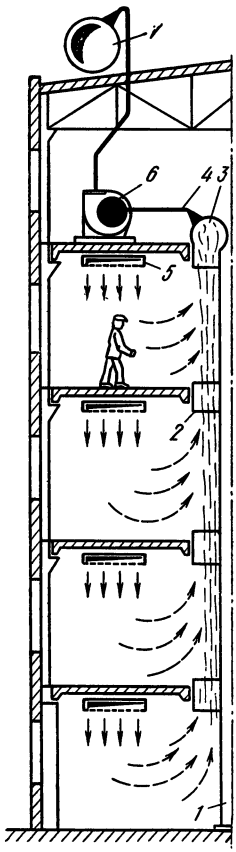


Рис. 33. Схема вентиляции обжигового цеха:
1 — печь; *2* — зазоры; *3* — кольцевой газоход; *4* — патрубок к вентилятору; *5* — перфорированный приточный воздуховод; *6* — вентилятор; *7* — коллектор

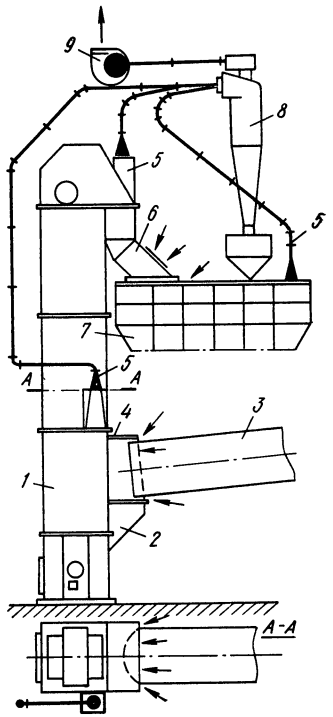


Рис. 34. Схема аспирации элеватора:
1 — элеватор; *2* — загрузочная воронка; *3* — труба, питатель; *4* — укрытие: *5* — отсос запыленного воздуха; *6* — течка; *7* — бункер; *8* — циклон; *9* — вентилятор

$$= 0{,}098 \sqrt[3]{Q_к Z^5} = 0{,}098 \sqrt[3]{31 \cdot 12^5} = 19{,}8 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Средняя скорость воздуха $v_{ср}$ на верхней площадке кольцевого зазора площадью 4—4,5 м² будет находиться в пределах 4,5—5 м/с.

При транспортировке горячего огарка в цех выщелачивания пыль выделяется в местах загрузки элеватора и промежуточного бункера. Как в элеваторе, так и в бункере при загрузке возникает повышенное давление, и пыль выбивается через неплотности в кожухе и в бункере. Во избежание распространения пыли по помещению цеха осуществляется аспирация низа и верха элеватора и бункера (рис. 34).

Количество воздуха, отсасываемого аспирационной установкой от низа элеватора, определяется по эмпирической формуле

$$L = 1400 \cdot F \text{ м}^3/\text{ч},$$

где F — сечние кожуха элеватора, м².

Количество воздуха, извлекаемого из верхней части кожуха элеватора, зависит от высоты элеватора, температуры материала и от ширины ленты ковшей. При высоте элеватора более 10 м и температуре материала более 50°С объем воздуха может приниматься равным:

$$L = 2{,}5 \div 3{,}5\, \alpha B \text{ м}^3/\text{ч},$$

где B — ширина ленты ковшей элеватора, мм;

α — коэффициент, учитывающий температуру материала $t_м$: при $t_м = 50$°С равен 1,2; при $t_м = 100$°С равен 1,8.

Объем воздуха, извлекаемого из бункеров, определяется по количеству загружаемого материала и высоте сбрасывания его в бункер по течке.

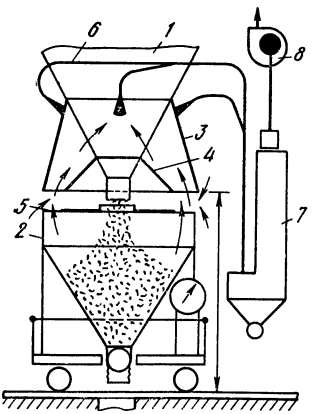


Рис. 35. Схема аспирации загрузки бункера вагон-весов:
1 — накопительный бункер; *2* — бункер вагона; *3* — зонт; *4* — внутренний зонт; *5* — щели в укрытии бункера вагона; *6* — воздуховоды; *7* — фильтр; *8* — вентилятор

Аспирация вагон-весов для подачи сухого огарка в реакторы цеха выщелачивания аналогична аспирации бункеров. Огарок из накопительного бункера ссыпается в бункер вагон-весов с высоты 2,5—3 м через вертикальную течку.

Схема аспирации места загрузки вагон-весов представлена на рис. 35. С массой огарка в бункер заносится и эжектируемый воздух, где в момент загрузки создается повышенное давление. Снижение этого давления происходит через щель, оставленную по периметру крышки бункера вагон-весов. Отсос запыленного воздуха из бункера осуществляется зонтом, активизированным щелью, которая находится

над щелью вагона. Количество воздуха, отсасываемого из укрытия вагон-весов, может быть определено по формуле

$$L = 0{,}12\,W_м \cdot v_м^2 + W_м + 3600\,F \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $W_м$ — количество материала, м³/ч;
$v_м$ — скорость падения материала, м/с;
F — площадь проемов бункера, м².

По материалам испытаний института «Сантехпроект» количество отсасываемого воздуха из аналогичного укрытия равно 3200 м³/ч, что совпадает с расчетным при следующих исходных данных: $W_м = 200 \div 250$ м³/ч, площадь проемов в бункере $F = 0{,}7 \div 0{,}8$ м² и высота падения материала в бункер 0,5 м.

Баки с механическим перемешиванием (реакторы) устанавливают при периодическом процессе выщелачивания. Отсос паров и газов из этих аппаратов производится естественным путем или при помощи эжекции низкого давления. На рис. 36 приведена схема

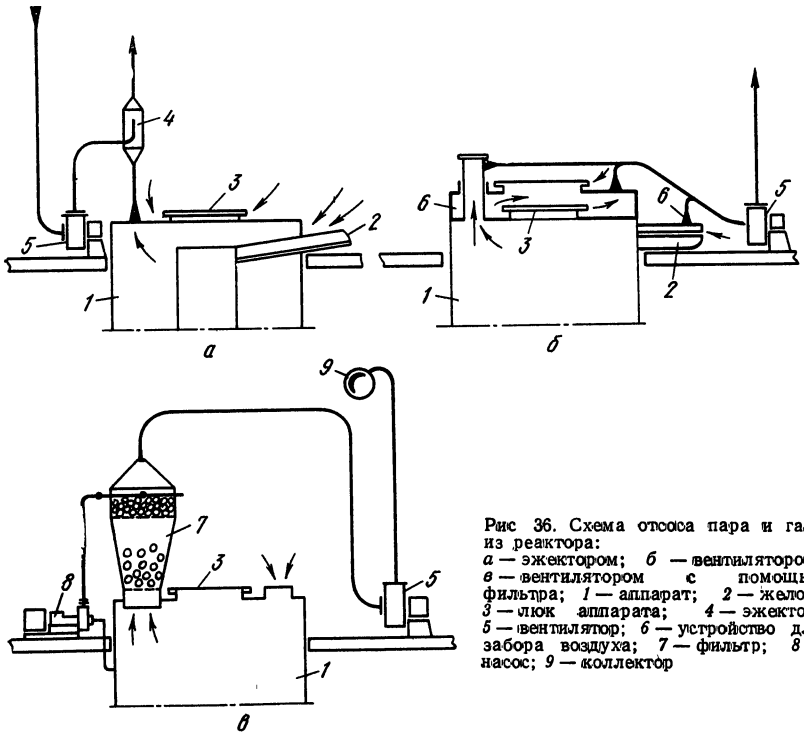


Рис 36. Схема отсоса пара и газа из реактора:
а — эжектором; *б* — вентилятором; *в* — вентилятором с помощью фильтра; *1* — аппарат; *2* — желоб; *3* — люк аппарата; *4* — эжектор; *5* — вентилятор; *6* — устройство для забора воздуха; *7* — фильтр; *8* — насос; *9* — коллектор

эжекторной установки низкого давления с выбросом газов в атмосферу выше крыши цеха, рекомендуемая на основании практического опыта и исследования Сантехпроекта.

Для уменьшения загрязнения атмосферного воздуха вокруг цеха выбросы из реакторов следует производить централизованно

через высокие вентиляционные шахты или трубы. Забор воздуха для эжекторов осуществляется в этом случае из верхней зоны. Это мероприятие значительно уменьшает подсос загрязненного воздуха на рабочие площадки реакторов. Загрузочное отверстие должно быть открыто для обеспечения отсоса паров и газа. По данным Сантехпроекта, количество отсасываемого из реактора воздуха составляет 2500 м³/ч, производительность эжекторной установки 4500—5000 м³/ч.

Отсос паров и газов от пневматических агитаторов-пачуков также производится при помощи эжекторной установки. На рис. 36,*а* показана такая схема. Объем отсасываемого из этих аппаратов воздуха 2—2,5 тыс. м³/ч. Общая производительность установки при коэффициенте эжекции, равном 1, составляет 5 тыс. м³/ч. Для централизации вентиляционных газов и их очистки предлагается схема отсоса паров от технологического оборудования центробежным вентилятором через аппарат, представляющий собой установку «псевдоожиженного» фильтра форсуночного типа. Конструктивная схема такого отсоса от реактора приведена на рис. 36,*в*.

Сгуститель для осаждения из раствора взвешенных частиц представляет собой бак диаметром 10—18 м и высотой 4—5 м с подвешенным перегребным механизмом. Верх бака перекрывается крышкой. Так как расстояние до крышки сгустителя от поверхности пульпы небольшое, то и объем для накопления пара и газа над поверхностью жидкости мал, что обусловливает устройство нескольких отсосов, распределенных равномерно по чану. Отсос паров осуществляется эжекцией низкого давления или через «псевдоожиженный» фильтр со сбросом очищенных вентиляционных газов в общий коллектор.

Объем отсасываемых газов от одного сгустителя можно принять равным 2—2,5 тыс. м³/ч, по аналогии с объемом газов, отсасываемых из пачуков и реакторов. Количество выбрасываемых в атмосферу газов равно 4—5 тыс. м³/ч.

Цинковый кек перед выводом его из процесса необходимо отделить от раствора и промыть. Это осуществляется в вакуум-фильтрах периодического действия. Из бетонных бункеров, где производится пневматическое перемешивание раствора, выделяется большое количество загрязненного пара. Пар выделяется и с поверхности фильтровальной корзины во время подъема из бункера и переноса ее мостовым краном на промывку. Для ассимиляции пара и для направления его к вытяжным отверстиям вдоль бортов бункеров фильтров устраивается воздушная завеса с температурой воздуха в струе 20—22°С. Направление струи завесы может быть вертикальное или с наклоном к центру фильтра. Последнее дает возможность рабочим близко подойти к борту фильтра, не попадая в струю воздуха. На рис. 37 показана схема подачи приточного воздуха вдоль бортов фильтров. Скорость выхода воздуха из щели должна быть не более 8—10 м/с. Ширина щели 0,1—0,15 м. Количество подаваемого воздуха на один метр

длины бункера равно 3—5 тыс. м³/ч. Этот воздух удаляется из верхней зоны помещения с помощью общеобменной вытяжной вентиляции.

Возможно решение вентиляции вакуум-фильтров путем устройства емкого укрытия с мостовым краном. Это укрытие представляет собой изолированное от цеха помещение, из которого производится отсос газов и подача приточного воздуха на рабочие места.

Вентиляция выщелачивательного цеха схематично выглядит следующим образом: источники выделения вредностей в виде пыли, пара и газа локализуются устройством местной вытяжной вентиляции, ассимиляция тепла и влаги осуществляется подачей приточного воздуха в рабочую зону у аппаратов, выделяющих тепло и влагу. Часть приточного воздуха подается в верхнюю зону при помощи осевых вентиляторов с калориферами. Удаление воздуха из цеха производится крышными вентиляторами или через аэрационные фонари при условии дистанционного управления ими.

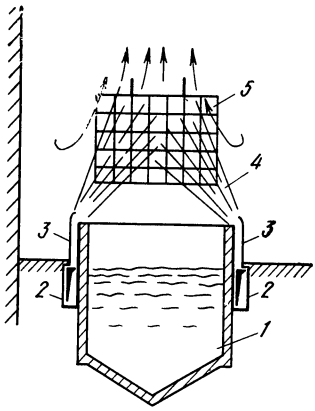


Рис. 37. Схема подачи приточного воздуха вдоль бункеров вакуум-фильтров:
1 — бункер; *2* — приточный канал; *3* — щель; *4* — струя воздуха; *5* — корзина фильтра

Общее количество выделяемого тепла в цех может быть определено по теплонапряжению помещения, которое находится в пределах от 18,6—23 Вт/м³ [16—21 ккал/(м³·ч)]. Кратность воздухообмена, обеспечивающая нормальные условия труда, равна 2—3 объемам в час. Выделение влаги в воздух выщелачивательного цеха из аппаратов, желобов и с пола помещения определяется расчетом. Но можно рекомендовать, ввиду сложности расчета и его приближенности (так как в разное время и при разных условиях эксплуатации аппаратов смоченная поверхность будет разная) принимать удельное количество выделяемой влаги 0,02—0,03 кг с 1 м³ объема здания, или 0,2—0,3 кг с 1 м² пола помещения; это определено практическими замерами при различных метеорологических условиях и разном микроклимате цеха.

Схема поперечного разреза выщелачивательного цеха с указанием движения воздуха при работающей приточно-вытяжной вентиляции представлена на рис. 38. Как видно на схеме, приточный воздух подается в рабочую зону на отметке 0,0 через приточные насадки с перфорированным выпуском. На отметку рабочей площадки обслуживания верхней части аппаратов приточный воздух поступает снизу через щели в полу, расположенные у стенок аппаратов по их периметру. Размещение приточных каналов для этой вентиляции решается в каждом отдельном случае в соответствии с местными условиями. Они могут располагаться в полу на

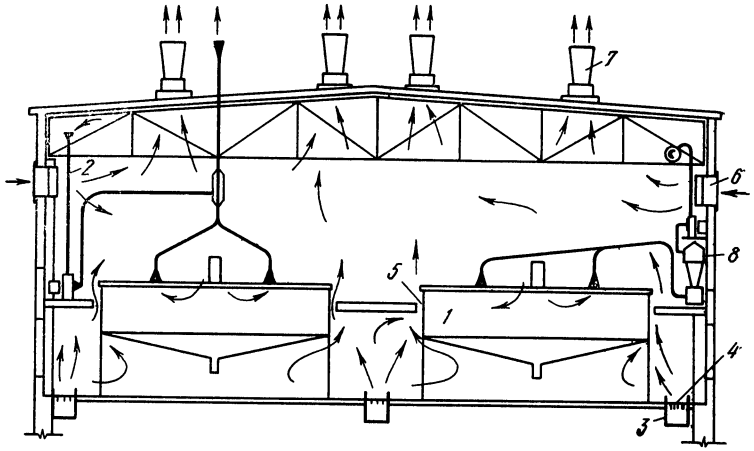


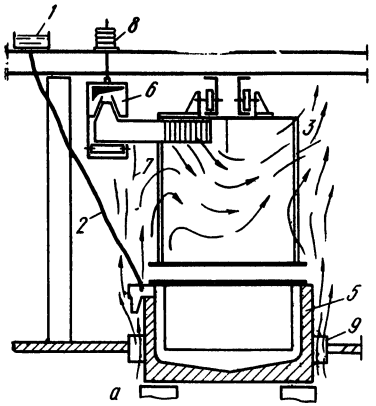
Рис. 38. Схема вентиляции в помещении цеха выщелачивания:
1 — производственная аппаратура; *2* — заборное устройство эжекторной установки; *3* — воздуховод приточной вентиляции; *4* — приточный насадок; *5* — щелевой выпуск приточного воздуха; *6* — вентиляционно-отопительные агрегаты; *7* — крышные вентиляторы; *8* — фильтр

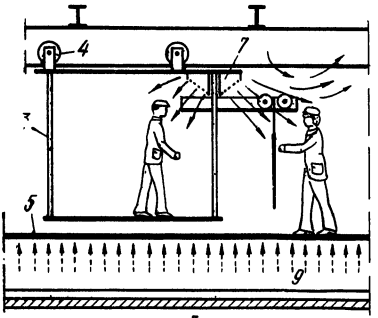
нижней отметке вдоль длинной оси здания или подвешиваться под перекрытием.

Приток наружного воздуха в верхнюю зону для ассимиляции избыточной влажности осуществляется в зимнее время осевыми вентиляторами с калориферами. Воздух для этой цели подогревается до 40—50°С, его количество определяется расчетом в зависимости от тепло-воздушного баланса помещения. Отсос воздуха из помещения производится местной вытяжной вентиляцией и крышными вентиляторами.

Наибольшее количество вредных выделений в цинковом производстве наблюдается в электролизных цехах. Постоянным источником испарения серной кислоты, выделения влаги и тепла являются открытые поверхности ванн. В существующих цехах для уменьшения поверхности испарения электролита в ванны подаются различные присадки, которые, однако, не могут создать вокруг многочисленных анодов и катодов эффектно действующего защитного слоя, и пары серной кислоты поступают в воздух цеха.

Улучшение санитарно-гигиенических условий труда катодчиков и сдирщиков цинка, рабочее место которых расположено над ваннами, может быть достигнуто путем устройства местной приточной вентиляции в виде воздушного оазиса или душа. На рис. 39,*а* и 39,*б* показана схема такой вентиляции, устройство которой связано с конструкцией перемещаемого механического стола для сдирки катодного цинка. Стол перемещается над электролитными ваннами. Приточный воздух на рабочие места подается по воздуховоду с резиновыми клапанами по типу, принятому для вентиляции кабин мостовых кранов. Этот воздуховод прокладывается вдоль рельсов механического стола и тщательно изолируется от





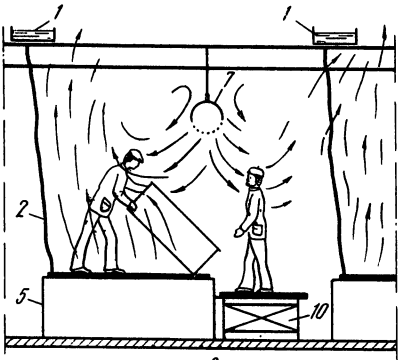


Рис. 39. **Схемы приточной вентиляции** механического стола для сдирки катодного цинка и стационарного сдирочного стола:
1 — желоб; *2* — шланг; *3* — каркас механического стола; *4* — рельсы; *5* — электролитные ванны; *6* — воздуховод с резиновыми клапанами; *7* — приточный насадок; *8* — изолятор; *9* — щель подачи приточного воздуха; *10* — стол сдирки

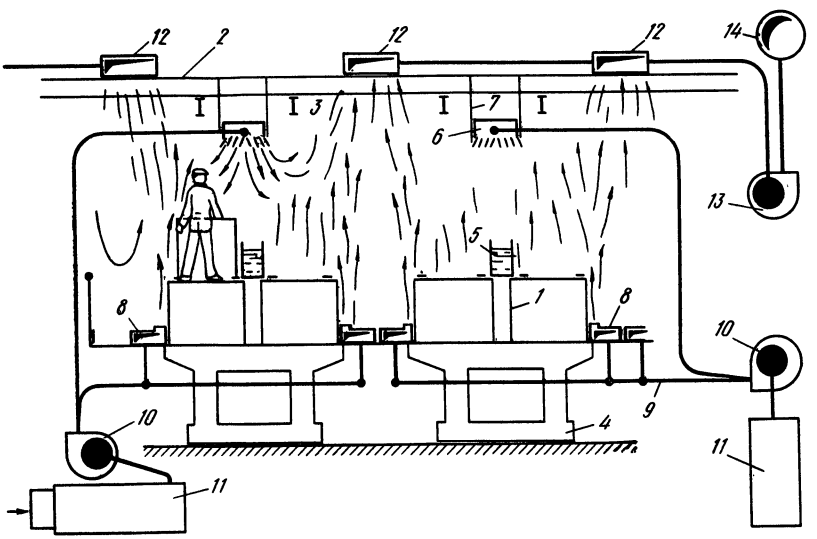


Рис. 40. Схема подачи воздуха к электролитным ваннам:
1 — серия ванн; *2* — металлическая балка; *3* — тельфер; *4* — фундамент ванн; *5* — желоба электролита; *6* — воздуховод равномерной раздачи; *7* — подвески; *8* — каналы в полу; *9* — воздуховоды; *10* — приточный вентилятор; *11* — кондиционер; *12* — вытяжные каналы; *13* — вытяжной вентилятор; *14* — общий коллектор

земли или выполняется из неэлектропроводных материалов. Выпуск воздуха производится через перфорированные насадки или патрубки со скоростью не более 1—1,5 м/с, высота расположения

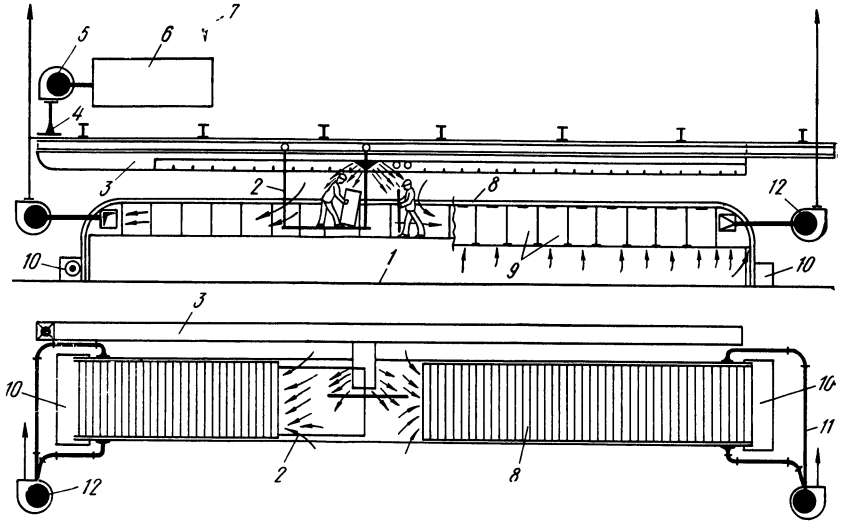


Рис. 41. Схема укрытия серии электролитных ванн гибкой шторой:
1 — ванны; *2* — передвижной стол; *3* — воздуховод с резиновыми клапанами; *4* — патрубок к вентилятору; *5* — вентилятор; *6* — кондиционер; *7* — забор чистого воздуха; *8* — гибкая штора; *9* — боковое укрытие на шарнирах; *10* — механизм наматывания гибкой шторы; *11* — газоход; *12* — отсасывающие вентиляторы, защищенные от действия сернистого газа и паров серной кислоты

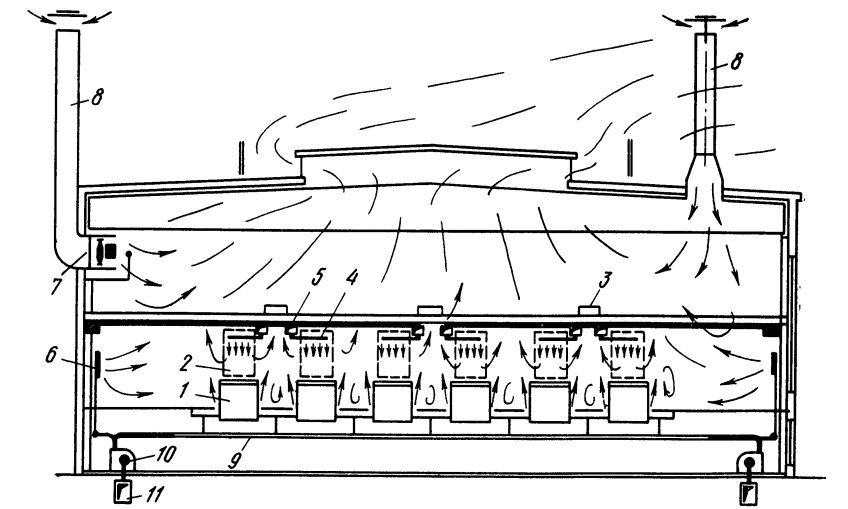


Рис. 42. Схема вентиляции электролитного цеха:
1 — ванны; *2* — механический стол; *3* — желоба электролита; *4* — приточные, перфорированные насадки; *5* — каналы с резиновыми клапанами; *6* — приточные настенные насадки; *7* — отопительно-вентиляционный агрегат; *8* — крышный вентилятор; *9* — коллектор чистого воздуха; *10* — вентиляторы; *11* — каналы чистого воздуха

их над полом механического стола или над ванной не должна превышать 2 м во избежание подсасывания к приточной струе окружающего загрязненного воздуха.

При сдирке катодного цинка на стационарных столах устройство приточной вентиляции на рабочее место может быть выполнено по схеме, приведенной на рис. 39,*в*. В проходе между ваннами подвешивается воздуховод с приточными насадками над столами сдирки. Параллельно этому воздуховоду прокладывается воздуховод равномерной подачи воздуха на рабочие места катодчиков, находящихся на ваннах. Эти воздуховоды могут быть подвешены к конструкциям перекрытия цеха или к конструкциям, поддерживающим желоба электролита.

При обслуживании ванн с пола подачу приточного воздуха на рабочие места следует осуществлять через щели в полу вдоль ванн, как показано на рис. 40.

Для улучшения условий труда во всех помещениях отделения электролитных ванн и снижения загрязнения наружной атмосферы необходимо устройство укрытия ванн с отсосом паров серной кислоты. В настоящее время пока нет разработанной конструкции такого укрытия, которое не мешало бы обслуживанию ванн.

На рис. 41 предлагается схема укрытия, связанная с механическим сдирочным столом. При его движении вдоль ванн с задней стороны штора натягивается, а с передней — сдвигается. На концах ряда ванн шторы наматываются или сматываются с роликов. Штора перемещается по направляющим рельсам, на нижней полке которых укреплены ролики. Штора выполняется гибкой из синтетических материалов или из профилированного алюминия. Направляющие и стойки — из алюминия или титана. Объем воздуха, отсасываемого из такого укрытия, можно определить по скорости воздуха в щелях, равной 1—1,5 м/с.

Общий вид вентиляции электролитного цеха приводится на схеме поперечного разреза (рис. 42). В левой части разреза видна установка осевого вентилятора с калориферами, в правой части — подача воздуха крышным вентилятором с высокой шахтой.

На рис. 43 показана схема вентиляции плавильной печи отде-

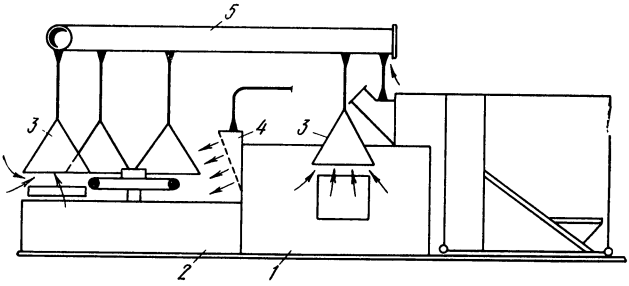


Рис. 43. Схема вентиляции печи и разливочной машины плавки катодного цинка:
1 — индукционная печь; *2* — карусельная разливочная машина; *3* — зонты; *4* — приточный насадок; *5* — коллектор

ления электролитного цеха. Источники выделения газа и пыли плавильной печи и разливочной машины локализуются местными отсосами, устанавливаемыми над дроссовым окном печи и над изложницами разливочной машины. Зонты над изложницами соединяются между собой коллектором с последующим отводом газов на очистку в рукавный фильтр РФГ-V. Общее количество отсасываемого воздуха от печи составляет 10 тыс. м³/ч, из которого 4 тыс. м³/ч от загрузочного окна и 6 тыс. м³/ч от дроссового.

На рабочее место съемщика пены подводится приточный воздух и выдается через насадок с предельной скоростью равной 0,5 м/с.

Пульпа цинкового производства гидротранспортом подается в фильтровально-сушильное отделение, где фильтруется на вакуумных фильтрах при температуре 70—80°С. Фильтрат перекачивается на производство цинка, а кек влажностью 35—40% сбрасывается в бункера и по течкам поступает на сушку в трубчатые сушильные барабаны. Сушка производится при температуре 650—700°С. Высушенный кек, а также коксик системой ленточных транспортеров и питателей подаются в бункера трубчатых печей на вельц-процесс. Основные вредности, присутствующие при проведении фильтрации и сушки, — избыточное тепло, соединения свинца, цинка, мышьяка, сернистый ангидрид.

Единственный способ локализации вредностей от дисковых вакуум-фильтров — их полное укрытие. Укрытия делаются легкими, верх снимается при проведении ремонта фильтра, торцы закрыты, фронтальная часть завешивается тканевыми шторами, позволяющими проводить замену ткани на секторах дисков. Варианты укрытия показаны на рис. 44.

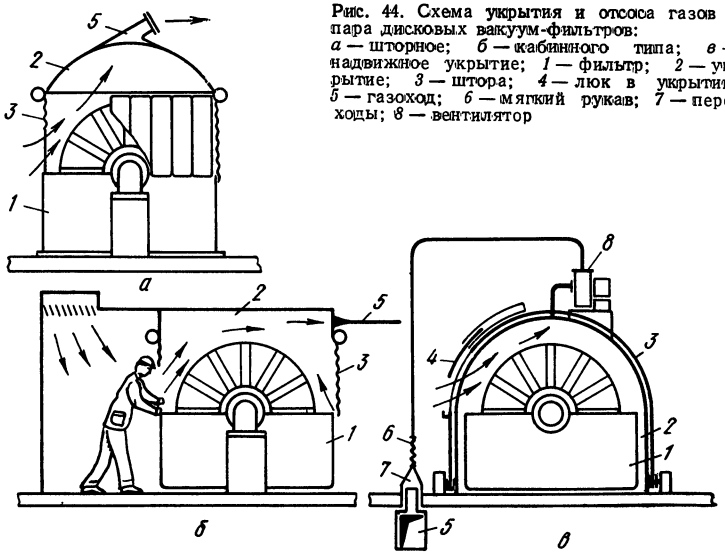


Рис. 44. Схема укрытия и отсоса газов и пара дисковых вакуум-фильтров:
а — шторное; *б* — кабинного типа; *в* — надвижное укрытие; *1* — фильтр; *2* — укрытие; *3* — штора; *4* — люк в укрытии; *5* — газоход; *6* — мягкий рукав; *7* — переходы; *8* — вентилятор

Воздух, отсасываемый от фильтров, объединяется в систему, загрязненный воздух после очистки выбрасывается вентилятором в атмосферу. Объем вытяжки с одного фильтра определяется по формулам:

$$L_{от} = 1{,}35\, L_в + L_н \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$L_н = 3600 \cdot F_н v \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $L_в$ — количество воздуха, подаваемого в фильтр для отдува кека с дисков, м³/ч;

$L_н$ — количество воздуха, подтекающего через неплотности в укрытии, м³/ч;

$F_н$ — расчетная площадь неплотностей укрытия и открытого рабочего проема (секции шторы), м²;

v — минимальная расчетная скорость воздуха в открытом проеме, м/с, принимаемая 0,7—1 м/с в этом примере.

Помещение, где установлены сушильные барабаны, характеризуется большими выделениями тепла от нагретых поверхностей и выбиванием газов от верхних и нижних головок сушильных барабанов. В существующих цехах барабаны и фильтры установлены совместно с другим оборудованием. Прежде чем организовать вентиляцию этих помещений, следует место установки барабанов отгородить от прочего оборудования перегородками. Вентиляция помещений должна быть общеобменная с отбором воздуха над верхними и нижними головками барабанов. Запыленный воздух следует направлять на вторую ступень очистки технологических газов от пыли.

Из узлов транспортировок и перегрузок материалов наибольший интерес представляет организация вентиляции в галерее перегрузки материала разгрузочной тележки в бункера вельц-печей. На рис. 45 приводится один из вариантов организации вентиляции с устройством оазисной галереи.

Расчет количества приточного воздуха ведется по минимальной расчетной скорости в рабочем проеме (0,3 м/с). Для конкретного

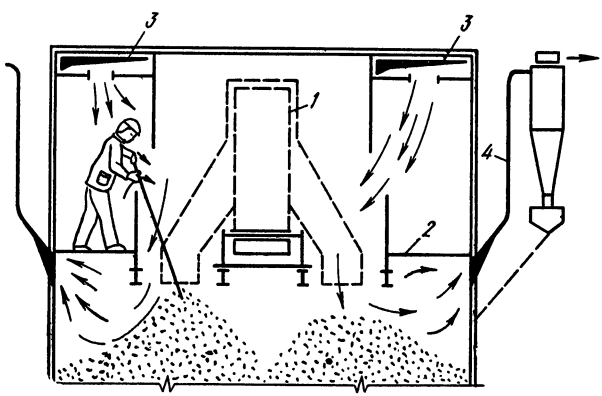


Рис. 45. Схема аспирации разгрузочной тележки транспортера в бункер вельц-печей:
1 — разгрузочная тележка; *2* — площадка для обслуживания; *3* — приточный воздуховод; *4* — вытяжной воздуховод из бункера

случая длина галереи 55 м, рабочий проем 0,7 м. Количество подаваемого воздуха с учетом 10%-ной утечки будет равно:

$$L = 1{,}1 \cdot 55 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}3 \cdot 3600 = 64\,340 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Вытяжка запыленного воздуха производится через бункера в объеме, равном объему приточного воздуха без учета утечек. По расчету количество воздуха, подлежащего вытяжке из одного бункера, составляет 2970 м³/ч.

Расчет аспирационного воздуха ведется по известной формуле

$$L = L_э + L_н,$$

где $L_э$ — количество воздуха, эжектируемого материалом, м³/ч;

$L_н$ — количество воздуха, подтекающего через неплотности.

Выгрузка сухих кеков из бункеров, пересыпка их в течку печи сопровождается также пылевыделением, и в некоторых случаях наблюдается выделение газа через эту течку. Аспирация этого узла может быть осуществлена по схеме, предложенной для отсоса пыли на загрузке печи кипящего слоя рис. 32,*а*. Аспирацию элеватора необходимо осуществлять по общепринятой схеме, приведенной на рис. 34.

Выгрузка остатка вельцевания из печи сопровождается большим выделением пыли и газа на уровне площадки обслуживания нижней головки, а ниже этой площадки раскаленный клинкер поступает в желоб с водой, где происходит его грануляция. Этот процесс сопровождается выделением пара.

Выделение тепла от печей может быть определено расчетом. Ориентировочно, можно принять количество тепла, выделяемое с 1 м² поверхности барабана печи, равным 2400—3000 Вт/м² [2100—2600 ккал/(м²·ч)]. Примерный тепловой баланс вельц-печи приведен в книге М. М. Лакерника и Г. Н. Пахомовой.

В помещении вельц-печей должна быть организована общеобменная приточно-вытяжная вентиляция с установкой крышных осевых вентиляторов для ассимиляции избытка тепла и отвода газа, поступающего в цех при нарушении тягового режима печей. На рис. 46 приведена схема возможного варианта вентиляции помещения. На крыше цеха устанавливают крышные вентиляторы приточные и вытяжные. В случае аварии и поступления большого количества сернистого газа в цех все крышные вентиляторы работают на выброс. Приточный воздух подается в кабины чистого воздуха, расположенные в цехе в зависимости от рабочих постов с максимальным пребыванием в них рабочих. Эти кабины могут быть выполнены в виде грибков с раздачей кондиционированного воздуха через перфорированный потолок. Могут применяться кабины других типов. Но все они не должны загромождать проходы и уменьшать видимость на рабочем месте (подробнее см. гл. 6).

На цинковых заводах в последнее время для цементации кадмия внедряется центробежный реактор-сепаратор (ЦРС). При загрузке ЦРС пульпой и цинковой пылью в помещение цеха выделяется большое количество паров пульпы и цинковой пыли. Электролитическое осаждение кадмия проводится в ваннах, аналогичных ван-

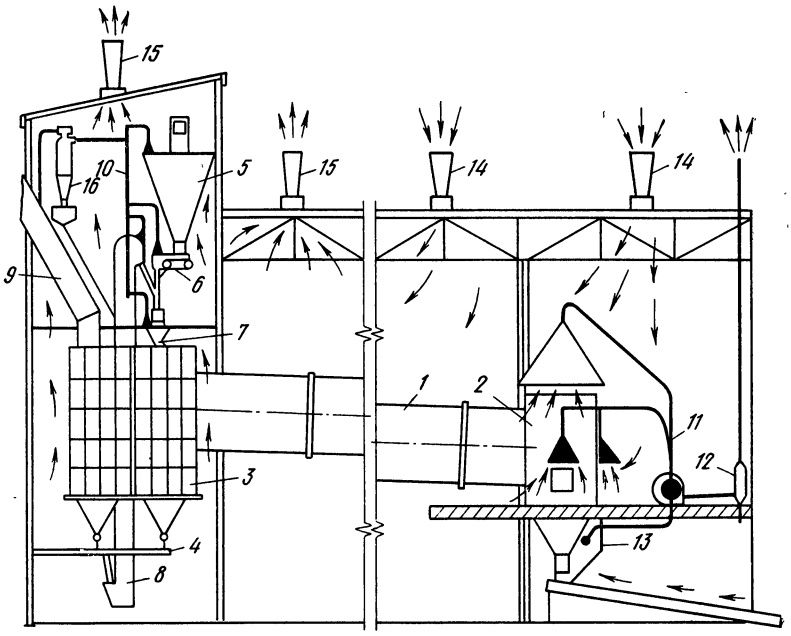


Рис. 46. Схема общеобменной вентиляции помещения вельц-печей:
1 — печь; *2* — нижняя головка печи; *3* — верхняя головка; *4* — шнек выгрузки просыпи; *5* — бункер; *6* — питатель; *7* — течка загрузки печи; *8* — элеватор возврата просыпи; *9* — газоход; *10* — система аспирации мест загрузки сухих кеков; *11* — отсос газов от нижней головки печи; *12* — каплеотделитель; *13* — укрытие желоба; *14* — реверсивные крышные вентиляторы; *15* — вытяжные крышные вентиляторы; *16* — циклон

нам для электролиза цинка. Из этих ванн в воздух помещения выделяются пары серной кислоты.

Переплавку катодного кадмия и брикетов кадмиевой губки производят в электрообогреваемых котлах под слоем едкого натра. Расплавленный кадмий разливается в изложницы. При рафинировании и переплавке катодного кадмия в помещение цеха выделяется большое количество вредных газов, содержащих в себе такие элементы, как пары серной кислоты, хлористого газа, мышьяковистого водорода.

Основное оборудование кадмиевых цехов, применяемое для выщелачивания и очистки растворов, а также для фильтрации пульп, не отличается от применяемого в цинковом производстве. Почти на всех переделах переработки медно-кадмиевых кеков в воздух помещения цеха выделяется мышьяковистый водород.

Фильтрация медно-кадмиевых кеков производится на дисковых вакуум-фильтрах непрерывного действия. При работе фильтра выделяется большое количество пара, загрязненного примесями электролита и кадмия. Для локализации выделения пара в помещении цеха можно применить надвижное устройство, схема которого приведена на рис. 44. Укрытие состоит из надвижной части и

съемной части с вентилятором. Отсасываемые из укрытия вентилятором пары направляются в канал, размещенный под полом, или в канал, расположенный под потолком площадки, на которой размещены фильтры. Возможно устройство укрытия вакуум-фильтра по схеме, приведенной на рис. 44,*в* с надвижной шторой.

Стирка салфеток фильтров производится в стиральных машинах, расположенных недалеко от фильтровальных установок. Укрытие этих машин и отсос пара из укрытия осуществляются надвижными зонтами и вентилятором. На рис. 47 показана схема та-

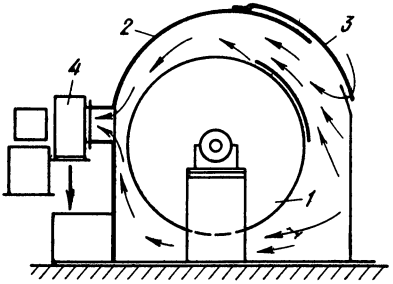


Рис. 47. Схема укрытия стиральной машины для стирки салфеток фильтров:
1 — стиральная машина; *2* — неподвижное укрытие; *3* — надвижной зонт; *4* — вентилятор

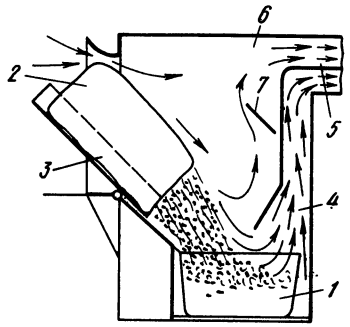


Рис. 48. Эскиз вытяжного шкафа для пересыпки цинковой пыли в желоб с электролитом:
1 — желоб; *2* — контейнер с пылью; *3* — качающийся желоб; *4* — щель для отсоса воздуха; *5* — дроссельный клапан; *6* — верхний отсос; *7* — отбойный щиток

кого укрытия. Объем отсасываемого воздуха от стиральной машины можно определить из расчета скорости воздуха в сечении зонта в пределах 0,3—0,5 м/с.

Для очистки кадмия применяется цинковая пыль, которая доставляется в аппараты ЦРС в контейнерах и выгружается в раствор, поступающий в аппарат. При выгрузке пыли происходит ее рассеивание в воздухе цеха. Улавливание цинковой пыли при этой операции может быть осуществлено устройством вытяжного шкафа с качающимся желобом. Этот шкаф с некоторым изменением может быть применен при разгрузке контейнеров с цинковой пылью для цементации кадмиевой губки. На рис. 48 дан эскиз шкафа с устройством отсоса из нижней части на уровне желоба и с установкой дроссельного клапана для регулирования нижнего отсоса.

Контейнер или бумажный мешок с пылью укладывается на качающийся желоб и закрепляется на нем, а затем опрокидывается внутрь шкафа. Объем отсасываемого воздуха определяется по скорости его в щели, равной скорости падения материала. При высоте падения пыли, равной 1 м, по течке с уклоном, равным 45° к горизонту, эта скорость равна:

$$v = \sqrt{19{,}62 \cdot 1 \cdot (1 - 1{,}2 \cdot 0{,}58 \operatorname{ctg} 45)} = 2{,}50 \text{ м/с}.$$

Таким образом, количество воздуха равно:

$$L_э = 3600 \cdot 2{,}5 \cdot F \text{ м}^3/\text{ч},$$

где F — площадь щели, м^2.

Переплавка катодного кадмия или брикетов кадмиевой губки производится в электрообогреваемых котлах под слоем едкого натра. Перед плавкой в котел загружается едкий натр и нагревается до температуры 400—450°С. После загрузки в котел заданного количества кадмия устанавливается мешалка и расплавленный металл перемешивается. При содержании в расплаве другого металла производится рафинирование и снятие дросса. Эти операции сопровождаются большим выделением конвективного тепла, пара и газов.

Отбор этих вредностей на практике производится вентиляционным зонтом с устройством механического подъема его в момент снятия дросса и установки мешалки. На рис. 49 показана схема установки этого зонта над плавильным котлом. Зонт во время установки мешалки и при снятии дросса поднимается лебедкой или вручную и висит на тягах. Во время процесса рафинирования зонт опускается и накрывает котел. При отборе газа в количестве 12 тыс. м^3/ч отсос работает эффективно.

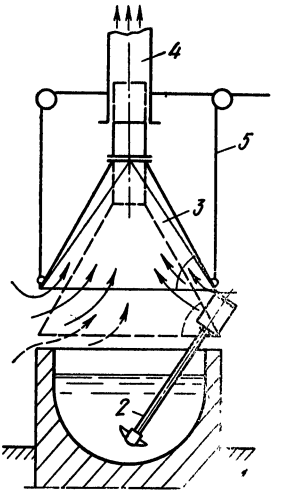


Рис. 49. Схема установки надвижного зонта над плавильным котлом кадмиевого отделения:
1 — котел; *2* — мешалка; *3* — зонт; *4* — телескопическая труба; *5* — подвески

Глава 3
ВЕНТИЛЯЦИЯ НА МЕДЕПЛАВИЛЬНЫХ ЗАВОДАХ

Медеплавильные заводы относятся к заводам с пирометаллургическим производством и являются источниками выделения в воздух цехов и окружающую атмосферу пыли, газа и тепла.

На рис. 50 приведена аппаратурная технологическая схема медеплавильного завода с указанием источников выделения вредностей.

На завод медную руду, флюсы и другие материалы подают вагонами *1* и разгружают в бункер *2* вагоноопрокидывателем. Из бункеров после крупного и среднего дробления *3* материалы направляют на склады *4*, откуда их системой

транспортеров и бункеров подают на мелкое дробление *5* и грохочение *6*. Затем измельченную руду и флюсы загружают в бункера *7* шихтовального отделения. Шихтовку производят на ленточном транспортере *8* и измельчают в мокрой среде в шаровых мельницах *9*. Шихту направляют на фильтрацию *10* и сушку *11*. Газы сушилки очищают в циклонах и рукавных фильтрах *12*. Часть высушенных концентратов направляют на плавку в рудоплавильные печи *13*, на конвертирование *14* и на склад концентратов *15*, куда вагонами в контейнерах *16* подают готовые концентраты с обогатительных фабрик. В зимнее время эти концентраты оттаивают на обогревательных площадках. Из склада *16* концентраты и флюсы подают на штабельную шихту *17*. Далее шихту обжигают в печах кипящего слоя *18* и плавят в рудоплавильной печи *13*. Черновую медь сливают в ковши *19* и разливают в изложницы *20*. В плавильной печи *21* переплавляют черновую медь на аноды, которые поступают в электролизный цех *22*, а далее на производство меди высокой чистоты *23*.

Медная руда на заводы поступает в больших количествах в железнодорожных вагонах и разгружается вагоноопрокидывателями с предварительным увлажнением в пределах, допустимых технологическим процессом переработки. Во время выгрузки ее в бункер массового пылеобразования не наблюдается. Более полное обеспыливание разгрузки достигается дополнительным увлажнением системой гидрообеспыливания, расположенной в верхней части бункера. Устройство приточной и вытяжной вентиляции подбункерного помещения, находящегося на глубине до 40 м от поверхности земли, осуществляется по схемам дробильного отделения. Аспирация пыли конусной дробилки крупного дробления, питателей и мест пересыпки дробленой руды осуществляется по схемам, приведенным в гл. 1. Вентиляция вагоноопрокидывателя, подробно описанная в гл. 5, может быть применена на медеплавильных заводах в случае отсутствия или недостаточного увлажнения руд. Для отопления цеха применяют воздушные завесы на воротах, выполненные с подогревом воздуха и его рециркуляцией по схеме, приведенной в гл. 5.

Для снижения подвижности воздуха и уменьшения образования вторичного пыления в помещении вагоноопрокидывателей рекомендуется устройство ветроотбойной стенки по схеме, приведенной в гл. 5. Стенка дает возможность уменьшить производительность воздушных завес, рассчитываемых по ветровому напору у ворот. По данным литературы максимальный напор, по которому определяется количество воздуха, подаваемого в завесу, находится в пределах 3—4 Н/м^2 (0,3—0,4 кгс/м^2). Воздушно-тепловые завесы осуществляются по типовым чертежам и здесь их схемы не приводятся.

Помещение пульта управления и кабина чистого воздуха оборудуются приточной вентиляцией от кондиционера. Описание устройства такой вентиляции приведено на рис. 25.

Вентиляция галерей и мест пересыпки среднего дробления показана на схемах гл. 1 и 5.

Для обеспечения санитарной чистоты воздуха в цехах, если окружающая завод атмосфера загрязнена сернистым газом и пылью, следует создавать приточной вентиляцией некоторое повышение давления, обеспечивающее движение воздуха из цеха. Это

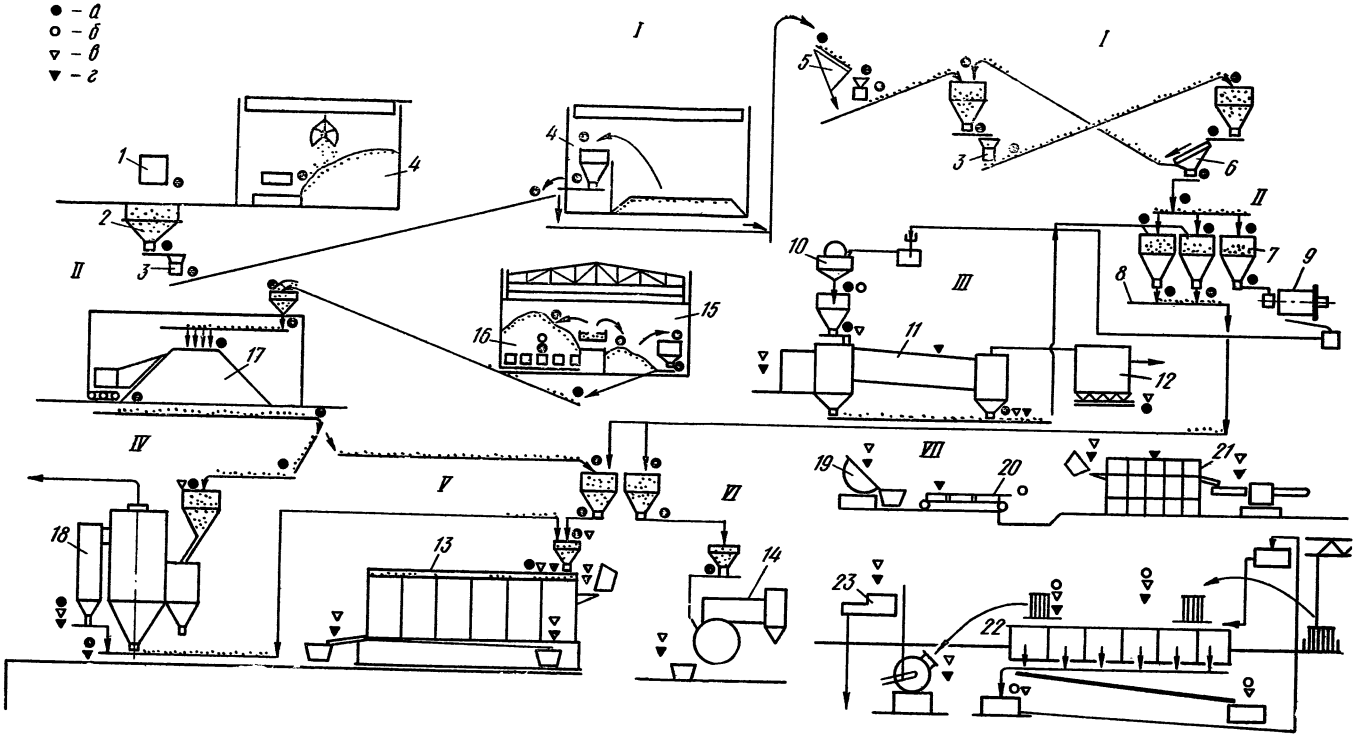


Рис. 50. Схема производства меди с указанием источников выделения вредностей. Отделения: *I* — дробильно-сортировочное; *II* — шихтовочное; *III* — фильтровально-сушильное; *IV* — обжиговое; *V* — плавильное; *VI* — конвертерное; *VII* — электролитное; *а* — пыль; *б* — пар; *в* — газ; *г* — лучистое тепло

возможно осуществить при обязательной аспирации и локализации всех источников выделения вредностей.

Получение медных концентратов из дробленых руд и флюсов производится путем их измельчения на шаровых мельницах во влажной среде.

Из мельниц пульпа поступает во флотационные машины, и в результате перемешивания и образования пены происходит интенсивное испарение влаги с выносом аэрозолей химических элементов, применяемых в процессе флотации.

Вентиляция помещений обогатительной фабрики аналогична вентиляции влажных цехов без избытков тепла.

Объем подаваемого воздуха в помещение цеха для ассимиляции влаги определяется по количеству воды, испаряемой с поверхности флотационных машин, открытых желобов слива хвостов и с поверхности смоченного пола.

На основании общей теории испарения жидкости в воздух w и теории подобия можно заключить, что скорость испарения зависит не только от разности парциальных давлений и скорости воздуха, но является также сложной функцией критериев подобия. Ниже приводится формула Л. С. Клячко и величины параметров этой формулы:

$$w = \frac{KC\left(p_{ж} - \frac{T_a}{T_в} - p_{ок}\right)}{B} \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)},$$

где T_a — абсолютная температура поверхности пульпы, °К;

$T_в$ — то же, воздуха в помещении, °К;

B — барометрическое давление, Н/м² (мм рт. ст.);

K и C — параметры, зависящие от температуры поверхности жидкости;

$p_{ж}$ и $p_{ок}$ — соответственно парциальное давление на поверхности жидкости и окружающей среды, Н/м². Ниже приводятся значения влаговыделения с 1 м² поверхности жидкости в час при температуре воздуха 20°С и относительной влажности его 75%;

Температура пульпы, °С	20	25	30	35
K	45,9	46,2	46,5	46,9
C	0,15	0,20	0,31	0,38
w	0,05	0,10	0,28	0,56

Учитывая динамическое состояние поверхности испарения пульпы во флотационной машине, следует расчетное количество испаряемой влаги увеличить, принимая 1 м² поверхности флотационной машины за 1,5—2 м² поверхности испарения. Испарение со смоченного пола можно принимать 0,03 — г/(м²·с).

Приточный воздух для снижения общей влажности помещения цеха подается в рабочую зону на высоте 1—1,5 м от пола с температурой, равной температуре воздуха на рабочем месте, и в верхнюю зону на высоте 2—3 м с температурой 35—40°С. Количество подаваемого воздуха ориентировочно принимается равным

60—70 кг на 1 кг испаряемой влаги в час. Вытяжная вентиляция осуществляется крышными вентиляторами, что дает возможность довольно точно регулировать температуру и влажность воздуха в помещении цеха.

Устройство вентиляции в отделении сгущения, фильтрации, шихтования осуществляется по схемам, приведенным в главах 1, 2.

Часть концентратов для использования в металлургическом процессе выплавки меди окатывается в шарики диаметром 3—5 мм. Окатывание производится во вращающейся наклонной тарели. Концентраты подаются в верхнюю часть тарели, туда же мелкодисперсной струей подается скрепляющая жидкость. На рис. 51 приведена схема аспирации тарели и пересыпки гра-

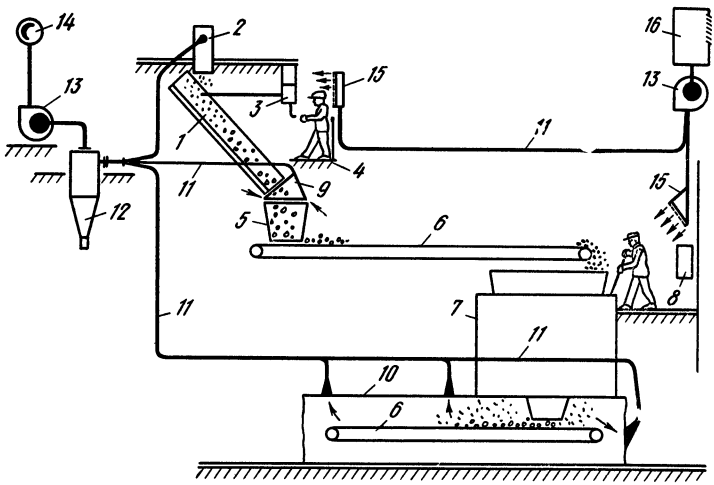


Рис. 51. Схема аспирации и газоотсоса установки грануляции концентратов: *1* — чашевый грануляторы; *2* — течка питателя; *3* — дозатор цементирующего раствора; *4* — рабочая площадка обслуживания гранулятора; *5* — бункер разгрузки; *6* — транспортеры; *7* — сушильная печь кипящего слоя; *8* — пускатель печи; *9* — зонт; *10* — укрытие транспортера; *11* — воздуховод вытяжной вентиляции; *12* — циклон; *13* — вентиляторы; *14* — коллектор; *15* — приточные насадки; *16* — кондиционер

нул в сушильную печь кипящего слоя. На рабочие места у тарели и печи подается кондиционированный воздух через перфорированные приточные насадки.

Вентиляция обжигового цеха с агломерационными машинами подробно описана в гл. 1 и 4, а с печами кипящего слоя — в гл. 2. При плавке концентратов в отражательных печах и с предварительным окатыванием, в конвертерах обжиговое отделение отсутствует.

Вентиляция металлургического цеха состоит из газоотсосов плавильной отражательной печи, желобов слива расплавленных

продуктов плавки, отсоса газов от ковшей, от конвертеров и общей приточно-вытяжной вентиляции.

Цех размещается в трехпролетном здании. В первом пролете находится конвертерное отделение, во втором — отделение отражательных печей, а в третьем — шлаковое отделение, дымососы и на некоторых заводах — котлы-утилизаторы тепла печей. Все три пролета сообщаются между собой. На кровле конвертерного отделения и отделения печей устанавливаются аэрационные фонари.

Микроклимат металлургического цеха характеризуется значительными тепловыделениями, высокой концентрацией сернистого газа и большой запыленностью воздуха.

Основными источниками выделения вредных газов и возгонов в виде аэрозолей свинца, меди и других металлов являются напыльники (газоходы) конвертеров, горловина во время поворота конвертера для наполнения его штейном и при сливе продуктов плавки. Мерам борьбы с этими вредностями уделяется большое внимание. Для этой цели использовались поворотные зонты, шторы разной конструкции и другие приспособления, которые не давали необходимого эффекта.

В настоящее время на заводах существует большое количество напыльников различных конструкций, но все они негерметичны и не обеспечивают полного отсоса конвертерного газа. При работе конвертеров с такими напыльниками к газам подмешивается большое количество воздуха, который разбавляет их и, снижая концентрацию сернистого ангидрида, ухудшает работу сернокислотных цехов. Чтобы уменьшить непроизводительные подсосы воздуха к газам во время конвертирования, снижается разрежение под напыльником, вследствие чего часть газа поступает в цех.

На рис. 52 приведен схематический разрез металлургического цеха, на котором показано движение газов при недостаточном отсосе конвертерных газов из-под напыльника.

Конструкция напыльника над конвертерами, применяемая на большинстве медеплавильных и никелевых заводов приведена на рис. 53. Эти напыльники имеют прямоугольное сечение, верхняя стенка почти вертикальная, поэтому брызги шлака и штейна попадают в горловину конвертера. Затвор напыльника приводится в действие от двигателя, сблокированного с механизмом конвертера таким образом, что газоход напыльника герметизирован даже тогда, когда ось фурм проходит над жидкой ванной. Чтобы избежать выброса газа из конвертера в цех, затвор опускается вниз перед началом дутья (положение *I*) и поднимается вверх, когда дутье прекращается (положение *II*). Во время заполнения конвертера и слива продуктов плавки весь газ поступает в цех. Для снижения загазованности в цехе и на территории завода авторы считают необходимым иметь возможность осуществлять разделение технологических газов, идущих на сернокислотное производство, и вентиляционных газов с выбросом их в атмосферу через высокие дымовые трубы после очистки от пыли. Переключение осуществ-

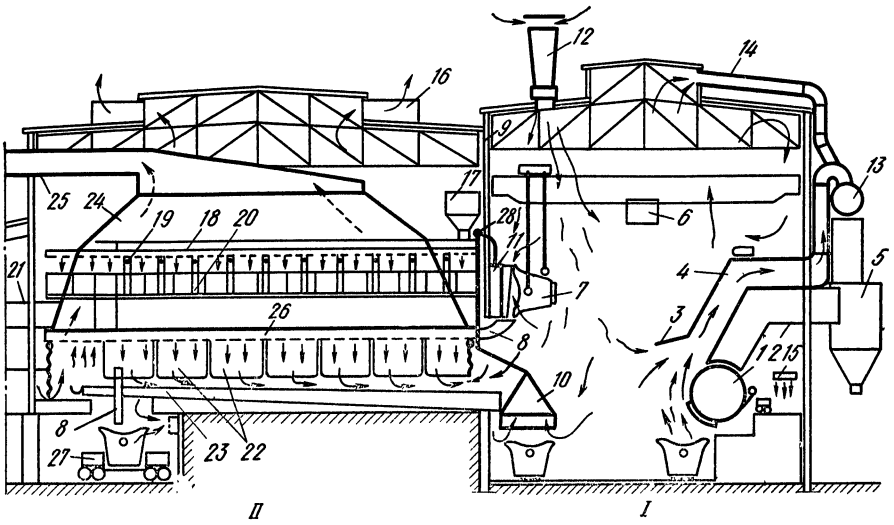


Рис. 52. Схема вентиляции металлургического цеха:
I — конвертерный пролет; *II* — печной пролет; *1* — конвертер; *2* — газоход-напыльник; *3* — подвижная заслонка; *4* — зонт; *5* — газоход; *6* — кабина мостового крана; *7* — ковш; *8* — шлаковый желоб; *9* — межпролетная перегородка; *10* — поворотный зонт; *11* — отжимной зонт; *12* — реверсивный крышной вентилятор; *13* — коллектор вытяжной вентиляции; *14* — воздуховод; *15* — приточный перфорированный насадок; *16* — ветроотбойные щиты; *17* — бункер для концентратов; *18* — скребковый транспортер; *19* — шибер течки; *20* — течка; *21* — газоход печи; *22* — подвесные наворачивающиеся шторы; *23* — желоб слива штейна; *24* — укрытие отражательной печи; *25* — воздуховод от зонта; *26* — приточный воздуховод равномерной раздачи; *27* — шлаковоз; *28* — воздуховод газоотсоса от ковшей

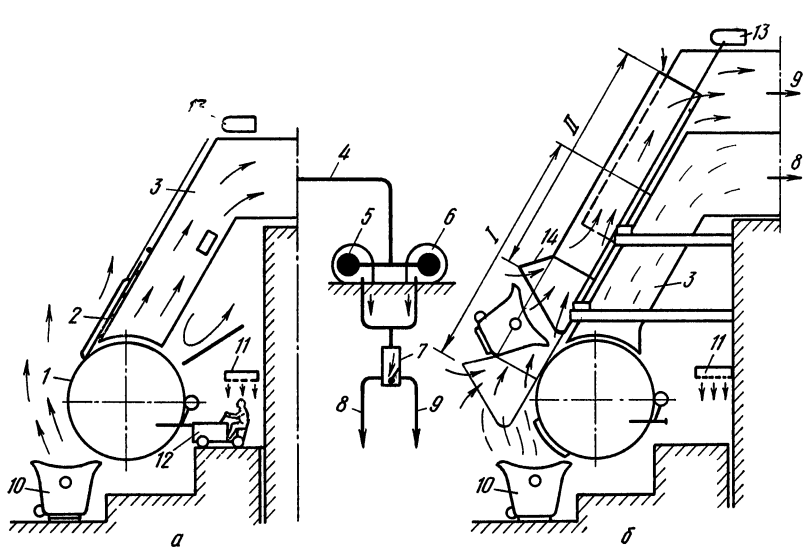


Рис. 53. Схема вентиляционного газоотсоса конвертера:
а — с надвижной заслонкой и переключением газов; *б* — с надвижным зонтом; *1* — конвертер; *2* — надвижная заслонка; *3* — напыльник; *4* — газоход; *5* — регулирующий аппарат вентилятора; *6* — вентилятор; *7* — клапан переключения; *8* — газоход, подающий газ в сернокислотный цех; *9* — воздуховод; *10* — ковш; *11* — душирующая вентиляция; *12* — механический фурмовщик; *13* — механизмы заслонки и зонта; *14* — подвижный зонт

ляется автоматически в зависимости от состояния технологического процесса конвертера. На рис. 53 показано устройство переключения газоходов. Газы, выделяющиеся при заполнении и сливе продуктов плавки, поднимаются вверх и через фонарные фрамуги и окна выбрасываются в атмосферу. Удаление газов возможно осуществить механической вытяжной вентиляцией.

Схема подъема заслонки для перехвата газов, поднимающихся над ковшом во время слива продуктов плавки и заполнения конвертера, представлена на рис. 54.

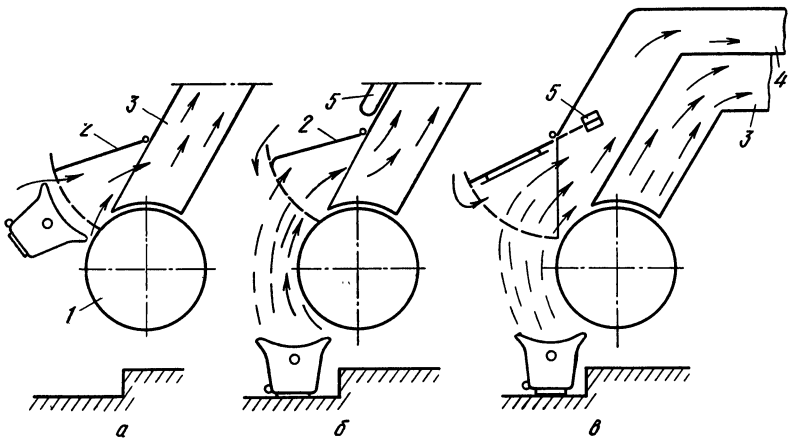


Рис. 54. Схемы вентиляционного газоотсоса конвертеров с откидной заслонкой (*а, б*) и раздельным отсосом (*в*) вентиляционных газов:
1 — конвертер; *2* — заслонка; *3* — газоход; *4* — воздуховод; *5* — механизм управления заслонкой

В последние годы разработана конструкция конвертера с боковым отводом технологических газов. При продувке штейнов воздухом в рабочей камере создается разрежение и воздух из производственного помещения цеха засасывается через горловину конвертера (разрежение в горловине близко к нулю). Поэтому при работе этих конвертеров не происходит выделения газов в помещение. Однако при загрузке конвертера штейном и флюсующими добавками и при сливе продуктов плавки происходит выделение газов из ковша и поверхности струи расплава. Эти газы поступают в помещение цеха и загрязняют воздух на рабочих местах, ухудшая санитарно-гигиенические условия труда. Устройство же для удаления неорганизованных выбросов вентиляционных газов конструкцией этих конвертеров не предусматривается.

Для улавливания и удаления вентиляционных газов от конвертеров с боковым отсосом предлагается конструкция аспирационного зонта, расположенного над горловиной конвертера и непосредственно соединенного с ним. Зонт закреплен на корпусе конвертера и подключен к системе вытяжной вентиляции воздуховодом, расположенным концентрично к его горизонтальной оси. Ме-

сто соединения вращающегося воздуховода с неподвижной частью системы вентиляции уплотняется.

На рис. 55 показан общий вид аспирационного зонта с узлом подключения его к системе вентиляции. Зонт имеет форму усеченного конуса с горизонтальной осью. Размер основания соответст-

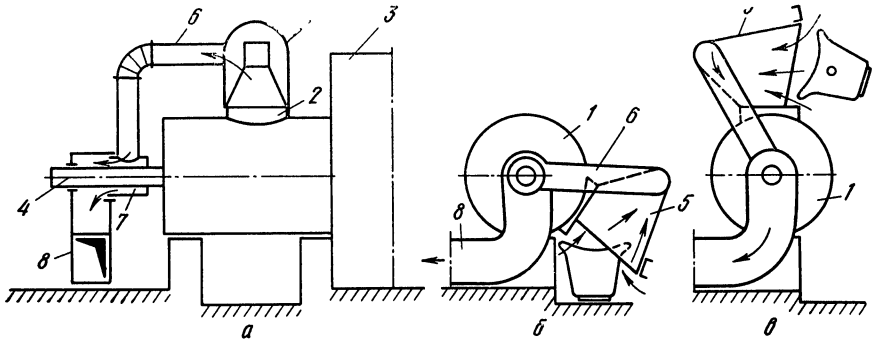


Рис. 55. Схема отсоса вентиляционного газа конвертера с боковым отводом технологических газов:
а — общий вид; *б* — положение слива; *в* — положение загрузки; *1* — конвертер; *2* — горловина; *3* — боковой отвод газов; *4* — ось конвертера; *5* — зонт; *6* — воздуховод; *7* — сальниковая коробка; *8* — канал вентиляционной системы

вует диаметру разливочного котла, что обеспечивает более полный отсос газов. Размер меньшего основания соответствует диаметру воздуховода.

Для соединения зонта с системой вентиляции на корпусе конвертера, концентрично к его горизонтальной оси, закрепляется патрубок круглого сечения. Этот патрубок входит в неподвижно установленный коллектор системы вытяжной вентиляции таким образом, что при повороте конвертера он вращается в отверстии коллектора. Место ввода вращающегося патрубка в коллектор уплотняется для уменьшения подсоса воздуха. К вращающемуся патрубку присоединяется воздуховод аспирационного зонта.

При загрузке конвертера расплавленным штейном газы, выделяющиеся из ковша и с поверхности струи расплава, засасываются в зонт и удаляются по системе вентиляции (рис. 55,*в*).

Во время слива продуктов конвертирования конвертер поворачивается горловиной вниз вместе с аспирационным зонтом, при этом зонт оказывается над ковшом и струей расплава, все выделяющиеся газы поднимаются под зонт и удаляются системой вентиляции (рис. 55,*б*).

Количество отсасываемых вентиляционных газов определяется по расчету конвективной струи над горячим источником. Расчет показывает, что для конвертера емкостью 40 т штейна при верхнем положении горловины конвертера зонтом отсасывается 40—45 тыс. м^3/ч вентиляционных газов. В остальных положениях требуется отсасывать воздуха меньше, так как зонт накрывает ковш и горловину конвертера.

Описанная конструкция аспирационного зонта для отсоса неорганизованных выбросов газов может быть применена и для обычных конвертеров с отводом технологических газов через горловину.

В конвертерном пролете металлургического цеха производится слив продуктов плавки из отражательной плавильной печи в разливочные котлы и слив конвертерного шлака в печь. В процессе слива и перелива в воздух помещения выделяется большое количество сернистого газа с высокой температурой, который стремится подняться вверх.

Отсос газов от разливочных котлов может быть осуществлен по схемам, приведенным в гл. 1.

При выполнении всех газоотсосов общая вытяжка должна осуществляться с крыши конвертерного пролета. Количество воздуха, отсасываемого от одного конвертера, может быть определено по формулам конвективной горячей струи над поверхностью разливочного котла и струи расплавленного металла, выливающегося из горловины конвертера.

За исходные данные для такого расчета принимаются следующие величины: размеры горячей горизонтальной поверхности разливочного котла и струи расплавленного продукта конвертирования с температурой 1000—1200°С; общая поверхность, отдающая конвективное тепло (для 40-т конвертеров равна 25 м²); средняя температура этой поверхности 500°С; высота от теплоотдающей поверхности до оси вытяжного отверстия 20 м; температура воздуха в цехе 20°С.

Для вычисления объема воздуха, отсасываемого на уровне вытяжных отверстий, авторы рекомендуют применять формулы, предложенные И. А. Шепелевым:

$$L_z = 0{,}098\, Q_к^{1/3} z^{5/3} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_к = \alpha F (t_п - t_о) \text{ Вт (ккал/ч)},$$

где $Q_к$ — количество конвективного тепла кДж/с (ккал/с);

z — расстояние от источника до оси вытяжного отверстия, м;

α — коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha = 3{,}3 \sqrt[4]{t_п - t_о} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)};$$

$$\alpha = 2{,}8 \sqrt[4]{t_п - t_о} \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{град)}.$$

На основании приведенных исходных данных и формул для конвективной струи определено количество воздуха, отсасываемого из верхней зоны цеха, равное приблизительно 200 тыс. м³/ч на один конвертер. При нормальной эксплуатации и хорошем состоянии напыльников количество воздуха, подсасываемого под напыльник, в результате неплотностей находится в пределах 100 тыс. м³/ч. Однако эти отсосы воздуха по времени не совпадают, поэтому количество вытяжного воздуха при температуре 20—25°С будет равно 200 тыс. м³/ч для одного конвертера.

Для компенсации воздуха, извлекаемого вытяжной вентиляцией, и подсосов в газоходной системе конвертеров в помещение цеха следует подавать приточный воздух в количестве, равном 250 тыс. м³/ч на один 40-т конвертер. Из этого объема примерно 50 тыс. м³/ч следует кондиционировать и подавать через перфорированные приточные насадки или воздуховоды на рабочие места фурмовщиков и на пульт управления конвертером. Остальное количество подается крышными реверсивными вентиляторами.

Тепловое напряжение цеха равно приблизительно 230 Вт/м³ [200 ккал/(м³·ч)]. Объем здания, приходящийся на один конвертер, составляет примерно 12 000 м³, следовательно, количество избыточного тепла будет равно 2 760 кВт (2 400 тыс. ккал/ч). Из уравнения теплового баланса:

$$2\,400\,000 = 250\,000 \cdot 0{,}31\,\Delta t$$

определяется разность температур между наружной температурой воздуха и его подогревом за счет избыточного тепла цеха. Из приведенного расчета видно, что часть приточного воздуха, подаваемого на заводах, расположенных в северных районах нашей страны, следует подогревать в калориферах. Количество этого воздуха не должно превышать 30—35% от общего притока.

При выполнении мероприятий, ликвидирующих выбросы конвертерных газов в воздух цехов и в окружающую атмосферу, вместо верхнего отсоса следует устанавливать крышные реверсивные вентиляторы, работающие в обычное время на приток и при аварийном положении на вытяжку, обеспечивая отсос газов из цеха.

При выполнении газоотсосов от конвертеров объем отсасываемого воздуха из цеха будет значительно ниже: в пределах 40—50 тыс. м³/ч.

Во втором пролете металлургического цеха размещаются обычно плавильные печи. В медеплавильной промышленности применяют отражательные и электрические плавильные печи, вентиляция которых мало различается. В отражательных печах источниками выделения вредных газов являются места слива продуктов плавки, места прохода течек и сами течки при нарушении тягового режима. Для повышения температуры в печах плавка ведется при атмосферном давлении или с избыточным давлением, что вызывает частичный выброс газа в воздух цеха. Большое газовыделение происходит при сливе продуктов плавки по желобам.

Отопление отражательных печей производится пылевидным, жидким топливом или природным газом. Пылеприготовление, транспортировка угля и подача его в печь сопровождаются в отдельных местах выделением пыли в воздух цеха. При отоплении жидким топливом и природным газом вытяжной вентиляции не требуется и она может быть выполнена как общеобменная вентиляция, обеспечивающая аварийное удаление топочных газов.

С внешней поверхности отражательной печи через стенки и свод выделяется большое количество тепла в воздух помещения. Тепло выделяется также с поверхностей желобов, газоходов и

шлаковых ковшей. Тепловое напряжение помещения отделения печей находится в тех же пределах, что и помещения конвертеров, т. е. 230 Вт/м³ [200 ккал/(м³·ч)]. Объем цеха, рассчитанный на одну отражательную печь производительностью 5 т/м² в сутки, равен 16 тыс. м³. Избыточное тепло в количестве 3670 кВт (3200 Мкал/ч) удаляется из отделения при помощи вентиляции.

Вентиляция помещения отражательных печей решается путем устройства у источников выделения газа местных отсосов: от желобов слива конвертерного шлака — при помощи отжимного зонта; от желобов слива штейна и шлака — бортовыми отсосами с установкой желоба в кирпичном канале; от леток штейна, шлака, от форсуночных отверстий отсос газов осуществляется зонтами. При локализации всех источников выделения газа и пыли избыточное тепло удаляется через аэрационные фонари, высокие вентиляционные шахты или при помощи крышных вентиляторов, применение которых значительно упрощает регулировку и управление вентиляцией.

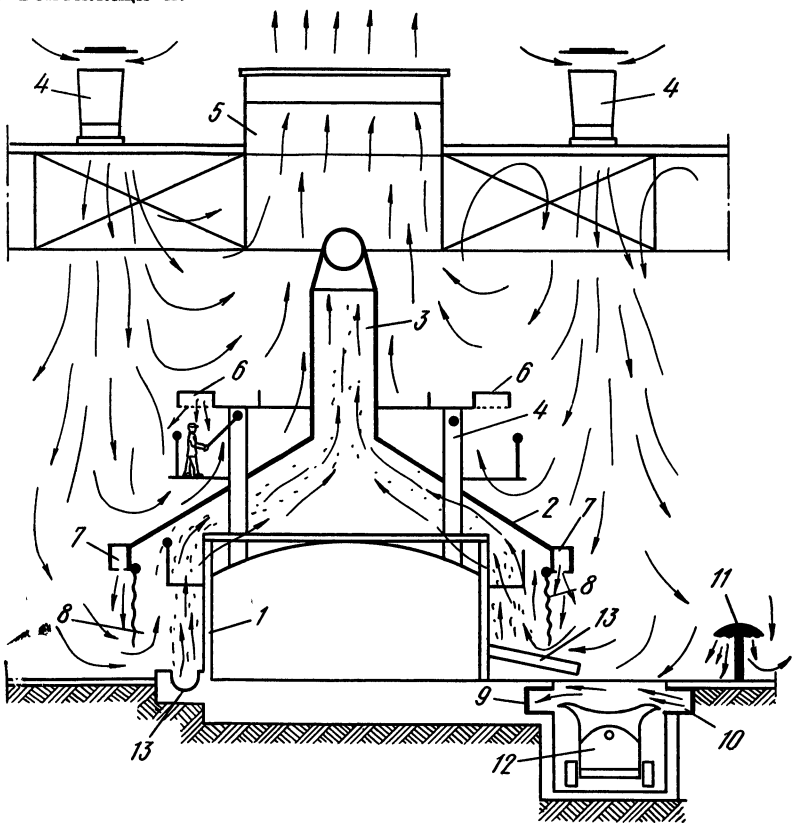


Рис. 56. Схема вентиляции помещения печного пролета (поперечный разрез):
1 — печь; *2* — зонт; *3* — воздуховод; *4* — крышные вентиляторы; *5* — аэрационный фонарь; *6* — перфорированный приточный воздуховод; *7* — щелевой приточный воздуховод; *8* — навивные шторы; *9* — бортовой отсос; *10* — бортовая сдувка; *11* — кабина чистого воздуха; *12* — ковш; *13* — желоб

Количество воздуха, отсасываемого от одной отражательной печи, определяется по объему местной вытяжной вентиляции и по количеству избыточного тепла. На рис. 56 показана схема устройства вентиляции отражательной печи с емким укрытием и навивными шторами и отводом газа и тепла в верхнюю часть помещения или с отсосом их системой механической вытяжной вентиляции в высокую дымовую трубу. Для компенсации отсасываемого воздуха и для образования тепловой струи в помещение отражательной печи сверху подается наружный воздух. Этот воздух при определенных климатических условиях может подаваться без подогрева.

Объем воздуха, удаляемого от печи, определяется по скорости воздуха в щелях емкого укрытия, равной 1 м/с. Такая скорость вполне обеспечит отсос газов, учитывая, что эти газы горячие и самостоятельно поднимаются вверх под укрытие. Количество отсасываемого воздуха и газов для печи указанной производительности равно 200—250 тыс. м³/ч, в том числе 50 тыс. м³/ч воздуха отсасывается из шлакового подвала.

Для создания аэродинамического равновесия в отделении отражательных печей необходимо обеспечить приток воздуха по объему, равному отсасываемому, т. е. 250 тыс. м³/ч. Такое количество воздуха можно подать через крышные вентиляторы сверху вниз. Избыточное тепло может удаляться через вентиляционные шахты, если в этом есть необходимость, что проверяется при проектировании или устанавливается обследованием цеха. Такой отсос следует осуществить регулировкой количества извлекаемого воздуха в зависимости от температурного режима помещения печей. В печном отделении рекомендуется произвести установки кабин чистого воздуха в виде «грибков» или другой конструкции, обеспечивающей хороший воздушный режим и осмотр обслуживаемых агрегатов.

Приточная вентиляция с кондиционированием помещения пульта управления оборудованием металлургического цеха должна осуществляться через перфорированный потолок со скоростью не более 0,2—0,3 м/с на уровне головы человека. Вытяжная вентиляция металлургического цеха проверяется с учетом условий аварийной работы, т. е. на обеспечение восьмикратного воздухообмена.

Черновая медь, выплавленная из первичного и вторичного сырья, содержит до 2,5% примесей, главные из которых — железо, сера, никель, сурьма и растворенные газы. Большинство из этих примесей выделяется при рафинировании. Известны два способа рафинирования меди — огневой и электролитический. В настоящее время при высоких требованиях к чистоте меди почти вся она рафинируется электролизом. Качество рафинированной меди повышается, если основная масса примесей удаляется огневым способом, а затем она рафинируется электролизом.

Огневым способом медь рафинируется в отражательных печах, отапливаемых мазутом, естественным газом или угольной пылью.

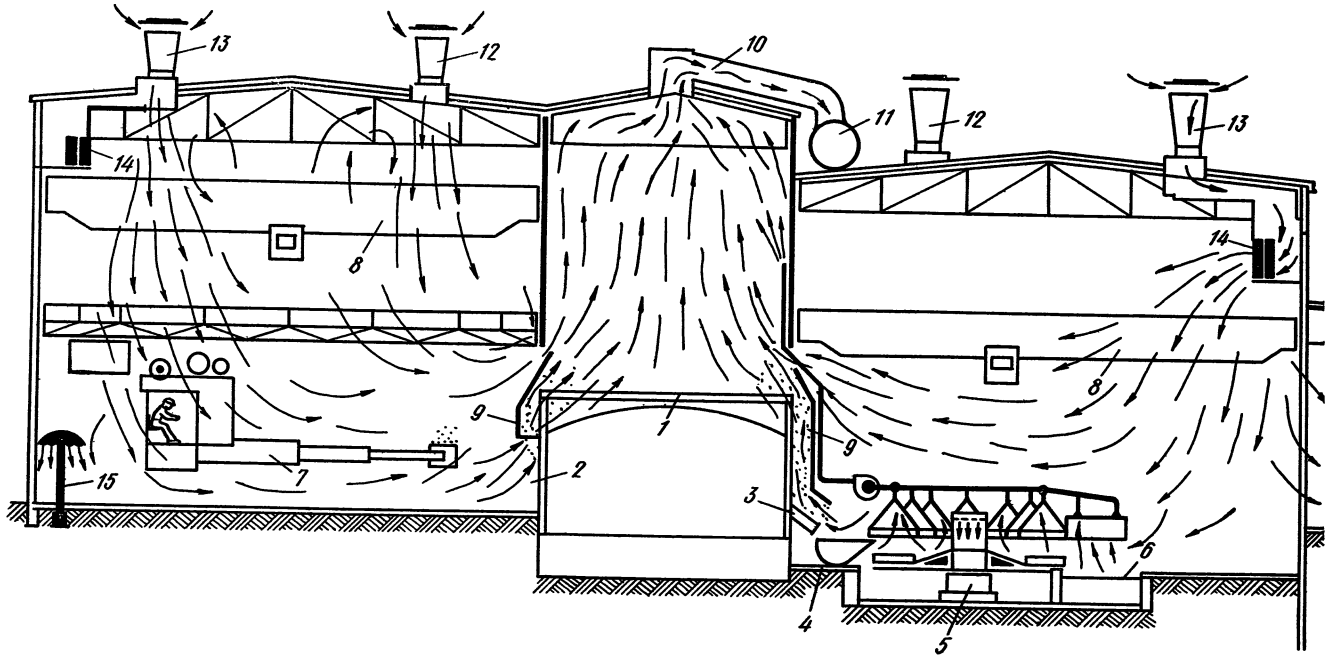


Рис. 57. Схема общеобменной вентиляции в цехе огневого рафинирования:
1 — огневая печь рафинирования; *2* — загрузочное отверстие печи; *3* — желоб для слива меди; *4* — ковш; *5* — разливочная машина; *6* — водяная ванна; *7* — кран; *8* — мостовые краны; *9* — зонт над загрузочным окном печи; *10* — вытяжная шахта; *11* — коллектор вытяжной вентиляции; *12* — крышные вентиляторы летнего режима (осевые, реверсивные); *13* — крышные вентиляторы приточные, зимнего и летнего режимов; *14* — калориферы; *15* — кабина чистого воздуха

Схема общеобменной вентиляции в отделении огневого рафинирования приведена на рис. 57. Источниками выделения вредностей у печи являются загрузочные рабочие окна, места слива анодной меди и шлаков, места подачи топлива и разливочная машина. Отдача тепла печи происходит от всех ее открытых поверхностей, рабочих окон и желобов. Величина теплопотерь может быть определена по тепловому балансу печи или по тепловыделению свода и стенок. Для этого используются специальные графики или таблица, приведенная в приложении 4.

При температуре внутри печей 1100—1200°С количество выделяемого тепла равно: от свода 2600 Вт/м² [2212 ккал/ (м³·ч)] и от стен 2300 Вт/м² [1952 ккал/(м²·ч)]. Кроме того, в помещение цеха выделяется тепло из открытых рабочих окон, желобов розлива металла, от разливочной машины и горячих анодов, которое может быть оценено как 25—30% общего тепла, выделяемого поверхностью печи. Количество избыточного тепла на одну печь производительностью 20 т равно 730 кВт (625 Мкал/ч).

Объем удаляемого воздуха определяется по уравнению теплового баланса и зависит от температуры воздуха, которую следует принимать равной 40—50°С.

Локализация выделения газов из загрузочных окон печи и из форсуночных отверстий осуществляется при помощи зонта с направлением выброса газов в пространство над печью. Размер зонта определяется по расчету. Ширину зонта следует принимать на 0,5—0,6 м больше рабочего окна печи.

Чугунные или медные изложницы, медленно вращаясь, заполняются медью. За время движения изложниц медь затвердевает. В процессе охлаждения изложниц водой выделяется большое количество пара, который отсасывается из емкого укрытия типа зонтов с навивными шторами. На рис. 58 показана схема вентиляции

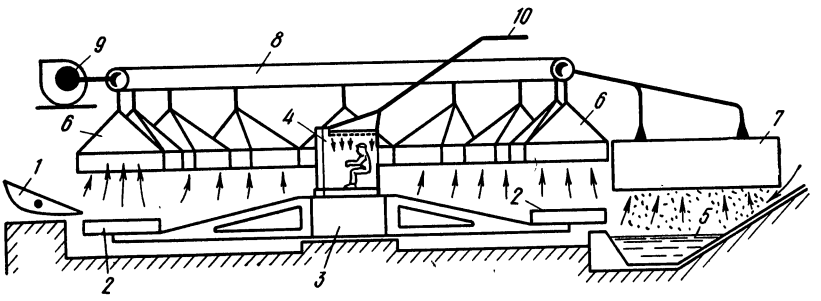


Рис. 58. Схема местной вентиляции у разливочной машины:
1 — разливочный ковш; *2* — изложницы, охлаждаемые водой; *3* — разливочная машина: *4* — кабина машиниста; *5* — бассейн для окончательного охлаждения анодов; *6* — вытяжные зонты; *7* — зонт над бассейном; *8* — коллектор; *9* — вентилятор; *10* — приточный насадок в кабине

разливочной анодной машины. В кабину машиниста подается кондиционированный воздух. Количество отсасываемого из укрытия воздуха определяется по скорости его в проемах и щелях укрытия.

Эта скорость может быть принята в пределах 0,5—1 м/с, так как пар, выделяющийся при охлаждении изложниц не токсичен.

Подачу свежего воздуха в помещение цеха рафинирования следует производить в верхнюю зону, что снизит подвижность воздуха. В зимнее время на заводах северных районов воздух необходимо подогревать в калориферах, установленных над мостовыми кранами. Количество подаваемого воздуха должно быть равно количеству отсасываемого. Для рабочих, обслуживающих печи, следует предусматривать кабины чистого воздуха, в которые подается кондиционированный воздух в количестве 1500 м³/ч на одну кабину. Место расположения кабин согласуется с технологией обслуживания оборудования.

Рабочие места для обслуживания технологического оборудования цеха размещены на площадках: у промывочных машин, насосов и запорной аппаратуры, трубопроводов первого этажа, у клепальных машин, у станков для сдирки листов, у стендов по ремонту оборудования на уровне ванн и над ваннами (при загрузке и выгрузке анодов и катодов, продувке электродов паром и устранении коротких замыканий.)

Основными производственными вредностями электролитных цехов являются: избыточное тепло и влаговыделения, аэрозоли серной кислоты и сульфата меди, выделяющиеся с поверхности электролита, независимо от подвижности воздуха над зеркалом ванны, но в зависимости от изменений температуры электролита (чем выше она, тем больше загрязняется воздух цеха). Обращает на себя внимание то, что аэрозоли серной кислоты не поднимаются над ваннами выше 1,5—2 м и в этой же зоне оседают. Это объясняется, очевидно, тем, что при взаимодействии капелек серной кислоты и влаги воздуха увеличивается масса капелек и они опускаются. Наблюдается также оседание сульфата меди на поверхности оборудования, расположенного над ваннами.

Выделение тепла и влаги в воздух цеха зависит от величины открытых поверхностей электролита, от его температуры и метеорологических условий микроклимата в помещении цеха. Потери тепла с испарением воды составляют около 60%.

Интенсификация электролиза меди за счет повышения температуры электролита ухудшает санитарно-гигиенические и метеорологические показатели воздушной среды цеха. Увеличение производительности за счет плотности тока ухудшает качество катодной меди и способствует образованию наростов, что вызывает короткие замыкания.

Количество тепла, выделяемого с поверхности ванн, в зависимости от температуры окружающего воздуха приведены в табл. 1.

Резкое снижение выделения вредностей с поверхности электролитных ванн можно осуществить укрытием их с отсосом газов.

Для снижения выделения вредностей с открытых поверхностей ванн при электролизе меди проводили испытания по уменьшению открытых поверхностей электролита путем покрытия их масляной пленкой, которая снижает расход тепла на 30—40% и улучшает

Таблица 1

Влияние температуры окружающего воздуха на количество тепла, выделяемого с поверхности ванн

Источник выделяемого тепла	Количество тепла, Вт (ккал/ч) на 100 м² ванн, в зависимости от температуры помещений, °С	
	22	26
Лучеиспускание	10800 (9000)	8100 (7000)
Конвекция	21000 (18000)	17400 (15000)
Охлаждение стен ванн . .	8100 (7000)	6950 (6000)
Охлаждение в трубах . . .	8100 (7000)	6950 (6000)
Испарение раствора	46000 (3900)	45000 (37000)
	100000 (87000)	92000 (79000)

санитарные условия работы над ваннами. Однако масляное покрытие не нашло применения вследствие ухудшения очистки шламов и затруднения выпаривания растворов перед кристаллизацией в купоросном отделении. Укрытие ванн полиэтиленовой пленкой в связи с низкой механической прочностью и подплавлением ее в местах соприкосновения с горячими контактами также не нашло применения в электролизе меди, а применение пенообразователей не дало положительных результатов из-за образования пены лишь в местах подачи сжатого воздуха и сдува ее к краю ванн.

При существующем расположении ванн укрытие их затруднено и может быть выполнено путем накрытия их матами из материала, не подвергающегося разрушению серной кислоты, медным купоросом и воздействию температуры. Такие маты должны допускать нагрузку человека и быть неэлектропроводны. Снятие их может происходить вручную или при помощи малой механизации. Они могут перекладываться на другие, соседние ванны или убираться в пространство между ваннами вниз, в подвал.

Вентиляция цеха может быть осуществлена по схемам, приведенным в гл. 2 или 4. Так как приточный воздух подается под ванны для выпуска его через щели в полу, расположенные вдоль ванн на отметке 4,5 м, необходимо это пространство оградить от проходов стенкой или навесными шторами, что предотвратит утечку приточного воздуха в верхнюю зону.

Приточный воздух подается также и вдоль ванн (на 1,5—2 м выше их поверхности) через щели равномерной подачи, однако струя этого воздуха не обеспечит снижения концентрации вредностей на поверхности всех ванн, так как подъемная сила отклонит ее вверх примерно на расстояние 5—6 м от выпуска (рис. 59,*а*).

Отсос воздуха может быть осуществлен естественным путем через аэрационные фонари с дистанционным и автоматическим управлением в зависимости от температуры и влажности воздуха на рабочих местах цеха или при помощи крышных вентиляторов. Установка вентиляторов облегчает управление вентиляцией и дает возможность выброс загрязненного воздуха производить через вы-

сокие вентиляционные шахты или трубы, уменьшая этим загрязнение окружающей атмосферы.

На рис. 59,*б* показана схема вентиляции цеха при укрытых ваннах с отсосом газа. Вытяжная вентиляция организована по оси здания крышными вентиляторами или вытяжными шахтами. Приток очищенного воздуха осуществляется под ванны с выпуском его

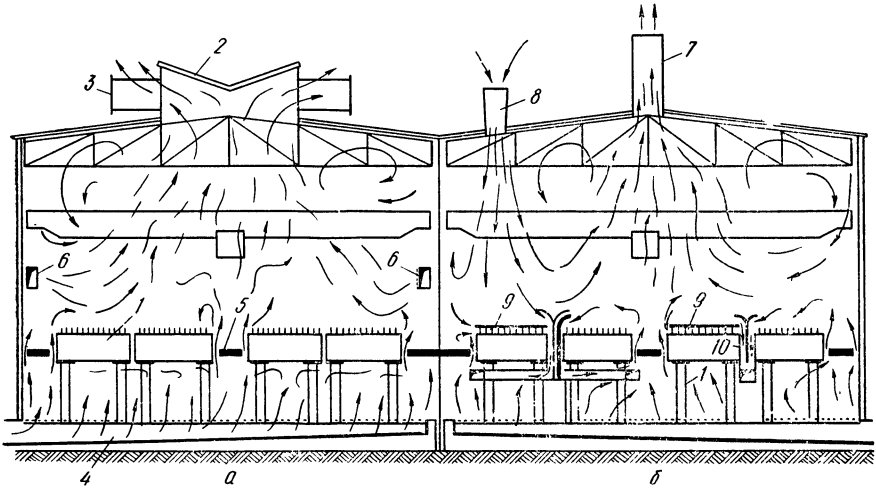


Рис. 59. Схема приточно-вытяжной вентиляции цеха электролитического рафинирования меди:
а — схема естественной вытяжной вентиляции; *б* — схема при укрытых ваннах и отсосе газов; *1* — ванны; *2* — аэрационный фонарь; *3* — ветроотбойная стенка; *4* — приточный канал; *5* — щели в полу вдоль ванн; *6* — канал приточного воздуха над ваннами; *7* — отсос через вентиляционную шахту осевым вентилятором или естественным напором; *8* — крышной реверсивный вентилятор; *9* — укрытие ванн; *10* — газоотсос

через щели в проход, а неочищенного наружного воздуха сверху реверсивными крышными вентиляторами. Приток сверху даст возможность разбавлять загрязненный воздух перед его выбросом, уменьшит влияние серной кислоты на конструкции кранов, кровли и колонн.

Объем воздуха, отсасываемого от укрытия ванн, определяется количеством испаряемой влаги с поверхности электролита и влагопоглощением воздуха при заданных параметрах. Если принять температуру отсасываемого воздуха с влажностью 90% равной 30°С и окружающего с влажностью 50% 22°С, то количество воздуха на 100 м^2 укрытых ванн составит 8000—8500 м^3/ч. Это количество воздуха является ориентировочным и подлежит уточнению после промышленного испытания, но оно может служить для составления общего баланса воздуха в электролитном цехе при укрытых ваннах.

В электролитном цехе производится мойка анодных электродов в промывочной машине. На рабочие места, находящиеся у разгрузки и загрузки анодов, необходимо подавать приточный воздух через перфорированные насадки со скоростью не более 0,5 м/с на

уровне головы рабочего. Объем воздуха, подаваемого на одно рабочее место, равен 500 м³/ч.

К рабочим местам клепальщиков и ремонтников подается приточный воздух из центрального кондиционера через насадки, аналогичные насадкам у моечных машин. Для рабочих, не имеющих постоянных рабочих мест, устанавливаются кабины чистого воздуха с подачей в них кондиционированного воздуха.

Объем воздуха, подлежащего удалению из цеха общеобменной вентиляцией и местными отсосами, определенный по избыточному теплу, составляет примерно 10-кратный воздухообмен. На 80 ванн это количество воздуха равно 100 тыс. м³, или 20 тыс. м³ на 100 м² ванн.

Количество приточного воздуха, подаваемого под ванны, определяется по скорости выхода его из щелей в полу, равной 1—1,2 м/с, что составляет для разбираемого случая (на 80 ванн, или на 100 м²) 52 тыс. м³/ч; такой же объем воздуха подается над ваннами. Половина его раздается через воздуховоды на отметке +8,0 м, остальная часть — через крышные вентиляторы с регулировкой их в зависимости от температуры в цехе и времени года.

В последние годы, в связи с повышенными требованиями к качеству медных отливок по содержанию кислорода на медеэлектролитных заводах введена непрерывная переплавка катодной меди в дуговых или индукционных электропечах с непрерывной разливкой. Вентиляция этих печей может быть осуществлена по схемам, приведенным в гл. 1 и 2.

Глава 4
ВЕНТИЛЯЦИЯ НА НИКЕЛЕВЫХ ЗАВОДАХ

Никелевые заводы относятся к категории заводов с большим выделением вредностей в виде пыли, сернистого газа, избыточного тепла и водяного пара, чем обусловлена необходимость устройства мощной приточно-вытяжной вентиляции.

На аппаратурной схеме никелевого завода, приведенной на рис. 60, показан технологический процесс пирометаллургии получения файнштейна и гидрометаллургический процесс получения катодного никеля из файнштейна.

Руду и концентраты, подготовленные к использованию в металлургическом процессе, подают на склад концентратов *1* в железнодорожных вагонах *2*, навалом или в контейнерах. Разгрузку вагонов производят мостовым краном с грейферным ковшом *3* и специальной траверсой для контейнеров. Разгрузка вагонов всеми способами, а также подача руды и концентратов в процесс сопровождается большим выделением пыли, загрязняющей воздух склада и окружающую атмосферу.

Из отсеков концентраты подают на дробление *4* и далее реверсивным ленточным транспортером в бункера шихтовочного отделения *5*. В эти бункера по-

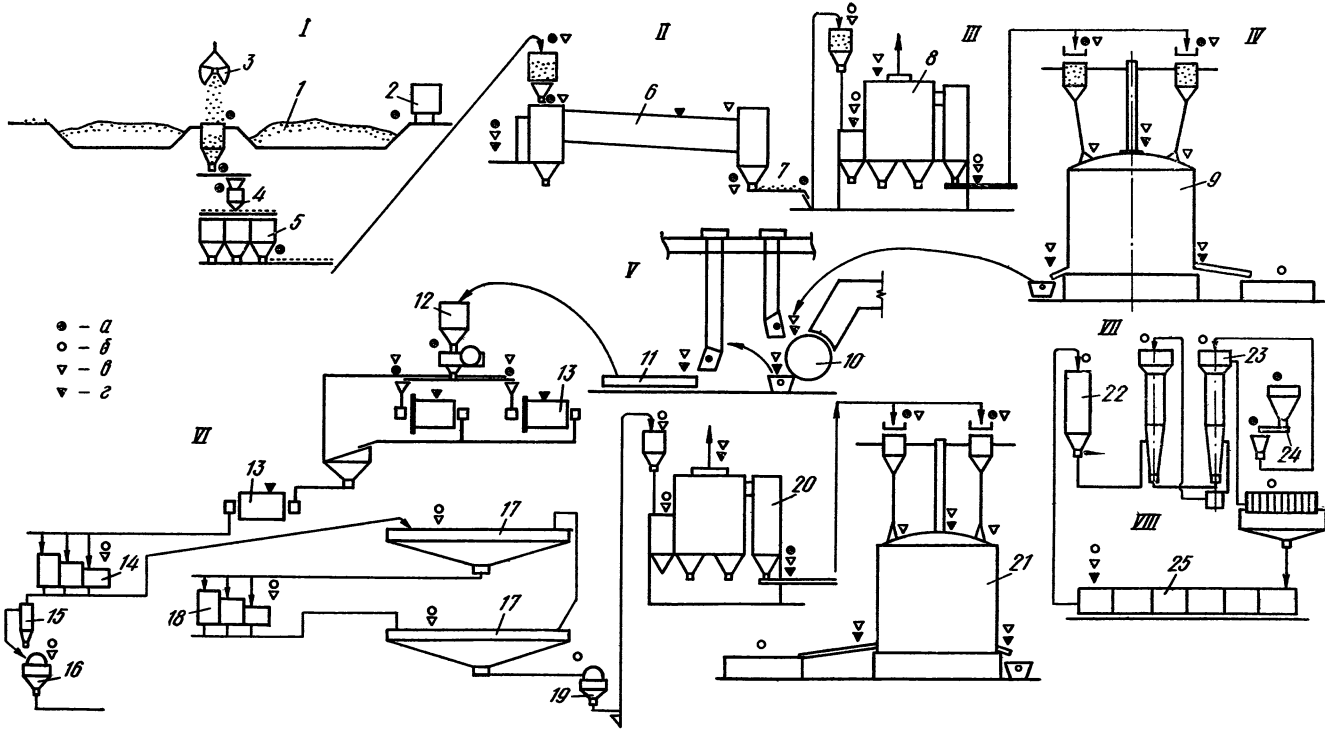


Рис. 60. Схема производства никеля с указанием источников выделения вредностей. Отделения: *I* — дробильно-сортировочное; *II* — сушильное; *III* — обжиговое; *IV* — плавильное; *V* — конвертерное; *VI* — разделительное; *VII* — очистки; *VIII* — электролизное; *а* — пыль; *б* — пар; *в* — газ; *г* — лучистое тепло

дают и флюсы, необходимые для ведения технологического процесса. Разгрузку бункеров производят питателями на ленточный транспортер, на котором производится шихтовка их.

Концентраты и руду перед поступлением на обжиг или плавку подвергают сушке в печи барабанного типа *6*. Загрузку печи производят системой транспортеров *7*.

Обжиг никелевых концентратов на современных заводах в зависимости от их качества производят на спекательных ленточных машинах или в печах кипящего слоя *8*. Процесс обжига концентратов сопровождается большим выделением пыли, газа и тепла. При обжиге на агломерационных машинах выделение вредностей значительно больше, чем при обжиге в печах кипящего слоя. Это объясняется большей герметизацией печей КС и лучшей организацией процесса загрузки и выгрузки огарка. На некоторых заводах применяют многоподовые печи. Процесс обжига в этих печах сопровождается большим выделением сернистого ангидрида, окиси углерода и тепла.

Плавку сульфидных и окисленных никелевых руд производят в электроплавильных печах *9*. Шихта погружается в жидкую ванну расплавленного шлака, который нагревается проходящим по нему электрическим током, а также теплотой, выделяемой микродугами на поверхности раздела электрод — шлак. Шихта нагревается этим шлаком до температуры плавления. Источниками выделения вредностей в электроплавильных печах являются места прохода электродов, загрузочных течек и места выпуска штейна и шлака, а также желоба слива продуктов плавки.

Медно-никелевый штейн подвергается конвертированию для получения файнштейна *10*, который выливают в изложницы *11* и после остывания подают на дробление *12* и измельчение в мельницах *13*. В процессе конвертирования, разлива и остывания в помещение цеха выделяется большое количество газов и возгонов металла.

На некоторых заводах файнштейн гранулируют в потоке воды. Остывший файнштейн дробят в щековых и конусных дробилках. После помола пульпа классифицируется по крупности и направляется на основную флотацию. Технологический процесс измельчения файнштейна протекает без выделения вредностей. Незначительное испарение влаги с открытой поверхности желобов и тепла с шаровых мельниц не оказывают заметного влияния на состояние атмосферы цеха.

При основной флотации файнштейна *14* получается грубый медный концентрат, который проходит последовательно ряд циклов перечистки *15* и подвергается далее сгущению и обезвоживанию на барабанных вакуум-фильтрах *16*. Полученный медный концентрат переплавляют на черновую медь. Хвосты основной флотации после сгустителей *17* поступают на контрольную флотацию *18*. Готовый никелевый концентрат подвергается сгущению, фильтрации *19* и затем поступает на обжиг. Обжиг никелевых концентратов производят в печах кипящего слоя *20*, а восстановительную плавку на анодный никель — в электропечах *21*.

Гранулированный никель растворяется в католите (электролит, очищенный от меди и других примесей) и подается в ванны электролитического рафинирования никеля. Обслуживание ванн в основных операциях аналогично обслуживанию ванн электролиза меди, но усложнено наличием тканевых диафрагм. Поэтому выемку катодов, загрузку катодных основ и выполнение других работ на ваннах *25* осуществляют с платформы специального крана.

Очистку анолита от железа производят в пневматических мешалках (пачуках) при температуре 60—70°С *22*. Приготовление осадительных компонентов осуществляют на основе растворов кальцинированной соды. Поэтому в воздухе очистительного отделения содержится значительное количество содовой пыли.

Медь из анолита удаляется цементацией специально приготовленным для этого активным порошком никеля. В основу технологической схемы очистки раствора положена противоточная цементация в кипящем слое. Кипящий слой создается анолитом, пропускаемым через слой никелевого порошка. В чан с коническим дном *23* непрерывно поступает пульпа никелевого порошка сверху, — а снизу — электролит. Никелевая пыль загружается в бункер *24*, а затем тарельчатым питателем направляется в чан, где растворяется в электролите.

Вентиляция складов концентратов, руды и дробильных отделений подробно описана в гл. I, а также в книге В. А. Четкова, Л. К. Энгеля «Вентиляция цехов предприятий цветной металлургии», в которой подробно изложен способ гидрообеспыливания.

Гидрообеспыливание, или пневмогидрообеспыливание является одним из основных способов борьбы с пылеобразованием, особенно при работе с материалами, хорошо смачиваемыми водой. При работе с негидрофобными рудами и концентратами (например, никелевые руды) гидрообеспыливание, совмещенное с аспирацией, дает значительно лучшие результаты, чем одна аспирация.

На рис. 61 приведена схема пневмогидравлического обеспыли-

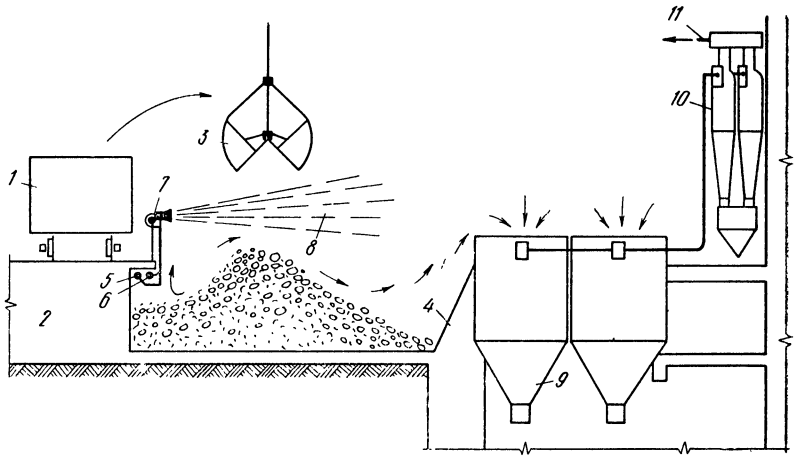


Рис. 61. Схема гидрообеспыливания на складе концентратов и руды:
1 — вагон; *2* — эстакада; *3* — ковш; *4* — отсек; *5* и *6* — трубопроводы воды и воздуха; *7* — форсунка; *8* — водяной факел; *9* — бункер; *10* — циклоны; *11* — воздуховод к вентилятору

вания воздуха на складе концентратов и руды во время разгрузки вагонов грейферным ковшом. Пневмогидравлические форсунки устанавливаются вдоль отсеков склада и струя мелкораздробленной воды смачивает пыль.

К числу мероприятий, направленных на уменьшение пылеобразования, следует отнести также увлажнение руды, поступающей на склады и на дробление. Смачивание осуществляется форсунками, расположенными на расстоянии 1 м одна от другой по пути движения руды. При работе форсунок пылеобразование на транспортерах не наблюдается, а влажность руды увеличивается всего лишь на 0,25—0,30%. В результате работы туманообразователей пол и потолок помещений цеха постоянно увлажнены.

Устройство вентиляции сушильного и обжигового отделения достаточно подробно описано в гл. 2. В основу устройства вентиляции сушильного отделения положены аспирация мест загрузки и выгрузки материала и общеобменная приточно-вытяжная вентиляция помещения.

Проектирование или реконструирование вентиляции плавильных цехов следует производить по следующей схеме: устройство аспирации мест транспортировки и перегрузок пылящих материалов; устройство местных отсосов газов, выбрасываемых в помещение цеха через неплотности технологического оборудования; устройство общеобменной приточно-вытяжной механической вентиляции с применением крышных реверсивных вентиляторов; устройство приточной вентиляции санитарно-гигиенического назначения с подачей воздуха на рабочие места или в кабины чистого воздуха и для компенсации воздуха, извлекаемого из помещения местными вытяжными системами.

Для уменьшения поступления вредных газов через неплотности рудоплавильных и шлаковозгоночных печей, являющихся основным оборудованием плавильных цехов, необходимо устройство местной вытяжной вентиляции в следующих местах: загрузка бункеров печей; аспирация самих бункеров; аспирация загрузочных воронок печей, отсос газов у мест прохода электродов в печь; отсос газа от желобов слива расплавленных продуктов плавки; отсос газов от разливочных ковшей.

Наиболее сложной задачей является удаление газов от электропечей рудной плавки. Значительный эффект может быть получен при устройстве на загрузочной площадке по периметру печи емкого зонта в виде штор. Такое устройство выполнено на одном действующем заводе. Объем воздуха, извлекаемого из такого укрытия, определяется скоростью движения воздуха в неплотностях, равной 1 м/с. Обычно этот объем для шестиэлектродной печи рудной плавки мощностью 3000 кВА составляет 200—300 тыс. м³/ч. В качестве тяги в этом случае могут быть использованы осевые крышные вентиляторы производительностью 100 тыс. м³/ч.

Институтом «Гипроникель» разработано укрытие конвертера. Здесь же в укрытии устанавливается ковш, в который сливается файнштейн. При механизации труда фурмовщиков укрытие конвертеров может быть еще более герметичным, что снизит объем воздуха, удаляемого из этого укрытия. При ручной фурмовке объем воздуха, удаляемого из укрытия, составляет 65000—70000 м³/ч. Он определен из расчета создания скорости движения воздуха в проемах и щелях укрытия не менее 2 м/с. На рис. 62 показано укрытие конвертера.

Другие схемы устройства укрытий конвертеров, их расчеты и детали приведены в гл. 3.

В местах транспортировки расплава по желобам применяют бортовые отсосы, которые при правильном расчете дают хорошие результаты по отбору газов. На рис. 19 приведено шторное укрытие желоба, которое при эксплуатации показало высокую эффективность и значительно облегчило обслуживание желобов. Как видно на рисунке, штора укрытия состоит из отдельных звеньев, наматываемых на трубу, приводимую во вращательное движение через редуктор. Удобство укрытия заключается в том, что во время выпуска расплава одна из штор может быть опущена полно-

стью, а вторая поднята на высоту, достаточную для наблюдения за желобом. При ремонте желоба или его смене обе шторы могут подниматься, что обеспечивает свободный доступ к желобу. Объем воздуха, отсасываемого из такого укрытия, составляет обычно от 25 до 40 тыс. м³/ч в зависимости от длины шторного укрытия, а также от неплотностей, через которые воздух поступает из цеха.

На рис. 63 показано раздвижное укрытие над ковшами из двух отдельных секций, каждая из которых с помощью тяг подвешена к поворачивающейся вертикальной оси с пневматическим приводом и дистанционным управлением. При установке ковшей укрытие раздвигается, после установки — сдвигается. Для уменьшения

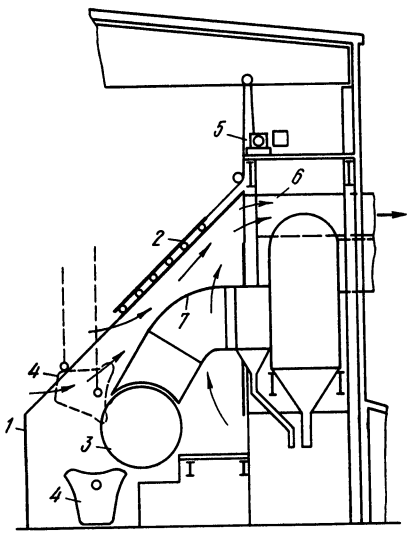


Рис. 62. Схематический разрез укрытия конвертера:
1 — каркас укрытия; *2* — подъемная штора; *3* — конвертер; *4* — ковш; *5* — редуктор для подъема шторы; *6* — воздухопровод укрытия; *7* — напыльник

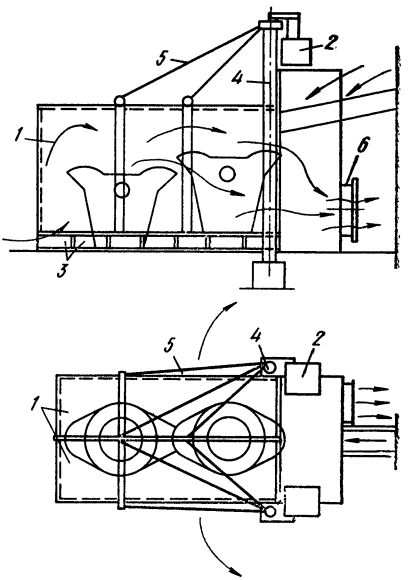


Рис. 63. Схема раздвижного укрытия над ковшом:
1 — укрытие; *2* — пневматический привод; *3* — шторки; *4* — поворотная ось; *5* — тяга; *6* — патрубок воздуховода

зазоров между полом цеха и укрытием на нем подвешиваются шторки.

При проектировании бортовых отсосов у желобов необходимо размещать их над желобами на высоте не менее 100 мм во избежание попадания в них расплавленного шлака или металла и образования настылей. Высоту щели бортового отсоса рекомендуется принимать 80—100. Скорость воздуха, входящего в бортовой отсос, устанавливается в зависимости от ширины желоба. При ширине желоба 500 мм рекомендуется скорость 13—14 м/с, а при ширине 700 мм — 18—20 м/с. Для ориентировочных расчетов объем воздуха, отсасываемого с 1 м желоба шириной

500 мм, можно принимать около 5 тыс. м³/ч, а шириной 700 мм — 7—8 тыс. м³/ч. Эти значения получены при регулировке и наладке систем на полный отбор выделяющихся газов.

В некоторых случаях, когда стационарные раскрывающиеся или иного типа укрытия над ковшами выполнить невозможно, рекомендуется применять накатные зонты, если позволяют местные условия.

Установка с применением накатного зонта была выполнена на одном из заводов. Незначительная ширина цеха обусловила устройство накатного зонта, движущегося по рельсам, проложенным вдоль стены цеха и по колоннам этажерки печи. Схема установки представлена на рис. 64. Передвижение зонта по рельсам осуществляется электродвигателем через редуктор. Остановка зонта в строго фиксированном положении, т. е. когда его патрубки находятся напротив вентиляционных каналов, осуществляется автоматически. После заполнения ковшей шлаком зонт откатывается в другую часть цеха и не препятствует подъему и перевозке ковшей.

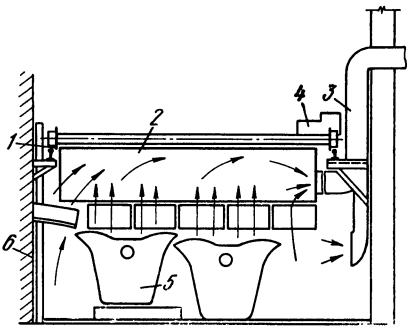


Рис. 64. Схема накатного зонта над ковшами:
1 — рельсовые пути; *2* — зонт; *3* — воздуховоды; *4* — электродвигатель с редуктором для передвижения зонта; *5* — ковш; *6* — печь

Скорость движения воздуха в плоскости зонта составляла $54000 : 3600 \cdot 17.6 = 0{,}85$ м/с, где 54000 — объем воздуха, удаляемого от зонта, м³/ч; 17,6 — площадь сечения зонта, м². При испытании зонта выбивания газов из него не наблюдалось, несмотря на плоскую кровлю и незначительную высоту его (1200 мм), что, вероятно объясняется значительным объемом зонта (около 21 м³).

Описанная выше установка работала весьма эффективно и рекомендуется для применения.

При выпуске шлака или другого вида расплава в прудки размером 1500×3000 мм хорошие результаты по отбору газов могут быть получены при применении бортовых отсосов со сдувами. Такая установка спроектирована и смонтирована на одном заводе (см. гл. 7).

При расчете сдува необходимо учитывать, что струя относительно холодного воздуха вдувается в среду с нагретым воздухом, претерпевает ряд изменений, в результате чего частицы вдуваемого воздуха будут находиться под действием подъемной силы конвективного потока, вектора всасывания бортовым отсосом и инерции струи.

Под действием этих сил направление потока будет отклоняться от заданного. Во избежание «проскоков» сдувающей струи мимо бортового отсоса необходимо, чтобы верхняя граница ну-

левых скоростей, находящаяся на грани сдувающего потока, была в пределах всасывающего факела, по возможности ближе к щели отсоса. Скорость всасывания в любом месте должна быть больше скорости вертикальных конвективных потоков. Скорость подъема газов над любой нагретой поверхностью можно определить по формуле Н. Е. Федоровского и Г. И. Красилова.

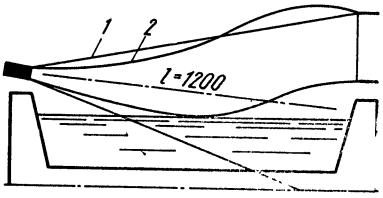


Рис. 65. Схема положения факела сдува:
1 — теоретическое; *2* — вероятное

На рис. 65 приведена схема теоретического и вероятного положения факела сдува. На рисунке видна верхняя граница нулевых скоростей факела, которая не выходит из среды действия всасывающего патрубка и находится у верхней его кромки. При этом положении «проскок» сдуваемой струи невозможен.

Температура газов над изложницей или прудками с расплавленным шлаком на высоте 200 мм от зеркала составляла в среднем, 800°С. Если пренебречь температурой окружающей среды, то скорость вертикального конвективного потока в таком случае будет

$$v_к = 0{,}003\,\Delta t = 0{,}003 \cdot 800 = 2{,}4 \text{ м/с}.$$

В расчете принята скорость 3 м/с, полученная в результате практических замеров и наблюдений. Тогда средняя скорость сдува $v_x = 3$ м/с, коэффициент турбулентности $a = 0{,}2$, ширина щели сдува $b = 0{,}01 \cdot 1200 = 12$ мм. Осевая скорость сдува

$$v_0 = \frac{v_x}{0{,}5} = \frac{3}{0{,}5} = 6 \text{ м/с}.$$

Отношение осевых скоростей сдува в начальной точке и в точке x

$$\frac{v_x}{v_0} = \frac{1{,}2}{\sqrt{\frac{a\,x}{b} + 0{,}41}} = \frac{1{,}2}{\sqrt{\frac{0{,}2 \cdot 1{,}2}{0{,}012} + 0{,}41}} = 0{,}266,$$

где x — расстояние между начальной и конечной точками сдува.

Отсюда, начальная осевая скорость сдува равна:

$$v_0 = \frac{v_x}{0{,}266} = \frac{6}{0{,}266} = 23 \text{ м/с}.$$

Начальный объем струи $L_1 = 23 \cdot 0{,}012 \cdot 3 \cdot 3600 = 3$ тыс. м³/ч. Конечный объем струи

$$L_2 = 1.2\,L_1 \sqrt{\frac{0{,}2 \cdot 1{,}2}{0{,}012} + 0{,}41 \cdot 3600} = 16.3 \text{ тыс. м}^3\text{/ч}.$$

Замеры объемов воздуха показали, что удаление его через бортовые отсосы составляло всего 15 тыс. м³/ч вместо принятых по расчету 20 тыс. м³/ч. Величина сдувки точно отвечала расчет-

ной и составляла 3 тыс. м³/ч. При этом установка работала весьма эффективно. Отсос со сдувом применяется и при выпуске шлака или другого расплава в ковши, установленные в специальном приямке.

Над шпуровыми отверстиями рекомендуется устанавливать зонты; вследствие того, что обычно через шпуровые отверстия газы выбрасываются клубообразно, зонты должны быть открытыми, с глубокой и емкой внутренней полостью. Размеры таких зонтов можно рассчитать по методу, предложенному Т. А. Фиалковской.

Ввиду того что печи обычно работают с некоторым положительным давлением, для более надежного удаления газов рекомендуется устройство воздушной завесы. При этом зонты можно сделать небольшие. Для устройства завес обычно применяют стальные трубы диаметром 50—200 мм с отверстиями диаметром 6—10 мм по рекомендации Л. А. Глушкова. Угол наклона оси отверстий зависит от места расположения трубы, высоты подвеса и вылета зонта. При расположении трубы на расстоянии, равном вылету зонта, угол наклона принимается равным 15—20°. Л. А. Глушков считает достаточным поддерживать давление воздуха в трубах 1500 Н/м² (150 мм вод. ст.); в этом случае можно получить скорость воздушной сдувающей струи около 50 м/с, что достаточно для отдувания газов на высоту до 1,4 м.

Обычно при расчетах воздухообмена в плавильных цехах значительную роль играют теплоизбытки. Поступление тепла в цех возможно от нагретых поверхностей печей; конвертеров, газоходов; от остывающего штейна и файнштейна; с газами, прорывающимися в цех через неплотности печей; через окна печей в момент их открывания, от желобов; за счет перехода электрической энергии в тепловую; солнечной инсоляции через остекленные поверхности.

Тепловыделения от боковых стенок и сводов печей определяются по формулам Нуссельта и Стефана — Больцмана.

Температуру наружной поверхности печи можно подсчитать по формулам теплопередачи и теплового баланса, либо с достаточной степенью точности, по таблице приложения 4.

Подробный расчет тепла, излучаемого через рабочие отверстия печей, см. в книге В. А. Четкова, Л. К. Энгеля «Вентиляция цехов предприятий цветной металлургии».

Выделение тепла от остывающего металла, шлака, штейна, файнштейна определяется по известным в теплотехнике формулам с применением удельной теплоемкости материала. В плавильных цехах технологические процессы непрерывны. Поэтому в расчеты тепловыделений при остывании металла необходимо вносить поправки. Так как расчеты по определению тепла, выделяемого остывающим металлом, чрезвычайно сложны и пока нет единой методики, то следует пользоваться данными, полученными в действующих цехах аналогичных предприятий. Например, Н. Н. Тетеревников рекомендует для отливок массой около 50 кг

принимать, что за первый час они отдают около 50% содержащегося тепла, за второй час — 35%, и остальное количество тепла — за последующие два часа.

Если над печами имеются сплошные свисающие зонты, то тепловыделения в цех следует учитывать только от теплоизлучения с поверхности печей, не защищенных шторами зонта. Выделение тепла от свода печи в этом случае не учитываются. В плавильных цехах выделениями тепла от электродвигателей можно пренебречь из следующих соображений. Большинство электродвигателей, как правило, расположено на высших отметках цеха (электродвигатели мостовых кранов, троллейкар и т. п.), поэтому влиять на повышение температуры в рабочей зоне они не могут.

При расчете тепловых потерь через наружные ограждения для составления теплового баланса, особенно в переходный и холодные периоды года, следует иметь в виду, что температура внутренних поверхностей стен и кровли может быть выше, чем в обычных помещениях, за счет излучения тепла близко расположенными печами, газоходами и т. п. Это обстоятельство повышает величину тепловых потерь на 25—30% для стен и до 20% для кровли.

Применение аэрации в плавильных цехах предприятий цветной металлургии, в том числе никелевых заводов, нецелесообразно вследствие того, что технологические процессы сопровождаются обильным выделением токсичных газов, паров и пыли, загрязняющих как воздушную среду внутри цеха, так и внешнюю атмосферу.

Практика эксплуатации аэрационных фонарей плавильных цехов показала, что в большинстве случаев фонари не имеют дистанционного управления. Поэтому в цехах как в зимнее, так и в летнее время наблюдаются сквозняки и температура воздуха на нижних площадках мало отличается от наружной. Кроме того, строительство фонарей значительно усложняет конструкцию кровли. В районах со значительными зимними осадками, в результате которых между отбойными щитами и фонарными фрамугами скапливаются массы снега, усложняется обслуживание.

С массовым выпуском нашей промышленностью крышных реверсивных вентиляторов большой производительностью, достигающей 100 тыс. м³/ч и более, возможно устройство регулируемой приточно-вытяжной общеобменной вентиляции, обеспечивающей нормальные метеорологические условия работы.

При наличии крышных осевых реверсивных вентиляторов режим вентиляции может устанавливаться в зависимости от времени года: сверху вниз или снизу вверх.

При вентиляции снизу вверх наиболее тяжелые условия труда создаются в верхней части цеха, так как весь газовый поток проходит через рабочие зоны. Кроме того, крановщики подвергаются тепловому воздействию, особенно во время операций с жидким металлом. Поэтому при проектировании необходимо уделять

особое внимание вопросу вентиляции кабин мостовых кранов, троллейкаров или других движущихся механизмов с постоянным пребыванием в них людей.

В настоящее время известны методы подачи свежего воздуха в кабины мостовых кранов или троллейкаров, разработанные институтом «Гипроникель» и Уральским политехническим институтом. Этот метод усовершенствован Институтом гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР.

В. А. Четковым и Ю. И. Пржиленским предложен еще один способ подачи воздуха в кабины мостовых кранов и троллейкаров[1]:

по воздуховоду, собранному из отдельных звеньев *1* и смонтированному вдоль цеха (рис. 66). В нижней части воздуховода по

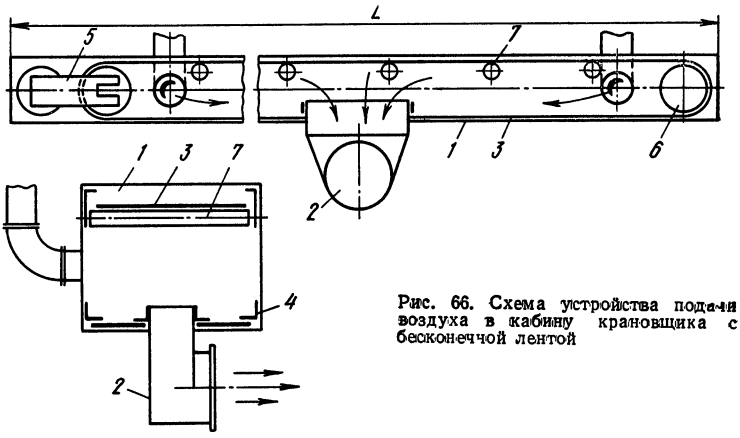


Рис. 66. Схема устройства подачи воздуха в кабину крановщика с бесконечной лентой

всей его длине, за исключением коротких торцовых участков, имеется щель, в которой перемещается воздухоприемник *2*, жестко скрепленный с бесконечной лентой *3*, помещенной внутри воздуховода. Для большей плотности и уменьшения потерь воздуха движущаяся лента с прикрепленным к ней воздухоприемником обрамлена двумя полосками резины *4*, создающими как бы лабиринтное уплотнение. Передвижение ленты вдоль канала осуществляется поводками, закрепленными на кране или на его кабине. Натяжение ленты производится специальным роликом *5*, установленным в одном из торцов канала, второй ролик *6*, установленный в противоположном конце канала, натяжного устройства не имеет и служит только оборотным. Провисание ленты устраняется верхними роликами *7*. Установка натяжного, оборотного и верхних роликов выполнена так, что позволяет легко исправить перекосы.

Работа, затрачиваемая на передвижение ленты, весьма незначительна; при длине воздуховода, равной 100 м и скорости

[1] Четков В. А., Пржиленский Ю. И. Авт. свид. № 108396—«Бюл. изобр. и тов. знаков», 1957, № 11, с. 12.

движения крана 80 м/мин она составляет 1,2 кВт (10320 ккал/ч). При наличии в цехе двух мостовых кранов в воздухопроводе устанавливают две ленты, а при наличии четырех кранов необходимо прокладывать две двойные ленты. Положительным качеством предлагаемой конструкции является то, что потери воздуха сводятся к минимуму и по существу не превышают потерь в обычных приточных воздуховодах. Объем подаваемого в кабину воздуха следует определять по скорости в окнах, но не менее 500 м³/ч.

Давление воздуха в воздухораспределительном коробе перед воздухоприемником определяют по формуле

$$H_{ст} = 250\zeta L \text{ Н/м}^2 \ (25\zeta L \text{ мм вод. ст.}),$$

где L — количество воздуха, поступающего в кабину, м³/с;

ζ — безразмерный коэффициент аэродинамического сопротивления системы воздухоприемник — кабина; при расположении короба над кабиной его принимают равным 2,5; при ином расположении — 4,0.

Утечки воздуха в коробе, а также в местах присоединения воздухоприемника принято учитывать, удваивая количество воздуха, необходимого для создания в кабине подпора, по приведенной выше формуле.

Авторы считают, что такое определение объема воздуха, подаваемого в кабину и подлежащего обработке в приточной камере, не совсем точно, так как размеры утечки зависят также от длины воздухораспределительного короба. Поэтому при определении объемов воздуха, подлежащего обработке в камере, а также при подсчете производительности вентилятора лучше пользоваться формулами, предлагаемыми Л. А. Глушковым. При подаче воздуха в камеру крана по способу института «Гипроникель» (подвижная каретка) он рекомендует следующую формулу:

$$L = \sqrt{H_{ст}} \cdot (9l + 20n) + L_к n \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $H_{ст}$ — давление в коробе, Н/м² (кгс/мм²);

l — длина короба, м;

n — число присоединенных к вентиляционному коробу крановых кабин;

$L_к$ — расчетный объем воздуха, подаваемого в кабину крана, м³/ч.

При подаче воздуха в кабину с помощью двух уплотняющих лент и челнока — воздухоприемника Л. А. Глушков рекомендует следующую формулу:

$$L = \frac{nL_к + 72l}{0{,}88} \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Потери воздуха в распределительном коробе зависят главным образом от качества монтажа, который необходимо выполнять весьма тщательно при любом способе подачи воздуха в кабину крана от центральной приточной камеры.

Для борьбы с бесполезной утечкой подогретого и соответственно обработанного воздуха рекомендуется подогревать его на секционных электрокалориферах, расположенных в непосредственной близости к кабинам крана.

Подачу воздуха в воздухораспределительный короб рекомендуется осуществлять: а) при наличии одного-двух обслуживаемых кранов — одной системой в торец; б) при наличии трех-четырех кранов — одной системой в середину короба или двумя системами с торцов короба; в) при наличии пяти и более кранов — в середину и по торцам короба.

Согласно Указаниям ГСИ СССР, все кабины мостовых кранов обеспечиваются тепловой изоляцией и экранами для защиты от облучения.

В настоящее время при подаче воздуха в кабины мостовых кранов применяются местные кондиционеры. При проектировании таких кондиционеров следует помнить, что они работают на рециркуляцию и требуется предварительная очистка воздуха от газов, сопутствующих определенному технологическому процессу.

На рис. 67 показана схема установки, запроектированной и смонтированной на медеплавильном заводе Гинцветметом и коллективом завода. Загрязненный воздух проходит фильтр, где очищается от грубой пыли, затем в адсорбере очищается от сернистого ангидрида и других газов, далее — от мелкой пыли. Поступает на автономный кондиционер и в кабину крановщика.

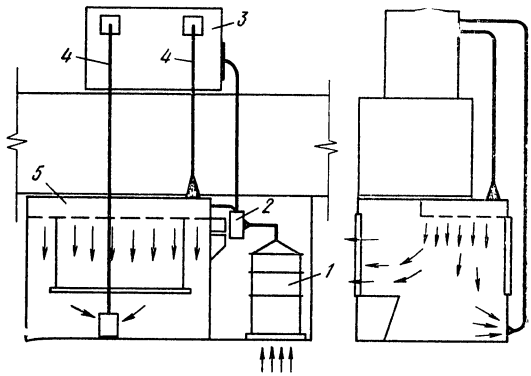


Рис. 67. Схема кондиционирования воздуха, подаваемого в кабину крановщика:
1 — фильтр; *2* — вентилятор; *3* — кондиционер; *4* — воздуховоды; *5* — перфорированный потолок

Вследствие того что до настоящего времени нет рациональных конструкций укрытий электролизных ванн и особенности технологического процесса не позволяют устраивать бортовые отсосы от них, вредные выделения можно удалять только общеобменной вентиляцией. Местная вытяжная вентиляция устраивается для удаления воздуха из пачуков и цементаторов, которые перекрыты плотными деревянными щитами с окнами в них для наблюдения за ходом процесса и проходом технологических трубопроводов. Укрыть перколяторы для обеспечения их местной вытяжной вентиляцией невозможно из-за громоздкости укрытия и усложнения эксплуатации агрегата.

В электролизном и очистном отделениях применяется общеобменная приточно-вытяжная вентиляция. Распределение приточ-

ного воздуха в помещениях электролизного цеха до последнего времени осуществлялось через воздухораспределители различного типа на высоте примерно 1,5 м от уровня пола, а в очистных отделениях — по периметру помещений и площадок. Такой способ подачи воздуха обусловливает интенсивное перемешивание воздушных масс в рабочей зоне. При этом исключается возникновение в электролизных отделениях температурного градиента и, как показали проведенные исследования, выделяющаяся из ванн аэрозоль равномерно распределяется по всему объему помещения. Воздух из помещения удаляется через шахты, установленные на крыше, поэтому в очистных отделениях он перемещается из нижних этажей в верхние.

При обследовании вентиляции цехов было установлено, что кратность воздухообмена составляла по очистным отделениям 7—8, а по электролизному отделению даже 15.

В очистных отделениях для улучшения условий труда необходимо заменять перколяторы цементаторами. Такие цементаторы для очистки электролиза от меди успешно работают на двух заводах. Достоинством их с санитарно-гигиенической точки зрения является то, что их можно герметизировать и оборудовать вытяжной вентиляцией, обеспечив скорость движения воздуха в смотровых люках 1,2—1,5 м/с.

Источниками загрязнения воздушной среды в очистных отделениях являются также рамные фильтрпрессы. Замена их фильтрами непрерывного действия улучшит условия труда на этом участке.

Главную роль в достижении удовлетворительных метеорологических и санитарно-гигиенических условий в электролизных цехах играет вентиляция. Приточный воздух подается в подвальное помещение, выпускается через щели в полу вдоль ванн и удаляется из помещения ванн через незадуваемые фонари, шахты или другие устройства. Нормальными метеорологическими условиями считается температура 20—23°С и 60%-ная влажность воздуха. Следует отметить, что в случае подачи воздуха под ванны рабочие, стоя непосредственно на ваннах, оказываются в неблагоприятных условиях, так как находятся в токе горячего загрязненного воздуха. Поскольку эти работы на каждом участке отделения ограничены во времени и производятся обычно не более чем на шести ваннах, представляется возможность вентилировать эти места с помощью местных агрегатов, смонтированных на спецкранах.

В очистных отделениях подача воздуха для нижних этажей может быть сосредоточенной. Для этой цели можно также использовать установку воздушных завес у ворот. В верхних этажах подавать воздух следует по периметру помещений с помощью воздухораспределителей.

При проектировании вентиляции очистных и электролизных отделений можно воспользоваться балансом воздуха, тепла и влаги, полученным в результате проведенных замеров и обсле-

дований некоторых никелевых заводов Ленинградским государственным научно-исследовательским институтом гигиены труда и профзаболеваний. Этот баланс приведен в табл. 2.

Таблица 2

Баланс воздуха, тепла и влаги в электролизном цехе, %

Статьи	Воздух	Тепло	Влага
Отделение растворения анодов			
Поступает:			
из приточных камер	35	27	21
через вытяжные шахты и в результате инфильтрации	65	12	24
в результате выделения из ванн	—	61	55
Удаляется:			
в отделение электролиза	100	100	100
Электролитное отделение			
Поступает:			
из приточных камер	51	32	18
в результате инфильтрации	5	1	1
из отделения растворения	44	36	32
в результате выделения из ванн и другого оборудования	—	31	49
Удаляется:			
через вытяжные шахты	36	38	39
механической вытяжной вентиляцией	12	13	15
в отделение очистки	52	49	46
Отделение очистки электролита			
Поступает:			
из приточных камер	19	15	6
в результате инфильтрации	23	3	6
из административного корпуса	3	2	2
из электролитного отделения	55	47	45
в результате выделения из пачуков фильтрпрессов и т. д.	—	33	41
Удаляется:			
через вытяжные шахты над фильтрпрессами	93	91	95
через вытяжные шахты над пачуками	7	9	5

На основании подробных расчетов и практических замеров воздухообмен в расчете на 1 м^2 поверхности ванны составляет 1870 м^3/ч, или 2170 кг/ч, а в расчете на ванну — около 11 тыс. м^3/ч.

При электролизе никеля из хлоридных и сульфидных растворов из ванн выделяются аэрозоли электролита. Следует заметить, что хлоридные растворы при непосредственном контакте с кожей вызывают ее раздражение.

На рис. 68 показан схематический разрез устройства вентиляции в электролизном отделении с механическим притоком и вытяжкой. По принятой схеме вентиляции основная масса приточного воздуха подается под ванны с выпуском его в проходы между

ваннами через щели в полу. Остальная часть этого воздуха подается на уровне ванн в виде бокового душа, если это возможно выполнить, используя колонны и стены здания или устанавливается вентиляционная система на спецкране. При работе над ван-

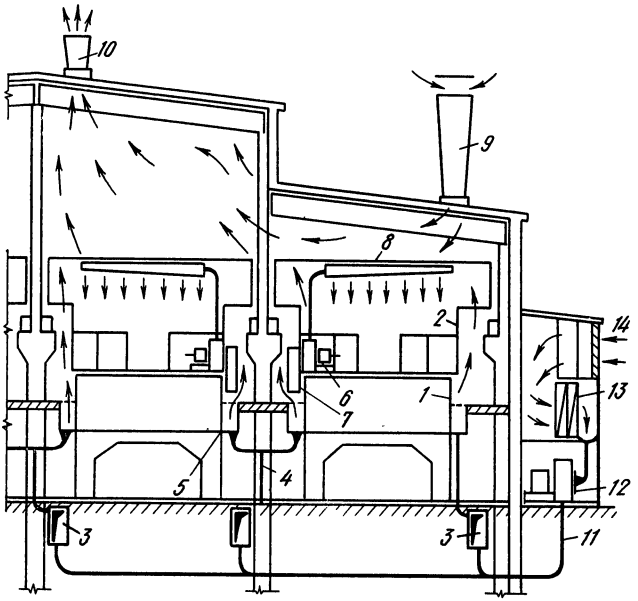


Рис. 68. Схема общеобменной приточно-вытяжной вентиляции электролизного цеха:
1 — ванны; *2* — специальные краны; *3* — приточные каналы; *4* — каналы-стояки; *5* — щелевой приточный насадок; *6* — вентилятор на спецкране; *7* — устройство для забора воздуха; *8* — приточные насадки; *9* — крышной вентилятор; *10* — крышной вентилятор (приточный); *11* — воздуховоды; *12* — вентилятор; *13* — кондиционер; *14* — заборное устройство

нами с платформы спецкрана предусматривается установка оригинальной конструкции душирующей вентиляционной системы. Как видно на рисунке, вся установка смонтирована непосредственно на кране, который передвигается вдоль цеха. Воздух, поступающий через щель в перекрытии между ваннами, для этой установки забирается через специальный воздухоприемник.

Каждый душирующий патрубок рассчитан на подачу 3,5 тыс. м^3/ч воздуха, а вся установка — на два режима: летний — со скоростью движения воздуха на обдуваемой площадке 1—1,5 м/с, зимний — со скоростью 0,5—1,0 м/с. Оптимальная скорость движения воздуха определяется в каждом отдельном случае.

Весь технологический процесс получения карбонила никеля связан с выделением весьма токсичных вредностей (окиси углерода и карбонила). По мнению некоторых врачей-гигиенистов, карбонил почти в 5 раз токсичнее окиси углерода.

Допустимые концентрации окиси углерода составляют при длительности пребывания в отсеке не более 1 ч — 0,05 мг/л; 30 мин — 0,1 мг/л; 20 мин — 0,2 мг/л.

При этом повторная работа допускается при перерыве не менее двух часов.

Все аппараты, арматура, трубопроводы, содержащие перечисленные вредности, герметизированы и перед пуском в работу каждый раз испытываются на плотность азотом под соответствующим давлением. Однако, несмотря на принимаемые меры, не исключена возможность частичного (возможно, небольшого) прорыва газов. При авариях эти утечки газов могут быть значительными. Вследствие того что все вероятные места прорывов газа капсулировать не представляется возможным, вредности удаляются с помощью общеобменной вентиляции.

В литературе имеется несколько рекомендаций для определения количества паров и газов, поступающих в помещение через неплотности аппаратов и трубопроводов, работающих под давлением. В частности рекомендуется следующая приближенная формула:

$$G = k \cdot c \cdot V \sqrt{\frac{m}{T}} \text{ кг/ч},$$

где k — коэффициент запаса, принимаемый от 1,0 до 2,0;

c — коэффициент, зависящий от давления газов; его значения принимаются следующими: 0,2 Мн/м² (2 кгс/см²) — 0,120; 0,2—0,7 Мн/м² (2—7 кгс/см²) — 0,18; 0,7—4,0 Мн/м² (7—40 кгс/см²) — 0,250; 4,0—16,0 Мн/м² 40—160 кгс/см²) — 0,30; 40,0—100,0 Мн/м² (400—1000 кгс/см²) — 0,350;

V — внутренний объем аппаратуры и коммуникаций, находящихся под давлением, м³;

m — молекулярная масса газа или пара;

T — абсолютная температура, °К.

Если принять: $k=2{,}0$; $c=0{,}350$ [давление больше 16 Мн/м² (160 кгс/см²)]; $T=490$°К; $m=28{,}0$, то получим количество газа, который может поступить в воздух помещения с единицы объема аппаратуры:

$$G = 2{,}0 \cdot 0{,}35 \cdot 1 \cdot \frac{28}{490} = 0{,}16 \text{ кг/ч},$$

что составит почти 15% от объема аппаратуры.

Опыт эксплуатации цехов карбонила показал, что на самом деле газовыделения значительно ниже. Поэтому при проектировании вентиляционных устройств аналогичных цехов можно рекомендовать принимать объемы вентиляции, или, вернее, кратность воздухообмена, в пределах, утвержденных Государственной санитарной инспекцией Министерства здравоохранения РСФСР.

Принятые воздухообмены по отдельным помещениям гарантируют допустимую концентрацию вредностей в воздушной среде отсека лишь в том случае, если утечки СО не будут превышать

$0{,}05 \cdot 33000 = 1650$ г/ч, что допустимо при временном пребывании людей в отсеке в течение менее одного часа. Случайные утечки вредностей при малейшем нарушении правил герметизации могут превысить вышеуказанную норму, поэтому для создания безопасных условий труда необходимо осуществлять следующий комплекс мероприятий:

1) технологический процесс должен протекать без постоянного пребывания людей;

2) контроль и управление аппаратами должны осуществляться дистанционно из помещения пульта управления;

3) в пульт управления должен подаваться приток воздуха не менее, чем в десятикратном объеме;

4) анализ воздуха во всех помещениях систематически должен производиться автоматическими газоанализаторами с устройством соответствующей сигнализации;

5) для обеспечения масок свежим воздухом последний должен подаваться в отсеки, компрессорную и другие помещения по трубопроводу со штуцерами для присоединения к ним гибким шлангом от масок;

6) вход в помещения разрешается лишь после проверки газоанализаторами концентраций вредностей в воздушной среде.

Аварийные системы выпускаются в действие в зависимости от того, в каком из отсеков произошло повышение концентрации CO.

Приточный воздух подается по подземному каналу от центральной вентиляторной, забирающей свежий воздух на расстоянии около 200 м от цеха. Подогрев приточного воздуха осуществляется в отдельных камерах, расположенных вне цеха. Воздух для масок забирается из той же удаленной зоны, поступает в фильтры тонкой очистки и подается центробежным вентилятором в камеру, где подогревается, после чего разводится по отсекам.

Из помещения воздухозабора по подземному каналу, снабженному направляющими лопатками, воздух поступает к обоим вентиляторам и далее по двум подземным каналам направляется к отделениям № 1, 2 и 3. В каналах установлены дроссель-клапаны, которые позволяют в случае остановки одного из вентиляторов с помощью другого подавать воздух во все отделения.

Как уже упоминалось, очистка от примесей после обработки скрапа CO под давлением и высокой температурой производится в отделении № 2 при давлении около 2 кН/м^2 (200 кгс/м^2). Все процессы протекают в герметически закрытых аппаратах. Тем не менее, отделение № 2 представляет особую опасность из-за трудности обнаружения утечки газов. Поэтому все рекомендации, касающиеся техники безопасности по обслуживанию установок карбонила никеля, должны в полной мере распространяться и на отделение № 2.

Принцип действия вентиляции и кратность воздухообмена аналогичны отделениям № 1 и 3, т. е. тем отделениям, где технологический процесс протекает при повышенных температурах и давлении.

Глава 5

ВЕНТИЛЯЦИЯ НА АЛЮМИНИЕВЫХ ЗАВОДАХ

Современный электролитический способ производства алюминия довольно сложен. Производство алюминия невозможно без получения глинозема, криолита и других фтористых солей, электродов, анодной и подовой массы, электрической энергии.

На рис. 69 приведена комбинированная аппаратурная схема алюминиевого завода, на которой указаны источники выделения вредностей. Такая схема производства глинозема по способам спекания и Байера позволяет более полно описать устройство вытяжной вентиляции аппаратов, оборудования и печей.

Железнодорожные вагоны *1* с бокситами, известняком и углем разгружаются в приемные бункера *2* с помощью роторных вагоноопрокидывателей. Из бункеров материал подается пластинчатыми питателями *3* на крупное дробление в молотковые дробилки *4* и системой транспортеров направляется на склады, предназначенные для хранения и усреднения. Усредненный боксит грейферным ковшом, шихтопогрузочной машиной, трактором или роторным экскаватором *6* со склада *5* подается на грохот *7* и далее на конусную дробилку *8* для среднего дробления.

При выгрузке материала из железнодорожных вагонов в помещение склада и окружающую атмосферу выделяется большое количество пыли боксита, извести, угля и каустической соды. Подача боксита и других материалов питателем в молотковую дробилку и затем на склад также сопровождается интенсивным выделением пыли.

Процесс усреднения производится на складе и состоит из перемешивания массы материала, во время которого выделяется большое количество пыли. Для измельчения боксита обычно применяются шаровые мельницы, работающие совместно с классификаторами и гидроциклонами. Боксит из дробилки ленточными транспортерами *9* и элеватором *10* подается в бункер *11* и далее в шаровую мельницу *12*. В этот же бункер из дозатора подается оборотный раствор, поступающий с выпарки. Пульпа из мельниц первой стадии насосами подается в классификатор *13*. Пески классификатора измельчаются в мельницах второй стадии. Пульпа из этих мельниц через мешалку возвращается в классификатор. Слив собирается в мешалке и насосами перекачивается на выщелачивание. Процесс подготовки бокситов к измельчению сопровождается выделением пыли. Сам процесс измельчения в шаровых мельницах происходит во влажной среде, поэтому из мельниц, мешалок и другой аппаратуры выделяется аэрозоль щелочей, содержащихся в растворах. С горячих поверхностей мельниц, дозаторов, гидроциклонов в помещение цеха выделяется значительное количество тепла, так как температура раствора около 100°С.

Сырая пульпа подается в выщелачивательное отделение через щепкоуловитель *14* и далее поршневым насосом высокого давления нагнетается в подогреватели *15*. Подогретая пульпа поступает в батарею последовательно соединенных автоклавов *16*. Окончательный нагрев пульпы до 220—240°С осуществляется острым паром. Пульпа из сепаратора второй ступени перекачивается в отделение сгущения и промывки и поступает в сгустители *17*. В этом отделении в воздух помещения выделяются щелочные аэрозоли, преимущественно в туманообразном состоянии. Теплоотделение происходит с горячих стенок отстойников, сгустителей, смесителей, мешалок, желобов и трубопроводов; температура растворов 90—100°С.

Алюминиевый раствор из бака чистого раствора отделения промывки поступает в отделение декомпозиции. Охлажденный раствор закачивается в голов-

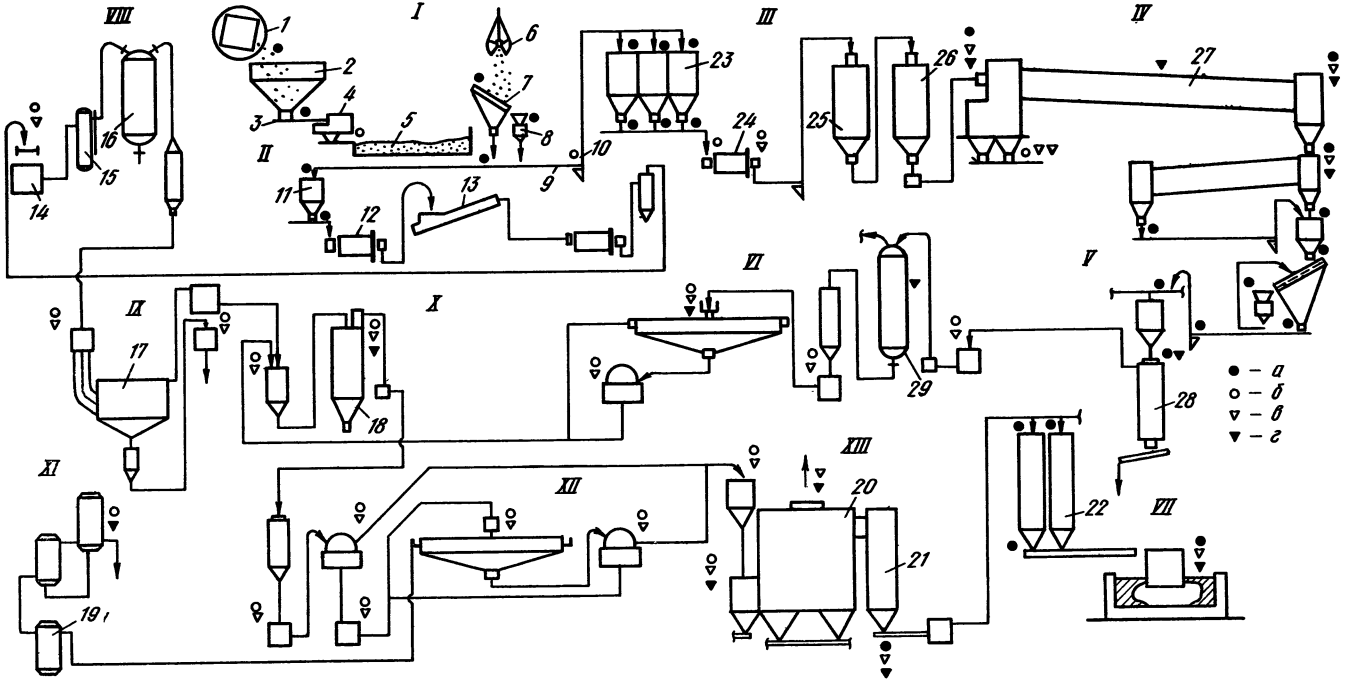


Рис. 69. Схема получения алюминия с указанием мест выделения вредностей. Отделения:
I — дробления; *II* — размольное; *III* — подготовки шихты; *IV* — спекательное; *V* — выщелачивания спека; *VI* — обескремнивания; *VII* — электролиза; *VIII* — выщелачивания; *IX* — промывки; *X* — декомпозиции; *XI* — выпарки; *XII* — классификации и сгущения; *XIII* — калькуляции; *а* — пыль; *б* — пар; *в* — газ; *г* — лучистое тепло

ной аппарат батареи непрерывно работающих декомпозеров *18*. Аппараты этого отделения в основном закрыты, поэтому выделение пара, аэрозолей раствора и пульпы происходит лишь при аварийном прорыве пара или сжатого воздуха. Стенки декомпозеров охлаждаются вследствие отдачи тепла в воздух помещения. В некоторых случаях охлаждение стенок осуществляется водяной пленкой. Такое охлаждение увеличивает выделение пара в помещение цеха.

В воздух отделения декомпозиции с открытой поверхности сгустителей, мешалок и вакуум-фильтров выделяются пары растворов и аэрозоль. Выделение тепла незначительное. В выпарном отделении происходит подогрев и вакуумное выпаривание раствора в аппаратах *19*. Воздух этого отделения перегревается, и влажность повышается в результате выделения тепла, паров и аэрозолей раствора.

Кальцинация глинозема производится в четырехкамерной печи кипящего слоя *20*. Гидроокись алюминия вместе с оборотной пылью загружается в кипящий слой верхней камеры, из которой с помощью переточных устройств поступает в нижележащую камеру. Газы движутся навстречу потоку материала. Шнеком гидроокись алюминия через загрузочную трубу подается в кипящий слой верхней камеры печи. Отходящие газы из печи проходят трехступенчатую очистку в циклонах, рукавных фильтрах и санитарную доочистку в электрофильтрах. Отсос газов производится дымососом.

Прокаленный и частично охлажденный глинозем из нижней камеры печи поступает в холодильник *21*, где окончательно охлаждается. Из охладителя глинозем пневмонасосом разгружается камерным питателем в силосы *22*.

Выделение пыли происходит при всех операциях перегрузки обожженных материалов и оборотной пыли. Пыль представляет собой смесь окиси и гидроокиси алюминия.

Как было указано выше, рассматриваемая аппаратурная схема алюминиевого завода представляет собой комбинированный способ получения глинозема Далее приводится краткое описание производства глинозема способом спекания.

Поступающие на склад боксит и известняк дробятся, сортируются и подаются в бункера мельниц. Сода пневматическим транспортом или гидравлическим способом из силосов *23* направляется в мешалку. При пневмотранспорте соды увеличивается запыленность воздуха высокодисперсной содовой пылью, что исключено при гидравлическом способе. Бокситы и известняк подаются в мельницу *24* пластинчатыми питателями. Из этой мельницы пульпа поступает в корректионный *25* и далее в сборный бассейн *26*, откуда насосом перекачивается в печь.

В воздух отделения подготовки шихты выделяется большое количество мелкой пыли, каустической соды, аэрозолей пульпы и водяных паров.

В отделение спекания пульпа подается центробежными насосами к пульповым форсункам вращающейся печи *27*. Из печи спек пересыпается в трубчатый холодильник, охлаждается и системой транспортеров ссыпается в бункера грохотов, а затем направляется в короткоконусную дробилку, которая работает в замкнутом цикле с грохотом. Дробленный спек направляется в выщелачивательные аппараты *28*. Газы, выходящие из печи, очищаются в циклонах и электрофильтрах и дымососами направляются на санитарную доочистку в скрубберы. В воздухе помещения содержится большое количество пыли, представляющей собой мелкую фракцию спека. Возможно также выделение окиси углерода и пара при нарушении тягового режима и охлаждении барабана холодильника водой.

Диффузионное выщелачивание осуществляется непрерывно в батарее последовательно соединенных диффузоров, причем операция выщелачивания совмещается с операциями отделения алюминатного раствора и промывки красного шлама. Шлам выгружается в желоб, с которого водой смывается в мешалку шламоудаления. Температура раствора 110°С, температура горячей воды, поступающей в диффузоры, 90—95°С. В этом отделении происходит выделение пыли спека при загрузке его в бункера и при выгрузке в диффузоры. При смыве горячей водой шлама с желобов и заполнении мешалок раствором выделяется большое количество пара, загрязненного аэрозолями раствора и

шлама. Со стенок диффузоров выделяется большое количество тепла как конвекцией, так и излучением.

Для получения чистого глинозема производится его обескремнивание в автоклавах, где раствор подогревается острым паром до 140—165°С. Раствор из отделения выщелачивания насосом подается в мешалку и далее перекачивается в батареи автоклавов *29*.

В связи с незначительным содержанием в рудах окиси алюминия на переработку поступает большое количество руды, которая разгружается на складах вагоноопрокидывателями. Таким же способом производится разгрузка известняка и угля. Разгрузка вагонов с рудой, известняком и углем сопровождается большим мгновенным пылеобразованием. Пыль разносится по помещению складов, а при установке опрокидывателей вне помещения — по территории промплощадки.

Основной задачей при устройстве аспирации вагоноопрокидывателя является определение объема отсасываемого воздуха и количества пыли, а также выявление движения запыленного воздуха после падения материала в бункер. В настоящее время нет достаточно точной методики для определения объема воздуха, эжектируемого свободно падающим материалом в незамкнутом пространстве. Ошибки, допускаемые при определении количества воздуха, отсасываемого из бункеров вагоноопрокидывателей, приводят к тому, что большинство установок работает неэффективно. Запыленность воздуха на рабочих местах по обслуживанию вагоноопрокидывателей и бункеров значительно превышает допустимую.

Свободно падающим материалом увлекается воздух, плотным кольцом окружающий частицы материала. Так как частицы движутся с ускорением, то расстояние между ними по мере удаления от кромки вагона увеличивается. В образовавшиеся между частицами промежутки из окружающей среды подсасывается воздух. При ударе струи материала о твердую поверхность бункера или слоя материала из нее выделяется воздух. Выделение воздуха происходит мгновенно в виде взрыва и сопровождается распылением материала. Кроме воздуха, эжектируемого самой струей материала, в бункер попадает также воздух, увлекаемый поверхностью струи материала. Таким образом, объем воздуха, отсасываемого аспирационной установкой вагоноопрокидывателя, равен объему воздуха, вносимого и эжектируемого разгружаемым материалом.

Предлагаемый расчет количества воздуха, отсасываемого аспирационной установкой вагоноопрокидывателя $L_э$, не претендует на абсолютную точность, поэтому при проектировании аспирации роторного вагоноопрокидывателя необходимо предусмотреть возможность увеличения или уменьшения производительности вентиляционной установки.

$$L_э = (0{,}20 \div 0{,}25)\, W_м v_к^2 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $W_м$ — количество материала, загружаемого из вагона в бункер, м³/ч;

$v_к$ — скорость движения частиц (м/с) в момент соприкосновения с поверхностью материала или со стенками бункера и решеткой на дне его, определяемая по формуле

$$v_к = \sqrt{2gH},$$

где H — высота падения материала от кромки вагона до места падения его в бункер, м.

На рис. 70 показана схема разгрузки материала из вагона в бункер. В качестве примера приводится расчет количества аспирационного воздуха для роторного вагоноопрокидывателя. Разгружаемый материал — боксит или известняк; емкость вагона 30 м³; время выгрузки 20 с; высота падения материала 5 м;

$$L_э = 0{,}22\, W_м v_к^2 = 0{,}22 \cdot 30 \cdot 180 \cdot 9{,}8 = 117\,000 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где скорость падения материала $v_к = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 5} = 9{,}8$ м/с.

На рис. 70 показано основное направление движения воздуха после падения материала в бункер. Для правильного подбора и расчета аспирационной установки вагоноопрокидывателей необходимо знать количество выделяемой пыли и ее дисперсный состав. Количество пыли зависит от кинетической энергии струи в месте удара ее о поверхность; отношения конечной скорости струи в месте удара ее о поверхность к начальной ее скорости, характеризующего количество воздуха, попавшего в струю; эквивалентного диаметра струи; дисперсного состава материала и его влажности.

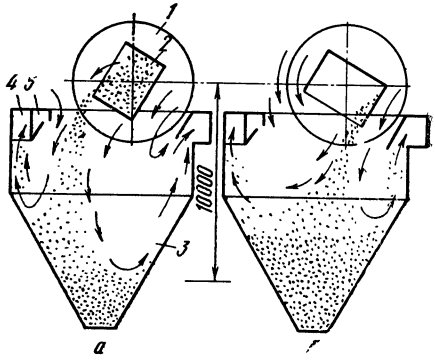


Рис. 70. Аэродинамическая схема падения материала из вагона в бункер в начале (*а*) и в конце (*б*) выгрузки:
1 — вагоноопрокидыватель; *2* — вагон; *3* — бункер; *4* — воздуховод; *5* — нагревательный патрубок

Как показали замеры, концентрация пыли в отсасываемом воздухе составляет 2,5—3 г/м³. Следовательно, количество пыли, удаляемой с аспирационным воздухом за время одного цикла разгрузки, равно 1600—2000 г.

На рис. 71. приведена схема устройства аспирации вагоноопрокидывателя для разгрузки бокситов, известняка и угля. На схеме показана частичная рециркуляция обеспыленным воздухом.

При устройстве аспирации вагоноопрокидывателя снижается загрязнение атмосферного воздуха на территории завода.

Для уменьшения выноса запыленного воздуха со склада может быть установлена воздушная завеса, которая в зимнее время предохраняет склад от охлаждения наружным воздухом. Перед воротами складов можно также устанавливать ветрозащитные щиты, уменьшающие влияние ветра на вынос запыленного воздуха с подветренной стороны здания. Оптимальное расстояние щи-

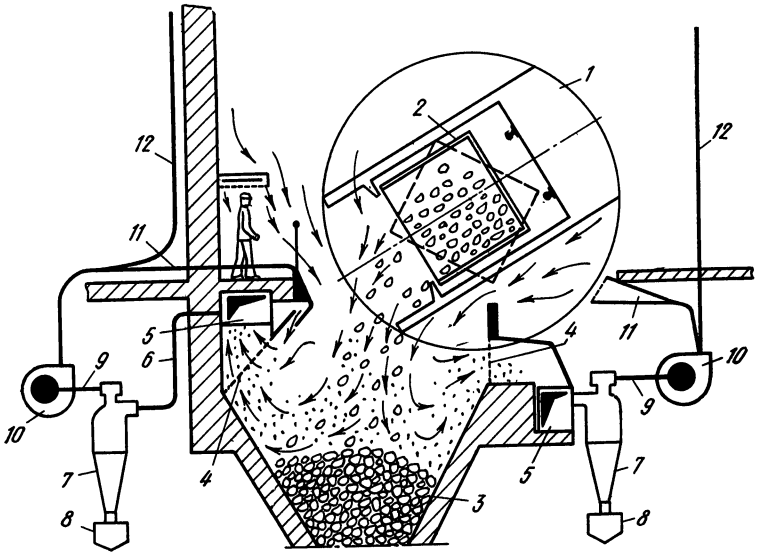


Рис. 71. Схема аспирации роторного вагоноопрокидывателя:
1 — вагоноопрокидыватель; *2* — вагон; *3* — бункер; *4* и *5* — каналы запыленного воздуха; *6*, *9* и *12* — воздуховоды; *7* — циклоны; *8* — затворы; *10* — вентиляторы; *11* — рециркуляционные воздуховоды

та от ворот равно 20 м; при этом перепад давления между воротами с наветренной и подветренной сторон равен 30 Н/м² (3,0 кгс/м²).

Уменьшение перепада давления со 130 Н/м² (13,0 кгс/м²) при отсутствии щита до 3,0 Н/м² (0,3 кгс/м²) при установке его дает возможность уменьшить и производительность воздушной завесы у ворот склада. На рис. 72 показана установка щита перед воротами.

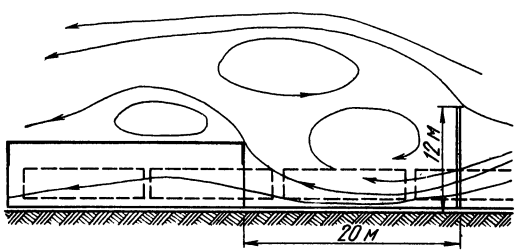


Рис. 72. Схема движения воздуха у ворот цеха при установке ветроотбойного щита

При устройстве в складе приточной вентиляции, локализирующей разрежение в нем в результате отсоса воздуха от вагоноопрокидывателей, воздушная завеса может быть выполнена с рециркуляцией, что дает возможность не подогревать воздух или подогревать незначительно. Схема рекомендуемой воздушной завесы без подгрева, но с рециркуляцией воздуха приведена на рис. 73; производительность завесы 35000—50000 м³/ч. Устройство такой завесы с ветроотбойным щитом обеспечивает нормальные условия в помещении склада разгрузки материалов.

Подача приточного воздуха для компенсации удаляемого через систему аспирации производится сверху вниз, что в значительной степени снижает подвижность воздуха в помещении опрокидывателей и уменьшает распространение пыли. Часть воздуха после обеспыливания в циклонах возвращается в бункер. Количество этого воздуха должно быть не более 20—30% от общего количества отсасываемого воздуха, с тем чтобы в момент разгрузки вагонов не было выбивания пыли из бункера. Остальной приточный воздух подается без подогрева если помещение холодное, или с подогревом, если помещение отапливается. Для этой цели используются крышные вентиляторы с калориферными установками или вентиляционные агрегаты с осевыми вентиляторами.

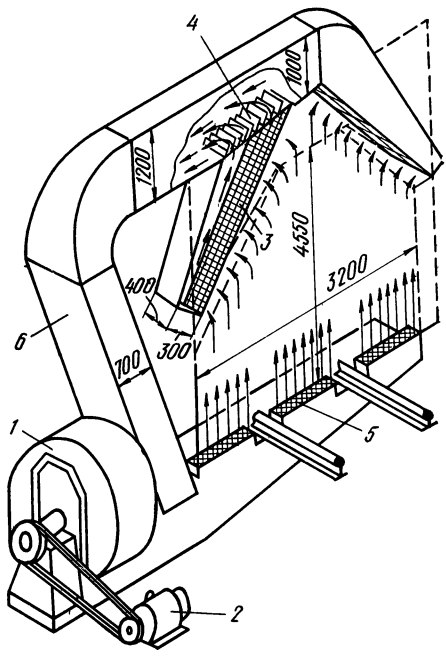


Рис. 73. Схема воздушной завесы на железнодорожных воротах:
1 — центробежный вентилятор; *2* — электродвигатель; *3* — высасывающая сетка; *4* — направляющие лопатки; *5* — щель в полу; *6* — воздуховод

Кондиционированный воздух подается в помещение пульта управления вагоноопрокидывателей и на рабочие места над бункерами. Раздача осуществляется в виде воздушного душа через перфорированный насадок с отверстиями, направленными вниз, со скоростью не более 0,5 м/с. Кроме того, следует предусмотреть кабину чистого воздуха для отдыха рабочих во время производственных пауз.

Из бункеров вагоноопрокидывателей бокситы, известняк и уголь питателями перегружаются на конвейеры. Питатели, транспортеры и узлы перегрузки оборудуются аспирационными укрытиями с первичной очисткой аспирируемого воздуха от пыли и с частичной рециркуляцией. В связи с тем, что руда в бункера поступает в виде больших кусков, зимой смерзшихся, появляется необходимость ручного обслуживания этих питателей. Для этого в аспирационных укрытиях устраиваются окна.

Эксплуатация бункеров вагоноопрокидывателей, питателей и течек в значительной степени облегчается при установке дробилок. Аспирация дробилок под бункерами может быть выполнена по ранее приведенным схемам.

Рекомендуется равномерное распределение приточного воздуха. Непосредственно к укрытию подают 70—80% отсасываемого

воздуха, остальную часть приточного воздуха следует подавать на рабочие места.

Со склада крупнокусковой боксит и известняк транспортерами подаются в цех среднего дробления на вибрационный грохот и конусные дробилки, наиболее часто используемые в глиноземном производстве. Для обеспыливания применяются аспирационные отсосы по схемам, приведенным в гл. 1.

Наилучший результат обеспыливания грохотов дает заключение их в сплошные емкие укрытия полуразборного типа. Укрытия имеют рабочие проемы с дверками для обслуживания решеток.

Расчет объема воздуха, удаляемого из аспирируемого укрытия грохота, ведется известными методами:

$$L_а = L_э + L_н \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$L_э = 0{,}12 \cdot K_у \cdot W_м v_к^2 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $K_у$ — коэффициент, зависящий от конструкции укрытия и условий поступления материала;

$W_м$ — количество материала, загружаемого через течку, м³/ч;

$v_к$ — скорость движения материала при входе в укрытие из загрузочной течки, м/с.

Для определения объема воздуха, вносимого материалом в емкое укрытие грохотов, можно пользоваться ранее приведенной формулой

$$L_э = (0{,}2 \div 0{,}25) W_м v_к^2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Скорость $v_к$ определяется по формуле

$$v_к = 19{,}6 H (1 - 1{,}2 f \operatorname{ctg} \alpha) \text{ м/с}.$$

Для руды f=0,65; при подаче материала питателем скорость $v_к$ можно принимать 4—5 м/с.

Объем воздуха, просасываемого через неплотности и проемы укрытия, определяется по известной формуле $L_н$=3600 $F_н v$ м³/ч; где v — минимальная расчетная скорость в неплотностях и проемах, зависящая от степени токсичности пыли, м/с.

Для большинства пылей заводов цветной металлургии рекомендуется принимать $v = 3 \div 4$ м/с. Площадь $F_н$ неплотностей для грохота можно принимать в пределах 15—18% от площади грохота в плане.

Для кабинных укрытий грохотов при поступлении материала из течек количество воздуха, просасываемого через неплотности, можно определять и по формуле

$$L_н = (350 \div 400) V_у \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $V_у$ — объем укрытия, м³.

На рис. 74 приведен схематический разрез склада усреднения бокситов; показано направление циркуляции воздуха в момент сброса материала с транспортера. Из рис. 74 видно, что для ликвидации выноса пыли из складов в галерею необходимо создавать в ней повышенное давление устройством приточной венти-

ляции. Для уменьшения количества приточного воздуха возможно устройство самоопрокидывающихся клапанов, прикрывающих щель для сброса материала. Эти клапаны уменьшат до некоторой степени пылеобразование вследствие уменьшения энергии падающего материала.

Для создания нормальных санитарно-гигиенических и метеорологических условий в разгрузочной галерее склада усреднения боксита, известняка и угля необходимо провести следующие мероприятия:

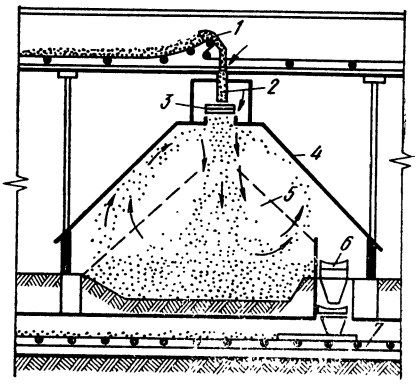


Рис. 74. Схема вентиляции склада для усреднения боксита:
1 — сбрасывающая тележка транспорта; *2* — течка; *3* — передвижной транспортер; *4* — ограждающие конструкции склада; *5* — материал; *6* — транспортер передвижной для разгрузки склада; *7* — транспортер для подачи боксита на измельчение

1. Установить самоопрокидывающиеся клапаны по всей щели сбрасывания материала с передвижного транспортера. Эти клапаны могут быть выполнены либо в виде щитов с противогрузом и устройством для очистки полотен от налипания на них бокситов и других материалов, либо в виде бесконечной ленты, перемещаемой одновременно с разгрузочным транспортером.

2. Осуществить аспирационное укрытие низа течки разгрузочного транспортера. Количество отсасываемого из этого укрытия воздуха складывается из воздуха, эжектируемого падающим материалом, и воздуха, подсасываемого через неплотности в укрытиях. Скорость движения материала при входе в укрытие из загрузочной течки определяется по приведенным выше формулам. Количество воздуха, подсасываемого через неплотности в укрытиях, определяется по скорости поступления воздуха через неплотности, равной 3,0—4,0 м/с.

Аспирационный воздух рекомендуется либо очищать по двухступенчатой схеме, включающей групповые циклоны и пенные аппараты или скрубберы при наличии шламового хозяйства, либо после грубой очистки в циклонах направлять на очистку в тканевые фильтры.

3. Выполнить систему приточной вентиляции для компенсации воздуха, отсасываемого аспирационной установкой, и воздуха, эжектируемого падающим материалом. Количество этого воздуха должно быть больше отсасываемого на 10—15% для создания повышенного давления в помещении галереи.

На рис. 75 показана разгрузочная галерея со всеми перечисленными выше устройствами, обеспечивающими нормальные санитарно-гигиенические и метеорологические условия.

Способ выпуска приточного воздуха в данном случае не имеет большого значения, так как движение его в галерее зависит от

места разгрузки передвижного транспортера и он будет подсасываться к месту расположения аспирационной установки. Для более равномерного распределения теплого воздуха раздачу следует осуществлять сверху вниз при помощи щелевидного воздуховода равномерной раздачи или через перфорированный потолок.

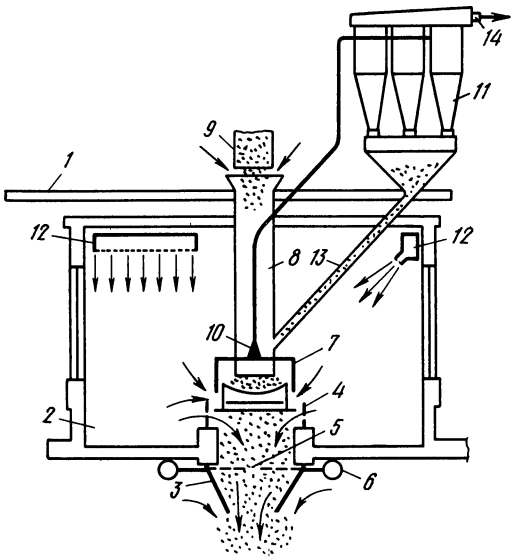


Рис. 75. Схема устройства вентиляции галереи над складами усреднения:
1 — галерея поперек склада; *2* — галерея над складами; *3* — клапан; *4* — передвижной транспортер; *5* — щель; *6* — противовес клапана для укрытия щели; *7* — аспирационное укрытие башмака течки; *8*, *9* — течка; *10* — воздуховод; *11* — групповые циклоны; *12* — приточные воздуховоды; *13* — пылепровод; *14* — воздуховод к вентилятору и общему коллектору

Выдача материалов со складов после усреднения на основной конвейер для транспортирования их на измельчение производится шихтопогрузочной машиной, бульдозерами или роторным экскаватором. При работе роторного экскаватора материал падает с транспортера экскаватора в бункер-траншею, из которой производится двусторонний отсос запыленного воздуха. Предусматривается отсос пыли от мест разгрузки бункера-траншеи на ленту транспортера и на основной транспортер, подающий материал в производство. Весь воздух, отсасываемый вентиляционными установками, очищается в групповых циклонах. После циклонов воздух вентилятором направляется в общий колектор систем аспирации складов и поступает на вторую ступень очистки в тканевых фильтрах или мокрых аппаратах. Отопление подземных галерей воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией.

Для производства металлического алюминия применяется большое количество соды, которая поступает на завод в вагонах навалом или в мешках. Разгрузка соды осуществляется пневматическими установками. Обеспыливание разгрузки вагонов и загрузки соды в силосы может быть выполнено по схемам, приведенным в гл. 6 для разгрузки карналлита с учетом плотности соды.

Со склада усреднения бокситы поступают на тонкое измельчение в мельницы сухого или, чаще, мокрого помола, которые работают в замкнутом цикле с классификатором, обычно гидроциклоном. Мокрый размол применяется не только для улучшения тех-

нологического процесса измельчения, но и для улучшения в этом отделении санитарно-гигиенических условий труда (уменьшается пыление при поступлении бокситов в мельницу).

Обеспыливание шаровых мельниц достигается поддержанием в кожухе мельницы небольшого разрежения путем отсоса воздуха от кожуха и от загрузочной воронки. Место выгрузки измельченного материала на транспортерную ленту аспирируется обычным путем с применением двойного укрытия.

Спекание шихты на глиноземных заводах осуществляется в трубчатых вращающихся печах длиной 100 м для бокситовой и 150 м для нефелиновой шихты. Для обжига в этих печах применяется газообразное, жидкое и твердое пылевидное топливо. Шихта в печь поступает в виде пульпы, содержащей 40—42% влаги. Пульпа получается в результате мокрого помола шихты в шаровых мельницах вместе с оборотным содовым раствором. Для подачи мокрой шихты в печь служат форсунки: распыление производится путем подачи на форсунку пульпы под большим давлением.

При нарушении технологического режима или при форсировании процесса спекания наблюдается выбивание газов с пылью со стороны загрузки шихты в печь и выгрузки спека в холодильник.

Выгрузку уловленной пыли из циклонов, коллекторов и электрофильтров, а также из бункеров верхней головки вращающихся печей следует производить пневматическим способом для уменьшения запыленности воздуха на рабочих местах и в окружающей атмосфере.

В помещении верхней и нижней головки печей следует предусмотреть аварийную вентиляцию. Эта вентиляция может быть осуществлена путем установки на крыше реверсивных осевых крышных вентиляторов, работающих при нормальном ведении технологических процессов как приточные, покрывающие расход воздуха, идущего на горение и на местные отсосы. При аварийном выбросе газов из печи эти вентиляторы переключаются на отсос газов из верхней зоны помещения. Для улучшения гигиенических условий работы у печей горячие стенки должны быть экранированы. Вопросы аспирации печей освещены в гл. 2.

Для нормализации санитарно-гигиенических условий в помещениях холодильных барабанов воздух, идущий на охлаждение спека, желательно забирать снаружи, а горячий воздух после холодильника очищать от пыли.

Спек из холодильника поступает на грохот, короткоконусную дробилку и на выщелачивание. Грохот и дробилка аспирируются по известным схемам. После грохота спек транспортерами подается в бункера диффузионных аппаратов выщелачивания.

Обеспыливание бункеров спека может производиться по схеме, приведенной на рис. 76, или по схемам, приведенным ранее, в гл. 1.

Процесс выщелачивания — экзотермический, поэтому отбор тепла от диффузоров обязателен. Для улучшения санитарно-ги-

гиенических условий рекомендуется установка теплоотводящих экранов, улучшающих конвекционный теплообмен.

Приточную вентиляцию в помещении диффузоров (отделение выщелачивания спека) для зимнего времени следует решать как компенсирующую аспирационные отсосы и создающую нормальные санитарно-гигиенические условия на рабочих местах и в кабинах «чистого воздуха».

Выщелачивание бокситов при производстве глинозема способом Байера проводится непрерывно в автоклавах. В автоклавах

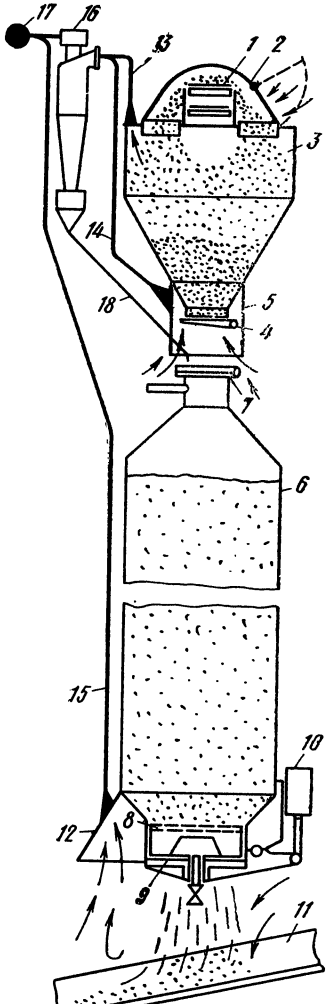


Рис. 76. Схема аспирации выщелачивательного аппарата:
1 — транспортер; *2* — укрытие транспортера накатного типа; *3* — бункер; *4* — затвор бункера; *5* — аспирационный зонт над горловиной диффузора; *6* — диффузор для выщелачивания спека; *7* — люк диффузора; *8* — решетка; *9* — крышка разгрузочного люка; *10* — гидравлическое прижимное устройство; *11* — лоток; *12* — аспирационный зонт; *13, 14* — отсос; *15* — воздуховод; *16* — групповые циклоны; *17* — коллектор; *18* — сброс пыли из циклонов

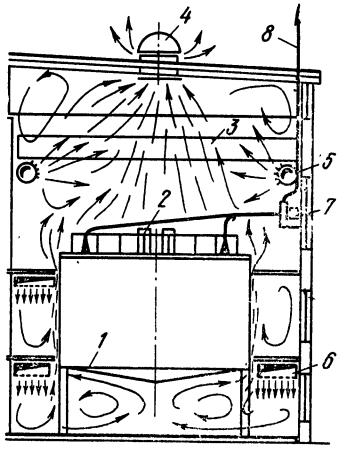


Рис. 77. Схема приточно-вытяжной вентиляции в помещении отделения промывки шламов:
1 — чаны-промыватели; *2* — механизм вращения мешалок; *3* — мостовой кран; *4* — крышные вентиляторы; *5* — воздуховоды приточной вентиляции перепретого воздуха; *6* — воздуховоды для подачи воздуха в нижнюю зону; *7* — вентилятор отсоса из баков; *8* — факельный выброс

пульпа подогревается паром до 250°С; поверхность автоклавов теплоизолируется, что улучшает санитарное состояние воздуха

на рабочих местах. Выделение пара и газа может происходить из мешалки перед насосом. Удаление этого пара осуществляется через зонт с установкой перед вентилятором циклона-каплеуловителя.

Непрерывное выщелачивание может производиться и в трубчатых аппаратах, представляющих собой вращающиеся барабаны длиной до 60 м, диаметром 3,6 м и устанавливаемых с уклоном. Выгрузка шлама и слив раствора из аппаратов сопровождаются выделением пыли, пара и аэрозолей алюминатного раствора. Удаление их производится аспирационными установками, конструкция которых зависит от местных условий (могут буть применены вытяжные зонты, зонты со щелями, со сдувом).

На рис. 76 показана схема кольцевого зонта вокруг разгрузочного люка. Желательно устанавливать опускные шторы по периметру зонта. Количество отсасываемого воздуха должно обеспечить скорость не менее 1,0 м/с в плоскости зонта у его внешнего края.

Перспективным аппаратом непрерывного выщелачивания является проточный перколятор ленточного типа. Вентиляция этого аппарата осуществляется путем отсоса пыли из аспирационных кожухов барабанного или ленточного питателя по схемам, приведенным в гл. 1. Лоток подачи раствора в пределах цеха накрывается съемными или откидными крышками с отсосом пара. Контейнеры в рабочем положении накрываются зонтом переменного сечения со шторами и внутренним отражательным щитком. Сброс шлама из контейнеров происходит в отстойник через бункер, из которого осуществляется отсос паро-воздушной смеси. Предусматривается и отсос пара от зумпфов. Паро-воздушная смесь поступает на скруббер, где очищается от пыли и аэрозолей, затем проходит каплеуловитель и вентилятором выбрасывается в атмосферу или в общий отводной коллектор.

После выщелачивания бокситов шлам промывается горячей водой для удаления остатка раствора в системе каскадно установленных чанов-промывателей. Из хвостового чана шлам направляется в отвал, а раствор сливается с каждого яруса. С поверхности промывателей выделяется значительное количество водяного пара, загрязненного аэрозолями раствора и шлама. Укрытие чанов дает возможность системой местной вентиляции осуществить отсос паро-воздушной смеси. Это значительно снижает влажность воздуха в отделении промывки, улучшает условия работы производственного персонала и эксплуатации строительных конструкций. В зимнее время открытые чаны-промыватели увеличивают влажность воздуха, вызывая образование тумана в нижней части цеха.

На приведенной на рис. 77 схеме показано движение воздуха при действующей приточно-вытяжной вентиляции.

Устройство аэрационных или световых фонарей в цехах с повышенной влажностью нецелесообразно, так как увеличивается конденсация паров на перекрытии и других конструкциях здания;

фонари в этих условиях не дают нужного светового эффекта, в результате того, что стекло покрывается конденсатом и выпадающими вместе с ним аэрозолями раствора.

Вместо аэрационных фонарей рекомендуется установка крышных вентиляторов, осевых или центробежных.

Воздухообмен в цехе, схема которого приведена на рис. 77, может быть определен по количеству влаги, испаряемой с поверхности промывных чанов при температуре пульпы около 60°С. Способ подачи приточного воздуха в большой степени влияет на определение количества подаваемого и извлекаемого воздуха. На рис. 77 видно, что одна часть приточного воздуха подается в нижнюю зону с выходом его через щели по периметру чанов в виде кольцевой воздушной завесы, а другая подается в верхнюю зону с температурой 40—60°С для разбавления влаги и удаления ее крышными вентиляторами.

При укрытых чанах и отсосе пара из-под укрытия в помещение попадает примерно 30—35% испаряющейся влаги. В этом случае количество воздуха на 1 кг испаряемой влаги можно принимать равным 20—25 кг. Количество отсасываемого из-под укрытия чана воздуха должно обеспечить скорость 1,0 м/с в щелях укрытия и рабочих проемах. При удовлетворительном качестве укрытия можно считать площадь неплотностей (щелей) в одном укрытии и рабочих окнах с закрывающимися крышками около 7 м². Расход воздуха в этом случае будет равен $3600 \times 7 \times 1{,}0 = 25200$ м³/ч.

Алюминатные растворы после обескремнивания, выщелачивания и промывки поступают на выкручивание. Разложение алюминатных растворов выкручиванием осуществляется в декомпозерах, герметичных аппаратах, имеющих в центре люк и отверстия для труб. В воздух помещения декомпозеров выделяется главным образом тепло от стенок аппаратов и пары растворов. Пары растворов и их аэрозоли выделяются и с поверхности сгустителей, баков, фильтров и другого оборудования.

Вентиляция помещения отделения декомпозеров осуществляется местными отсосами от сгустителей по описанному выше способу, а от вакуумных фильтров с применением накатных или съемных укрытий. Для отвода тепла от декомпозеров в верхнюю зону помещения следует оставлять в перекрытии по периметру аппарата зазоры, дающие возможность горячим конвективным токам воздуха подниматься вдоль их стен. Затем это тепло вместе с влагой воздуха удаляется через вентиляционные шахты или крышными вентиляторами.

Определение количества тепла, выделяемого стенками декомпозеров, может быть произведено по известным формулам. Для практических расчетов допустимо пользоваться таблицами выделения тепла от нагретых поверхностей технологического оборудования, помещенными в приложении 4. Количество тепла, выделяемое с поверхности одного декомпозера при температуре около 50°С (средняя температура поверхности корпуса), температуре

воздуха в помещении 20°С, теплоотдающей поверхности аппарата (цилиндрической вертикальной части и конического днища) около 700 м² и площади горизонтального верхнего днища около 50 м² составит $Q_к = 343 \cdot 700 + 390 \cdot 50 = 256000$ Вт (224 Мкал/ч). Количество воздуха, подтекающего и уходящего от одного аппарата при естественной конвекции, определяют по формуле

$$L = 0{,}098 \sqrt[3]{Q_к H^5},$$

где $Q_к = 256000 : 3600 = 71$ Вт/с (62,5 ккал/с);
H — высота аппарата (8 м);

$$L = 0{,}098 \sqrt[3]{62{,}5 \cdot 8^5 \cdot 3600} = 46000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Количество воздуха на разной высоте различно и может быть определено по формуле

$$L = 1375 \cdot H^{5/3} \text{м}^3/\text{ч}.$$

На рис. 78 приведена схема отсоса пара от фильтрпрессов с циклоном для каплеотделения. Количество воздуха, отсасываемого от одного фильтра, следует принимать 8000—10000 м³/ч из расчета создания скорости в щелях не менее 5 м/с. Такая ско-

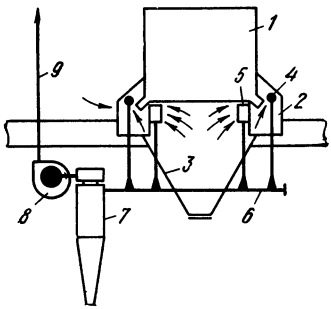


Рис. 78. Схема местной отсасывающей вентиляции фильтрпресса:
1 — фильтрпресс; *2* — желоба пресса; *3* — бункер; *4* — отсос от желоба; *5* — отсос от бункера; *6* — воздуховод-коллектор; *7* — циклон-каплеуловитель; *8* — центробежный вентилятор; *9* — сброс в атмосферу

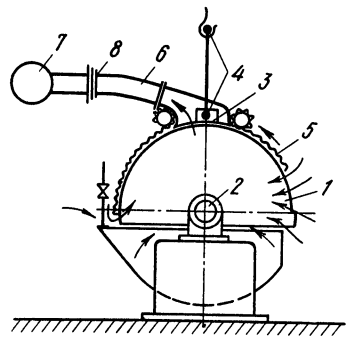


Рис. 79. Схема укрытия дискового вакуум-фильтра:
1 — фильтр; *2* — редуктор привода фильтра; *3* — съемное укрытие фильтра; *4* — петли для подъема укрытия; *5* — надвижные шторы; *6* — отсасывающий патрубок; *7* — коллектор; *8* — разъемное соединение воздуховодов

рость принята вследствие большой подъемной силы паров над жидкостью в желобах фильтров, обусловленной высокой температурой фильтрата.

На рис. 79 приведена схема укрытия вакуумного дискового фильтра. Укрытие съемное при ремонте дисков и имеет надвижные шторы из металла или из полиэтиленовой пленки.

На рис. 80 показана схема циркуляции воздуха в помещении отделения выкручивания алюминатного раствора. В связи с большой высотой цеха, достигающей 40 м, и высокой температу-

рой поверхности аппаратов цех характеризуется большой подвижностью воздуха, возникающей в результате конвективных токов.

Для уменьшения циркуляции и удаления горячего воздуха из цеха рекомендуется в нижнюю зону подавать подогретый воздух, который через решетки в перекрытии первого этажа поступает к горячим стенкам аппаратов и через кольцевые зазоры в перекрытиях поднимается вверх, откуда удаляется в атмосферу вентиляционными шахтами или крышными вентиляторами. Подогрев подаваемого воздуха вызван необходимостью снижения туманообразования в нижней зоне цеха.

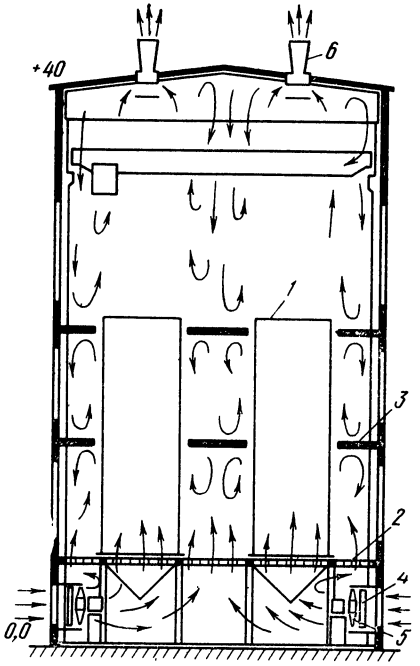


Рис. 80. Схема циркуляции воздуха в помещении цеха выкручивания алюминатных растворов:
1 — декомпозеры; *2* — решетки в перекрытии; *3* — перекрытие с кольцевыми зазорами вокруг аппаратов; *4* — калориферы; *5* — вентиляторы; *6* — вентиляционные шахты

Завершающей операцией в технологии производства глинозема является кальцинация гидроокиси в трубчатых вращающихся печах или печах кипящего слоя, проводимая при температуре 1150—1200°С. Вентиляция помещений отделения кальцинации может быть выполнена по схемам, приведенным ранее. При кальцинации в трубчатых вращающихся печах местные отсосы пыли и газа устраиваются в местах выгрузки глинозема на транспортеры или в приемники пневмотранспорта, у топочных отверстий (в виде зонтов или экранов), у решеток после печи по схеме, приведенной в гл. 2. При кальцинации в печах кипящего слоя устройство вентиляции выполняется по схеме, приведенной на рис. 32.

Готовый глинозем складируется в силосах, из которых отправляется на электролизные заводы или в транспортные бункера, если глинозем поступает в электролизные цеха этого же завода.

Устройство обеспыливания загрузки силосов осуществляется по схемам аспирации загрузки карналлита на титано-магниевых заводах (см. гл. 6).

Разгрузка складских силосов сопровождается большим выделением пыли в помещении склада и в окружающую атмосферу. Обеспыливание при этой операции осуществляется местным отсосом запыленного воздуха из вагона. Запыленный воздух из вагона удаляется всасывающим раструбом, гибко подключенным к

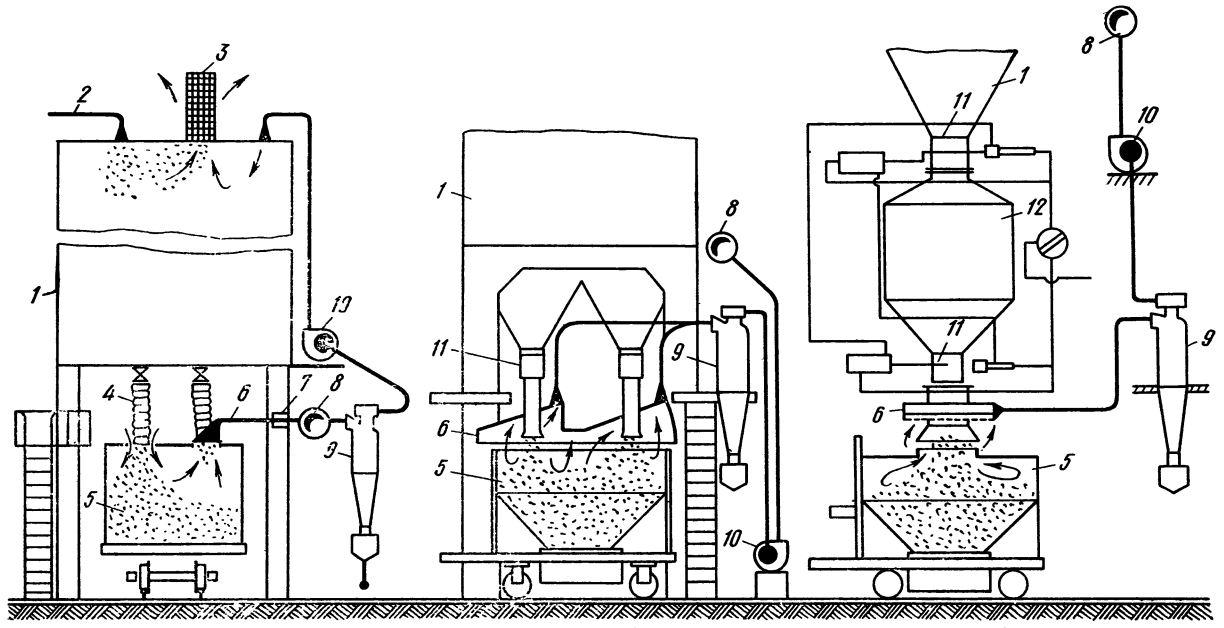


Рис. 81. Схемы аспирации мест загрузки силосов склада глинозема в железнодорожные вагоны и в открытые бункера внутри заводского транспорта с отсосом пыли зонтами и кольцевым каналом:

1 — силос склада; *2* — трубопровод пневмотранспорта; *3* — рукавные фильтры; *4* — транспортные рукава, *5* — цементовоз; *6* — отсос запыленного воздуха из емкости; *7* — устройство для поворота всасывающего патрубка; *8* — коллектор системы аспирации; *9* — групповые циклоны; *10* — центробежный вентилятор; *11* — дисковые затворы; *12* — емкостной дозатор

вентиляционному коллектору. Объем отсасываемого воздуха определяется в зависимости от количества поступающего в вагон или бункер материала, от высоты падения его, от начальной скорости падения, от площади открытых люков, через которые опускаются транспортные трубы. При загрузке вагона одновременно через пять течек необходимо отсасывать 9000 м³/ч для создания скорости всасывания через открытые люки не менее 1—1,5 м/с; при работе одного люка это количество составит 1800 м³/ч (рис. 81,*а*).

При загрузке транспортных бункеров пыль выделяется в помещение склада с потерей мелкой фракции глинозема. По предложению Д. П. Александрова запроектирована и осуществлена обеспыливающая вентиляционная установка на одном из алюминиевых заводов. На рис. 81,*б* показана схема кольцевого отсоса запыленного воздуха из бункера с открытым верхом. Электрокар с саморазгружающимся транспортным бункером устанавливается под укрытие, после чего открываются дисковые затворы и включается электродвигатель вентилятора для отсоса воздуха из бункера и укрытия. По этой схеме запыленный воздух не очищается в циклонах, проходя через вентилятор в силос. Для защиты вентилятора от истирания мелкой пылью следует часть пыли улавливать в группе циклонов грубой очистки. Количество отсасываемого воздуха должно быть 4000 м³/ч.

Для укрытого бункера Д. П. Александров предлагает схему обеспыливания загрузки бункеров через дозаторы с кольцевым отсосом (рис. 81,*в*). Устройство для улавливания пыли в момент загрузки бункера выполнено в виде кольцевой камеры над горловиной бункера. При размере горловины приемного бункера 640××850 мм для обеспечения скорости воздуха в нем 1—1,5 м/с производительность вентилятора должна быть 2000—2500 м³/ч.

Технологический процесс производства алюминия в электролизерах большой мощности сопровождается значительным выделением в воздух цеха избыточного тепла, фтористых соединений, смолистых веществ, пыли, окиси углерода. В настоящее время серии электролизеров размещаются в двухэтажных корпусах длиной 350—650 м, шириной 27—30 м (при двухрядном их расположении) и высотой до 18 м.

В алюминиевой промышленности применяются конструкции электролизеров с верхним подводом тока и самообжигающимися анодами, размещенными в постоянном кожухе. Преимущество этих ванн, по сравнению с ваннами с боковым токоподводом и обожженными анодами, заключается в более эффективном устройстве отсоса анодных газов и их сжигания с последующей очисткой от фтористых соединений.

Вентиляция электролизных цехов алюминиевых заводов решается в настоящее время главным образом локальным отсосом газа и пыли от электролизных ванн с последующей их очисткой перед выбросом в атмосферу; удалением загрязненного и нагретого воздуха из цеха через аэрационные фонари, вентиляционные шахты

или общей механической вытяжной вентиляцией; подачей свежего приточного воздуха в помещение первого этажа, выпуском его в помещение второго этажа через решетки в полу и подачей свежего воздуха на рабочие места второго этажа.

На рис. 82 показана схема отсоса газов от электролизера с верхним подводом тока и непрерывным самообжигающимся анодом. Обслуживание электролизера — весьма трудоемкая работа; на большинстве отечественных заводов она почти полностью меха-

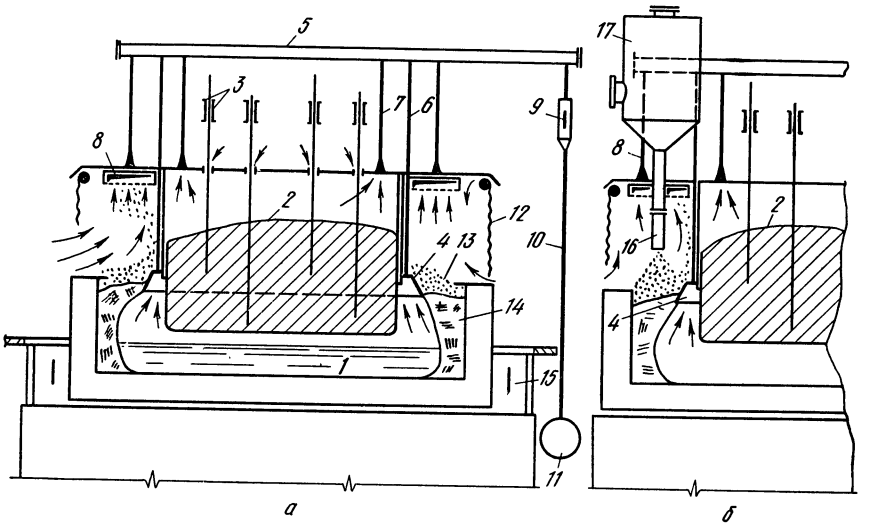


Рис. 82. Схема отсоса газа и пыли от электролизной ванны с верхним токоподводом при загрузке глинозема в ванны вагон-весами (*а*) и пневмотранспортом (*б*):
1 — жидкий алюминий в ванне; *2* — анод и жидкая масса анода в кожухе; *3* — штыри, подводящие ток к аноду, и шины; *4* — колокольный отсос газа; *5* и *6* — газоходы; *7* — отсос анодных газов; *8* — отсос газа и пыли из подшторного пространства; *9* — горелка для дожигания газов; *10* — общий газоход от электролизера; *11* — цеховой коллектор; *12* — рулонные, подвесные или раздвижные металлические шторы; *13* — глинозем, погружаемый в ванну; *14* — корка электролита; *15* — шины катода; *16* — трубопровод пневмотранспорта глинозема; *17* — циклон-разгружатель

низирована с использованием мостовых или специальных кранов и саморазгружающих устройств.

Для пробивки корки электролита применяются самоходные колесные машины с кабинами для машиниста или с дистанционным управлением. Кабины машиниста должны быть оборудованы душирующей приточной вентиляцией с кондиционированием воздуха. При выполнении операций по пробивке корки электролита шторы укрытия открываются и в это время отсос газо-воздушной смеси увеличивается для создания в проеме скорости воздуха не менее 1,5 м/с. Для уменьшения количества отсасываемой смеси следует проектировать шторы секционными, чтобы рабочие проемы открывались на минимальную величину, обеспечивающую нормальную работу пробивочной машины. Штора делится на три или четыре части, оборудованные самостоятельным подъемом. Этим обеспечивается также минимальный отсос воздуха и пыли

при загрузке глинозема из подвижного бункера. Электролизеры загружаются глиноземом с помощью пневмотранспорта через разгрузочные бункера. В этом случае штора может раскрываться лишь для наблюдения за разгрузкой и разравниванием глинозема. Количество циклонов-разгружателей зависит от количества подаваемого глинозема и длины электролизера, т. е. фронта разгрузки.

За рубежом применяются укрытия в форме колпака, состоящие из опускаемых или навивных штор из волнистого железа с контргрузом для удобства открывания. Отгороженное укрытие соединяется с патрубком газохода или воздуховода отсасывающей вентиляции. Количество отсасываемого газа при закрытых шторах должно быть не менее 7000 м³/ч. Такой отсос достаточно эффективен только при закрытых (опущенных) шторах. Во время операций по обслуживанию ванны шторы открываются, и для обеспечения полного отсоса газов производительность установки должна увеличиваться не менее чем в 2,0—2,5 раза.

Это достигается автоматическим включением второго вентилятора, работающего параллельно с основным.

В настоящее время распространен способ непрерывного питания электролизеров глиноземом с помощью специальных устройств. Такой способ подачи глинозема к электролизерам одной серии позволяет загружать ванны при закрытых шторах с применением пневматического транспорта.

Несмотря на то что электролизеры имеют достаточно эффективные газоотсосы и устройства для удаления пыли, в воздух цеха выделяется значительное количество фтористого водорода, смолистых соединений и пыли. По данным ВАМИ, валовое выделение фтористых соединений в воздух цеха на втором этаже составляет 15—20% от общего количества газов, выделяющихся при электролизе алюминия. Количество тепла, выделяемое в помещение электролизеров, составляет 116 Вт/м³ (100 ккал/ч) на 1 м³ здания. Для удаления этого тепла в летнее время необходимо обеспечить в цехе кратность воздухообмена, равную 17—20. При этом предельное содержание фтористых соединений в воздухе, удаляемом из цеха, будет равно 2 мг/м³ при допустимой концентрации в атмосферном воздухе на территории завода 0,5 мг/м³, а в приточном воздухе 0,15 мг/м³.

Концентрация вредных примесей в межцеховом пространстве в зависимости от расстояния между зданиями цехов определяется по формуле

$$c = \frac{15 \cdot M \cdot 10^3}{s\,l\,v} \text{ мг/м}^3,$$

где c — средняя концентрация фтористых соединений в воздухе межцехового пространства;

M — мощность источника (количество выбросов через фонарь при концентрации 2 мг/м³), равная 4 г/с;

s — длина аэрационного фонаря или длина корпуса (600 м);

l — расстояние между зданиями (80 м);
v — скорость ветра над зданием (4 м/с).

$$c = \frac{15 \cdot 4 \cdot 1000}{600 \cdot 80 \cdot 4} = 0{,}30 \text{ мг/м}^3,$$ что превышает допустимую концентрацию в приточном воздухе в два раза.

Для снижения концентрации фтористых соединений необходимо уменьшить выброс вредных газов из электролизеров более качественной герметизацией их или увеличением кратности воздухообмена в цехе, т. е. разбавлением этих газов воздухом, и, наконец, путём выброса их в атмосферу через высокие трубы.

Гарантированная чистота атмосферного и приточного воздуха возможна при локальной вытяжной вентиляции, очистке воздуха от фтористых соединений и выбросе его через высокие трубы.

По рекомендациям французской фирмы «Пешине» очистку неорганизованных выбросов от фтора рекомендуется осуществлять непосредственно в фонаре. Такая рекомендация была принята на нескольких заводах и дала хорошие результаты. Степень очистки газов в этих очистных устройствах достигала 80—90% для растворимого фтора и 80% для пыли и смолистых веществ.

На рис. 83 приведена схема общеобменной вентиляции в электролизном цехе с установкой электролизеров на втором этаже в

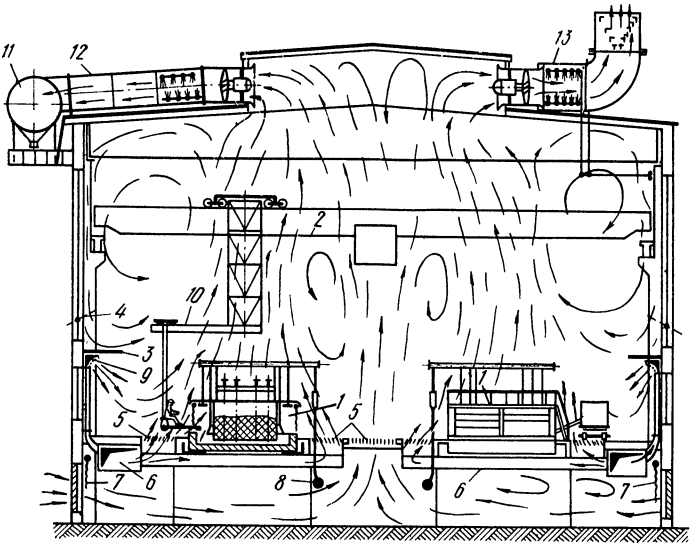


Рис. 83. Схема приточно-вытяжной общеобменной вентиляции электролизного цеха со шторными укрытиями электролизеров и механическим обслуживанием при помощи мостового крана:
1 — электролизеры; *2* — мостовой кран; *3* — козырек-площадка; *4* — оконная аэрационная фрамуга; *5* — решетка в полу; *6* — подпольные приточные каналы; *7* — шторы на приточных отверстиях; *8* — газоотводящие трубопроводы; *9* — приточные каналы с перфорированными насадками; *10* — приспособления для обслуживания электролизера мостовым краном; *11* — коллектор; *12* — устройство очистки газов от фтора; *13* — то же с выбросом в атмосферу

два ряда. На схеме показаны токи воздуха, места подачи и выброса его из цеха.На левой стороне рисунка показана схема механической вентиляции с промывкой воздуха, содержащего примеси фтористых соединений. На правой стороне рисунка показана схема с выбросом очищенного воздуха в атмосферу. Такая схема приемлема, если концентрация фтористых соединений в воздухе после очистки будет не более 1 мг/м^3.

Площадки вдоль периметра цеха играют роль козырька, отклоняющего нисходящую струю воздуха от рабочего места у электролизеров. Благодаря этому снижается загрязнение воздуха в этих местах. Площадки-козырьки могут быть использованы и для обслуживания оконных аэрационных фрамуг.

Подача приточного воздуха на площадку электролизеров производится через решетки в полу второго этажа. Общая площадь живого сечения решеток должна быть равна 18% площади пола. Как показали результаты исследований, лучшим вариантом является установка решеток шириной 1570 мм с двух сторон каждого ряда электролизеров и дополнительной решетки шириной 1000 мм в среднем проходе. Кроме того, на рабочие места, расположенные вдоль наружных стен, следует подавать приточный кондиционированный воздух из воздуховодов с перфорированным выпуском. Этот воздух обеспечивает нормальные санитарно-гигиенические условия машинисту передвижной машины по обслуживанию электролизера. В центральном проходе возможна установка душирующего патрубка с уборкой его при прохождении механизмов, обслуживающих ванны.

Приточный воздух, подаваемый в решетки, расположенные вдоль электролизеров, должен отвечать санитарным нормам, так как он подается непосредственно в зону нахождения людей. В зимнее время его необходимо подогревать. Подача приточного воздуха в центральную решетку может производиться без подогрева.

Для равномерной раздачи воздуха через решетки канал, расположенный под полом, следует проектировать как воздуховод равномерной раздачи. Скорость выхода воздуха из решеток не должна превышать 0,5—1 м/с.

Рафинирование чернового алюминия в некоторых случаях производится хлором непосредственно в ковшах, доставляемых из цеха электролиза. Этот процесс сопровождается выделением хлора, металлического алюминия и тепла, передаваемого конвекцией. Хлорирование производится под укрытием с хорошей вытяжной и приточной вентиляцией.

На рис. 84 показана камера для рафинирования алюминия хлором в ковшах. Расход воздуха, отсасываемого из одной камеры, определяется скоростью всасывания в воротах камеры, которая должна быть не менее 1,5—2,5 м/с при частично опущенной шторе. Для компенсации отсасываемого воздуха в камеру следует подавать наружный воздух. Душирующая вентиляция осуществляется через перфорированный насадок со скоростью не более 0,5—0,8 м/с.

После хлорирования расплавленный алюминий сливается в печь для усреднения и доочистки. Рафинировочная печь представляет собой электрическую печь сопротивления, под сводом которой расположены спирали. На одной из продольных сторон печи имеется летка для слива расплава. Загрузка печи прохлорированным расплавом алюминия и слив его из печи сопровождается выделением газов, содержащих хлор, фтор и некоторое количество окиси углерода. Для отсоса этого газа могут быть применены зонты или бортовые отсосы, выполняемые по известным схемам, приведенным в предыдущих главах.

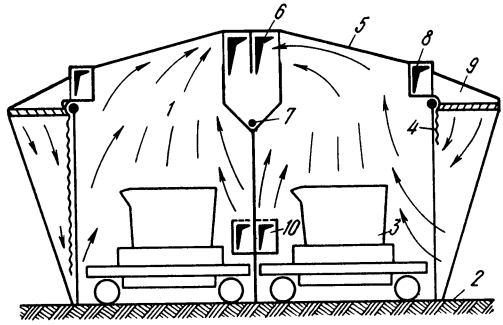


Рис. 84. Эскиз камеры для хлорирования алюминия при рафинировании:
1 — камеры; *2* — рельсы; *3* — вагонетки; *4* — навивная штора; *5* — отсасывающий диффузор; *6* — коллектор; *7* — труба для промывки коллектора; *8* — приточный канал; *9* — приточный насадок; *10* — канал подачи наружного воздуха

Электрическое рафинирование алюминия осуществляется в электролизных ваннах, немногим отличающихся от ванн электролиза алюминия. Процесс этот сопровождается значительным выделением тепла, паров электролита, пыли, фтористого водорода и других вредностей (рис. 85).

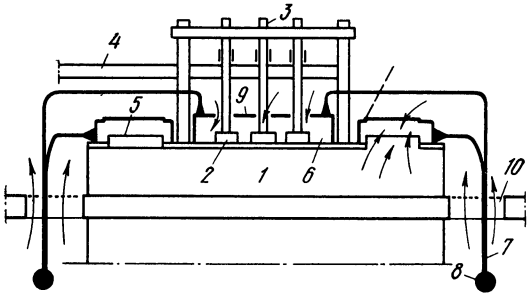


Рис. 85. Схема отсоса газов от ванн электролитического рафинирования:
1 — ванна; *2* — аноды; *3* — анодные штыри; *4* — шины; *5* — шлюзовое укрытие загрузочного люка; *6* — укрытия мест прохода анодов; *7* — газоход; *8* — общий коллектор газохода; *9* — откидные крышки анодного укрытия; *10* — решетки приточной вентиляции

Общеобменная приточно-вытяжная вентиляция цеха рафинирования осуществляется по схеме, приведенной для цехов электролиза алюминия. Тепловое напряжение здания находится в пределах 70—93 Вт/м³ [60—80 ккал/(м³·ч)], кратность воздухообмена 12—15, в летнее время допустим и больший воздухообмен. При таком воздухообмене перепад температуры на рабочих местах будет равен 4—5°С. Установлено, что в новых двухэтажных корпусах условия труда значительно улучшились по сравнению с условиями труда в старых одноэтажных корпусах с двух- и четырехрядным расположением ванн.

Во время смены анодов из ванны возможно выделение газов и вредных паров, которые отсасываются из укрытия. Количество

отсасываемого воздуха определяется скоростью его в открытых проемах. Вследствие высокой температуры в ванне, равной 750—800°С, при расчетах должен учитываться тепловой напор под укрытием.

Глава 6

ВЕНТИЛЯЦИЯ НА ТИТАНО-МАГНИЕВЫХ ЗАВОДАХ

Титано-магниевое производство характеризуется выделением в воздух цеха и окружающую атмосферу токсических газов, пыли и возгонов металла, а также большого количества тепла. Такими вредными выделениями в цехах производства титана являются четыреххлористый титан, тетрахлорид титана, соляная кислота, четыреххлористый углерод, хлорное железо, окись углерода, коксовая и шлаковая пыль.

В воздух цехов магниевого производства выделяются пыль карналлита и возгоны магния, газообразный хлор, пары хлористого магния и соляной кислоты, а также большое количество тепла.

На рис. 86 приведена аппаратурная схема производства титана и магния. Титано-магниевый завод перерабатывает ильменитовый концентрат обогатительных фабрик. Этот концентрат в измельченном виде железнодорожными вагонами *1* подается в склад шлаков. Разгрузка вагонов производится либо в бункера *2* и *13*, расположенные под вагонами, либо грейферными ковшами мостовых кранов в отсеки склада.

Дробление кокса производится в щековых дробилках. Куски кокса грейферным ковшом *3* мостового крана *4* загружаются в бункер *5*. При загрузке кокса в бункер выделяется большое количество пыли. Распространение этой пыли происходит воздушными токами и движущимися кранами.

Из бункера кокс поступает по течке в дробилку *6*. Пыль выделяется из зева щековой дробилки, а также в месте подачи дробленого материала на транспортерную ленту. Интенсивность выделения пыли зависит от ритмичности работы дробилки, производительности ее и степени дробления. Дробленый кокс питателями и конвейерами *7* подается на мелкое дробление в молотковую дробилку *8*. Работа питателей независимо от их конструкции сопряжена с выделением пыли. Наибольшее количество пыли выделяется пластинчатыми питателями. Пылеобразование на мелком дроблении значительно больше, чем на стадии среднего и крупного дробления. Особенно много пыли выделяется при разгрузке дробленого кокса на ленту питателя и затем в загрузочный люк элеватора *9*, откуда он пересыпается в бункер *10* вертикальной мельницы *11*. Интенсивное пылеобразование наблюдается при сбросе дробленого кокса с ленты питателя в башмак элеватора. Пыль, образующаяся при измельчении, отсасывается через циклоны и пневмонасосом подается в бункер *12* титанового хлоратора. Выбивание пыли происходит при выгрузке ее из циклонов на питатель пневмонасоса. Очистка воздуха от пыли после циклонов перед выбросом в атмосферу производится в рукавных фильтрах. При неправильном подборе воз-

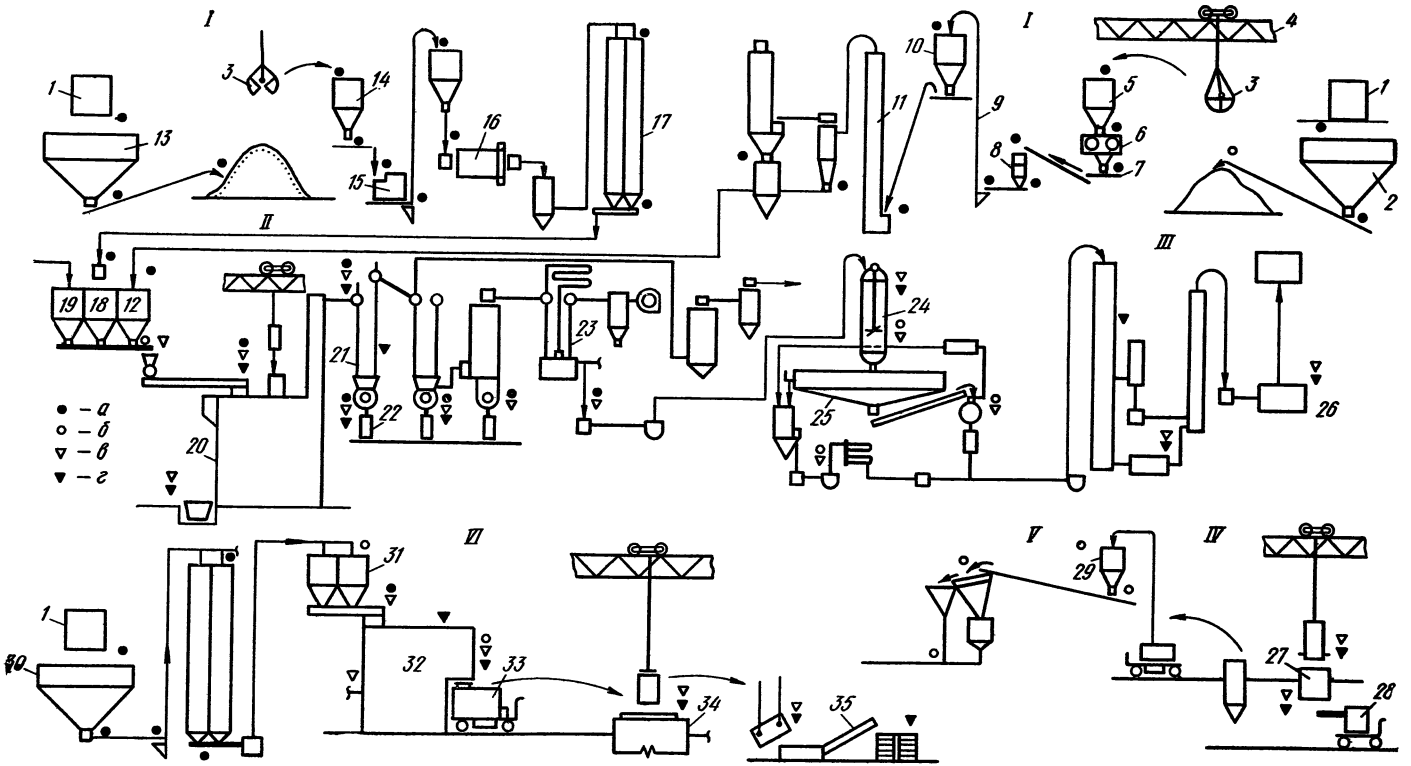


Рис. 86. Схема получения титана и магния с указанием мест выделения вредностей. Отделения и цехи:
I — дробильно-размольный цех; *II* — хлорирования; *III* — ректификации; *IV* — восстановления; *V* — дробления титана; *VI* — получения магния; *а* — пыль; *б* — пар; *в* — газ; *г* — лучистое тепло

душной и пылевой нагрузки на ткань фильтра происходит загрязнение окружающей атмосферы коксовой пылью.

Окись титана в виде шлаков поступает на завод в кусках. Разгрузка вагонов со шлаком производится в хранилище ямного типа *13*. При выгрузке шлака из вагонов выделяется большое количество пыли. Из склада грейферным ковшом через промежуточный бункер *14* системой питателей и конвейеров шлак подается на валковую дробилку *15*. Выделение пыли при дроблении шлака на валковой дробилке, так же как и на других дробилках, происходит из зева и при выгрузке дробленого шлака на ленту транспортера. Затем дробленый шлак подается в шаровую мельницу *16* для размола. Выбивание пыли при работе шаровой мельницы может происходить через неплотности в местах присоединения загрузочной и разгрузочной точек. После размола титановый шлак пневмонасосом загружается в силосы *17*. При загрузке шлака в силосы выносится большое количество пыли, загрязняющей атмосферу между цехами. Выбрасываемый воздух доочищается в рукавных фильтрах. Через дозаторы силосов по мере необходимости измельченные шлаки подаются в бункера *18* титанового хлоратора.

Отработанный электролит из магниевого электролизного цеха по трубопроводу подается в бункер *19* титанового хлоратора.

Из бункеров шихта для получения титана герметичным шнеком подается в хлоратор *20*. На приемном конце шнека установлен золотниковый питатель, выполняющий роль газового затвора. Титановый хлоратор представляет собой закрытую ванну, которая для отвода избыточного тепла охлаждается водой.

Выделение четыреххлористого титана из хлоратора во время его работы происходит в местах загрузки шихты, при нарушении технологического процесса и герметизации золотникового питателя шнека и газового затвора, в местах контроля за работой переточных каналов, при сливе расплава из ванны хлоратора в ковши. Возможно выделение хлора в местах подвода его в хлоратор.

Конденсация высококипящих хлоридов и охлаждение паро-газовой смеси до 120°С происходит в трех десятитрубных куллерах *21*, за которыми устанавливаются рукавные фильтры, улавливающие высококипящие хлориды. Хлориды выгружаются из куллеров и из фильтров в контейнеры или кюбели *22* и вакуум-транспортом передаются в цех переработки. Конденсация низкокипящих хлоридов производится в двух оросительных конденсаторах *23*. Каждый конденсатор работает в паре с холодильником тетрахлорида титана.

Выделение вредных газов и паров соляной кислоты происходит в момент выгрузки из куллеров в кюбели высококипящих хлоридов.

При чистке внутренних стен куллеров и горизонтальных коллекторов через люки возможно выделение возгонов хлоридов в воздух цеха. Выделение газов и пыли наблюдается также при выгрузке и очистке рукавных фильтров. При работе холодильников и конденсаторов выделения вредностей не наблюдается.

Тепло выделяется в цех с горячих поверхностей хлоратора, температура внешней поверхности которого 40—50°С; с поверхности газохода хлоратора, температура которой выше 100°С; с поверхности охлаждения куллеров при средней температуре стенок 410°С. Кроме конвективного тепла, с поверхностей куллеров поступает лучистое тепло с интенсивностью, превышающей допустимые нормы. Отработанные газы после оросительных конденсаторов и каплеуловителей дымососами направляются для дальнейшей очистки.

Четыреххлористый титан после конденсаторов сливается в сборный бак и погружным насосом перекачивается в реактор. Погружной насос и бак являются постоянными источниками выделения газа в воздух цеха. В насосе газ просачивается через сальниковое устройство, в баке — через неплотности в крышке и люке. Возможно выделение газов из реактора в местах сальникового уплотнения и слива продукта.

Из реактора *24* четыреххлористый титан поступает в сгуститель *25* и далее через бак и электроподогреватель попадает в колонны ректификации и дистилляции. Очищенный тетрахлорид подается в танк *26*, откуда поступает на восстановление.

В отделении ректификации и дистилляции выделение вредных газов в воздух цеха происходит в основном при очистке аппаратуры и трубопроводов. Осо-

бенно большие выделения тетрахлорида и паров соляной кислоты наблюдаются при очистке кубов ректификации.

Из танков через напорный бак тетрахлорид поступает в электропечи дистилляции *27* на восстановление окисью магния в среде аргона. Дистилляция происходит в вакууме при высокой температуре. В результате восстановления получается чистый титан в виде титановой губки. Наибольшее выделение паров окиси магния и хлористого водорода происходит при выгрузке аппарата в копильник окиси магния *28*. После охлаждения в холодильнике титановую губку взвешивают и подают на дробилки *29*. Процесс дробления титановой губки сопровождается пылением измельченного титана.

Сырьем для производства магния является карналлит, представляющий собой измельченный тяжелый материал (типа цемента); он поступает на завод в вагонах навалом. Во время выгрузки карналлита из вагонов в бункера *30* выделяется большое количество пыли, которая разносится по цеху и выносится в атмосферу. Пылеобразование происходит и при выгрузке его из бункера на питатель. Затем карналлит пневмонасосом подается в силосы, из которых поступает в бункера *31* хлоратора. Из бункеров карналлит и нефтяной кокс загружаются в хлоратор *32*. Обогащенный карналлит обезвоживается и расплавляется в хлораторной печи.

Хлористый магний из хлоратора в расплавленном состоянии выливается в вагонетки *33* и электрокарой подается в электролизный цех. По пути движения вагонетки с расплавом в воздух цеха выделяются пары магния и соляной кислоты.

Электролизный цех оборудован электролизными ваннами *34*, которые загружаются расплавленным хлористым магнием, поступающим из карналлитового хлоратора. В процессе работы электролизеров в помещение цеха выделяется большое количество газов: хлор, хлористый водород, фтор, а также тепло.

Хлор из электролизера по специальному трубопроводу подается в хлораторы карналлита и титана. В процессе транспортировки хлора по трубам возможны прорывы газа в цех.

Жидкий и горячий магний в вакуумных аппаратах подается в цех восстановления титана, затем на кристаллизацию и далее на литейный конвейер *35*. Готовые слитки магния поступают на склад готовой продукции.

На участке кристаллизации в воздух отделения выделяется пыль хлористого калия, пары хлористого магния и хлористого водорода. При отливке магниевых колец и слитков периодически выделяется аэрозоль магния.

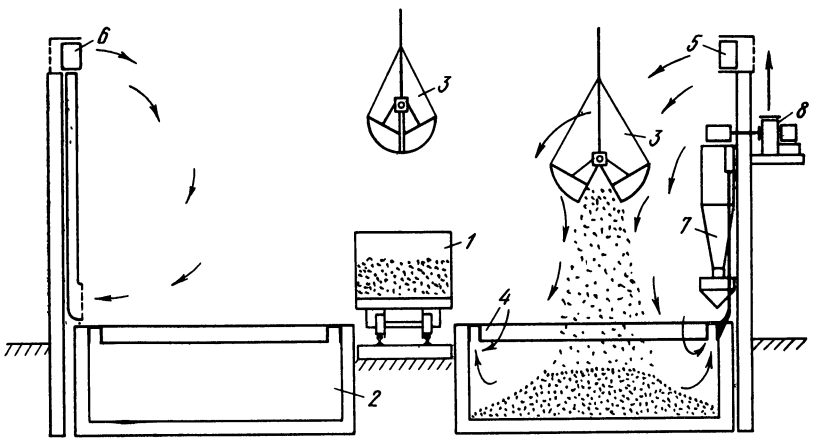


Рис. 87. Схема вентиляции склада титанового шлака:
1 — полувагон; *2* — отсек; *3* — грейферный ковш; *4* — бортовой канал; *5* — вентиляционный агрегат; *6* — отопительный агрегат; *7* — циклон; *8* — вентилятор

Любой способ разгрузки, дробления, измельчения, и перегрузки сопровождается большим выделением пыли, которая распространяется в помещении склада, загрязняя его, накапливается на строительных конструкциях, создавая источники вторичного пыления, и выносится за пределы склада в атмосферу территории завода. Пылеобразование во время разгрузки может быть уменьшено устройством местной вытяжной и приточной вентиляции с увлажнением и подогревом воздуха в зимнее время.

Устройство местной вытяжной и приточной вентиляции при выгрузке концентрата из полувагонов грейферным ковшом показано на рис. 87. Падающий из грейферного ковша материал увлекает за собой воздух, который растекается в стороны от места падения, поднимается по стенкам вверх и может быть подхвачен всасывающей струей воздуха в канал, расположенный по бортам отсека. Приточный воздух для компенсации отсасываемого подается сверху вниз, что вызывает движение воздуха в помещении склада в том же направлении, и прижимает витающую пыль к отсасывающим каналам.

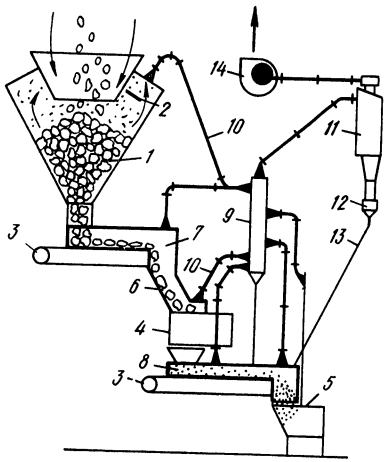


Рис. 88. Схема аспирации комплекса оборудования подготовки шлака перед его измельчением:
1 — бункер; *2* — отбойный щит; *3* — питатель; *4* — щековая дробилка; *5* — элеватор; *6* — течка; *7* — укрытие питателя; *8* — укрытие низа элеватора; *9* — вентиляционный коллектор; *10* — воздуховоды; *11* — пылеуловитель; *12* — затвор циклона; *13* — пылеотвод; *14* — вентилятор

Объем отсасываемого из отсека воздуха может быть определен по количеству сбрасываемого из грейферного ковша материала и высоте его падения.

Нефтяной кокс поступает в крупных кусках в открытых полувагонах и разгружается грейферными ковшами. При этом наблюдается незначительное пыление. Выдача шлака и кокса производится через бункера, в которые эти материалы загружаются.

Аспирация бункеров осуществляется по схеме, приведенной в гл. 1, а в сочетании с питателем, щековой дробилкой и элеватором (см. рис. 86) — по схеме рис. 88, на которой представлен один из возможных вариантов аспирации комплекса оборудования. По этой схеме предусматривается отсос запыленного воздуха из бункера, от верха дробилки (или низа течки *6*) и от места выгрузки дробленого шлака из дробилки в элеватор. Количество отсасываемого воздуха определяется по формуле, приведенной на стр. 14—17.

Измельченный шлак и кокс поступают на склад и разгружаются в силосы. Для обеспыливания загрузки силосов пневмотранспортом можно применить схему (рис. 89). Подача материала пневмотранспортом — непосредственно в силосы. Отсос воздуха из

силосов осуществляется вытяжной вентиляцией через рукавные фильтры с доочисткой в фильтрах со струйной продувкой ткани.

Скорость смеси воздуха с измельченным шлаком и коксом принимается 15—25 м/с; концентрация материала 40—60 кг/м³; аэродинамическая нагрузка на ткань фильтра 0,8—1 м² на 1 м³ воздуха.

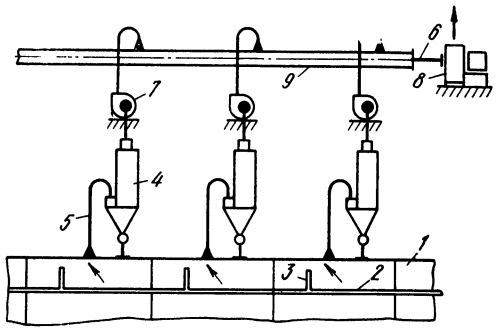


Рис. 89. Схема обеспыливания силоса при пневматической загрузке:
1 — силосы; *2* — трубопровод пневмотранспорта; *3* — ответвление на силосы; *4* — рукавные фильтры; *5, 6* — воздуховод; *7, 8* — вентиляторы; *9* — коллектор

Разгружатель состоит из отделителя, циклона и шлюзового затвора. Отделитель транспортируемого материала от воздушной струи представляет собой сварной резервуар, в котором помещены циклоны НИИОгаз, служащие для улавливания пыли крупной и средней фракции. Отделение материала от струи воздуха происходит в результате значительного уменьшения скорости воздуха и изменения направления смеси. Уменьшение скорости достигается увеличением поперечного сечения отделителя по сравнению с подводимым трубопроводом пневмотранспорта. Рекомендуется поперечное сечение разгружателя принимать в 100—150 раз больше сечения трубопровода. Барабанный шлюзовой затвор обеспечивает герметичность разгружателя. Затем воздух с небольшим количеством пыли поступает на доочистку в рукавный фильтр.

В здании дробильно-размольного отделения должна быть осуществлена приточная вентиляция, обеспечивающая нормальные санитарно-гигиенические условия на рабочих местах и компенсирующая аспирационные объемы воздуха. Подача воздуха ввиду отсутствия фиксированных рабочих мест осуществляется в кабины «чистого воздуха». Места установки этих кабин определяются технологическим процессом в зависимости от обслуживаемого оборудования и аппаратов.

Производство четыреххлористого титана может осуществляться в шахтных печах, электропечах, в аппаратах с жидкой ванной, в аппаратах с псевдокипящим слоем шихты. Для хлорирования сырья с высоким содержанием кальция, а также других материалов, содержащих большое количество щелочноземельных элементов, более удобно использовать хлоратор. В нижней части хлоратора имеются фурмы и газораспределительное устройство для подачи хлора, в боковые стенки вставлены угольные или графитовые электроды. В верхней части крышки хлоратора имеются отверстия для заливки расплава, загрузки шихты и патрубки для отвода паро-газовой смеси. В донной части хлоратора имеются два отверстия для слива расплава.

Для отсоса выделяющихся при сливе расплава газов на наружной части корпуса имеется полость, переходящая на боковой стенке хлоратора в патрубок, соединяющийся с вентиляционной системой цеха. Каждая полость снабжена дроссельным клапаном, открываемым только на время слива расплава.

Источниками выделения газов из хлоратора в помещение цеха могут быть места ввода трубопровода хлорного газа, слива расплава в разливочные ковши, вывода сменных матриц при ремонте, смотровые, контрольные и загрузочные люки при нарушении герметизации крышек.

На рис. 90 показана схема вытяжной вентиляции места ввода трубопровода с хлорным газом. Отсос осуществляется кольцевым каналом, проложенным вокруг ниши трубопровода и соединенным

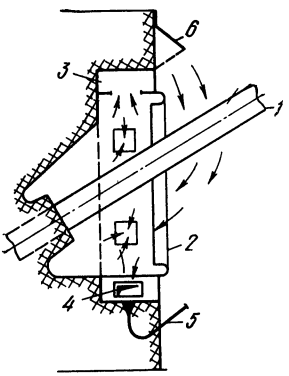


Рис. 90. Схема местной вытяжной вентиляции от ниши хлоропровода:
1 — хлоропровод; *2* — отверстие с кромкой; *3* — кольцевой канал; *4* — воздуховод; *5* — патрубок к вентиляционной системе; *6* — приточный патрубок

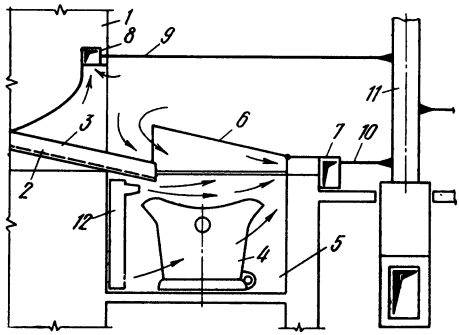


Рис. 91. Схема отсоса газов от леток и ковшей хлоратора:
1 — хлоратор; *2* — летка; *3* — желоб летки и ниша; *4* — ковш; *5* — приямок; *6* — укрытие приямка; *7* — канал бортового отсоса; *8* — полукольцевой канал ниши; *9, 10* — воздуховоды; *11* — коллектор; *12* — приточный насадок

с общей вентиляционной системой. На входе воздуха в нишу имеется кромка, обеспечивающая пониженную концентрацию газа у входного отверстия ниши. Объем воздуха, отсасываемого из ниши хлоропроводов, может быть определен по скорости всасывания воздуха в отверстие ниши. Учитывая токсичность хлора, эта скорость может быть не менее 1,5 м/с.

На рис. 91 приведена схема местной вентиляции леток и разливочных ковшей. Ковши устанавливаются в приямке с укрытием. Отсос газов предусматривается из ниши летки и приямка при помощи каналов. Для последующего проветривания приточный воздух подводится непосредственно в приямок.

Отсос газов от места загрузки шихты при разгерметизации загрузочного устройства и от контрольных люков и лючков может быть осуществлен (по рекомендациям Гиредмета), как показано на схеме рис. 92, при помощи шлюза, в котором разрежение созда-

ется вытяжной вентиляционной установкой. Объем отсасываемого из шлюза воздуха должен быть таким, чтобы скорость при максимальном количестве открытых лючков была не менее 10 м/с. Равномерность отсасывания достигается большой емкостью шлюза.

Отсос газов от фланцев и заглушек может быть осуществлен при помощи плоского зонта; объем отсасываемого воздуха 800—1000 м³/ч.

Все газо-воздушные отсосы от хлоратора следует объединять в вертикальном коллекторе. Коллекторные системы обеспечивают возможность присоединения или отключения от системы местных отсосов без ухудшения работы остальных. Они обладают широким диапазоном изменения производительности местных отсосов и другими преимуществами.

Отсос газов, выбивающихся из нижней части куллеров и кюбелей, при съеме их и транспортировке внутри цеха осуществляется через зонты, присоединяющиеся к системам вытяжной вентиляции. Однако даже при скорости отсасываемого через зонт воздуха 1,5—2 м/с не обеспечивалось полное удаление газа. Увеличение объема отсасываемого воздуха будет отражаться на общем воздушном балансе отделения.

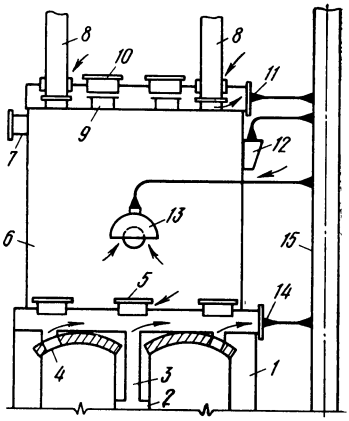


Рис. 92. Схема отсоса газов от контрольных люков, загрузочных отверстий и фланцев в верхней части хлоратора:
1 — хлоратор; *2* — переточные каналы; *3* — контрольные каналы; *4* — люки в своде ванны; *5* — люки в шлюзе; *6* — стояк отвода технологических газов с охлаждением; *7* — газоход; *8* — предохранительные клапаны; *9* — контрольные люки; *10* — люки в шлюзе; *11, 14* — вентиляционные патрубки; *12, 13* — зонты от фланцев; *15* — вертикальный сборный коллектор

Для улучшения отсоса газов и сохранения нормальных санитарно-гигиенических условий в отделении рекомендуется конструкция емкого укрытия. Количество отсасываемого воздуха равно

$$L = 300\,V_у \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $V_у$ — объем укрытия, м³.

Такая конструкция укрытия (рис. 93) дает возможность осуществить полный отсос газов и подать приточный воздух на рабочие места. Количество приточного воздуха принимается равным 0,6—0,7 отсасываемого.

Объем воздуха, отсасываемого от верхней части куллеров, может быть определен по скорости воздуха в открытом люке, равной 8—10 м/с, и в щелях укрытия (4000—6000 м³/ч). Отсос газов из этого укрытия осуществляется при работах по очистке куллеров и проверке состояния внутреннего объема их.

В воздух помещения отделения хлорирования титана возможно выделение хлористых соединений и паров соляной кислоты, поэтому не следует производить неорганизованный выброс газов общеобменной вентиляции в атмосферу. Распространение этих газов по

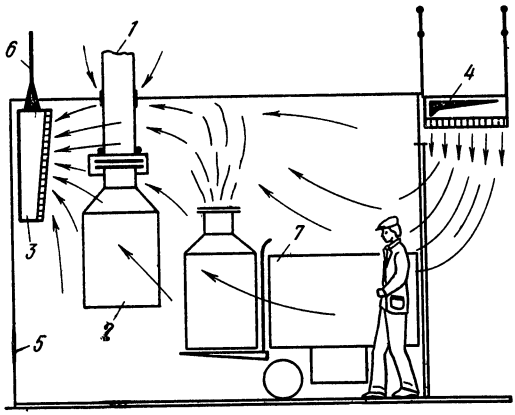


Рис. 93. Схема емкого укрытия от куллеров и кюбелей:
1 — куллер; *2* — кюбель; *3* — отсос; *4* — приточный перфорированный канал; *5* — емкое укрытие; *6* — патрубок вентиляции; *7* — электрокара

промышленной площадке затрудняет устройство приточной вентиляции цехов, расположенных на ее территории, разрушающе действует на строительные конструкции зданий и пагубно сказывается на зеленых насаждениях защитной зоны. Следует избегать естественных вентиляционных выбросов в атмосферу из отделения хлорирования титана. Здания этих цехов должны проектироваться бесфонарными с устройством механической общеобменной приточно-вытяжной и местной вытяжной вентиляции. Выброс газов должен осуществляться через высокие трубы. К вентиляций таких зданий предъявляются особые требования, заключающиеся в необходимости полной автоматизации всех систем, установки резервного оборудования, устройства аварийной вентиляции с кондиционированием воздуха.

При проектировании вентиляции отделения хлорирования титана следует иметь в виду, что газы, выбивающиеся из хлоратора, куллеров, кюбелей, реакторов и другого оборудования цеха, имеют повышенную температуру, вследствие чего они поднимаются вверх, несмотря на то что хлористые соединения, входящие в них, тяжелее воздуха. Поэтому общеобменная вентиляция должна решаться по схеме снизу вверх, т. е. вытяжка воздуха из верхней зоны, а приток — в нижнюю зону. Однако в большинстве случаев в действующих цехах аспирационные укрытия технологического оборудования находятся в нижней зоне, что способствует интенсивному подсасыванию загрязненного воздуха.

Этим объясняется то, что в большинстве действующих цехов при значительных воздухообменах степень загрязнения воздуха на рабочих местах все еще велика. Для снижения степени загрязнения воздушной среды отделения хлорирования и уменьшения скорости циркуляции воздуха в нем следует уменьшать объем воздуха, отсасываемого из нижней зоны помещения цеха, устраивая специальную приточную вентиляцию к местам аспирации технологического оборудования.

Отсос вентиляционных газов общеобменной вентиляцией следует осуществлять из верхней зоны, где скапливается весь загрязненный воздух. Такой отсос на одном из заводов осуществляется при помощи вертикальных стояков, верхнее отверстие которых расположено несколько ниже балки мостового крана. Выше него созда-

ется газовая подушка — зона повышенной концентрации газа. В этой зоне расположены мостовой кран и кабина крановщика. Так как осевые вентиляторы аварийной вентиляции цеха расположены выше крана, в зоне газовой подушки происходит просачивание газов в атмосферу и загрязнение приточного воздуха хлористыми соединениями. На стояке имеется ряд всасывающих отверстий, расположенных на разных высотах, что нарушает принцип общеобменной вентиляции (снизу вверх) и заставляет поднявшиеся газы опускаться вниз в рабочую зону.

Во избежание загрязнения атмосферы и обратных токов воздуха, при проектировании и реконструкции общеобменной вентиляции отделения хлорирования следует придерживаться показанной на рис. 94 схемы общеобменной приточно-вытяжной вентиляции.

По литературным данным и санитарным нормам проектирования вентиляции цехов химической промышленности, к которым

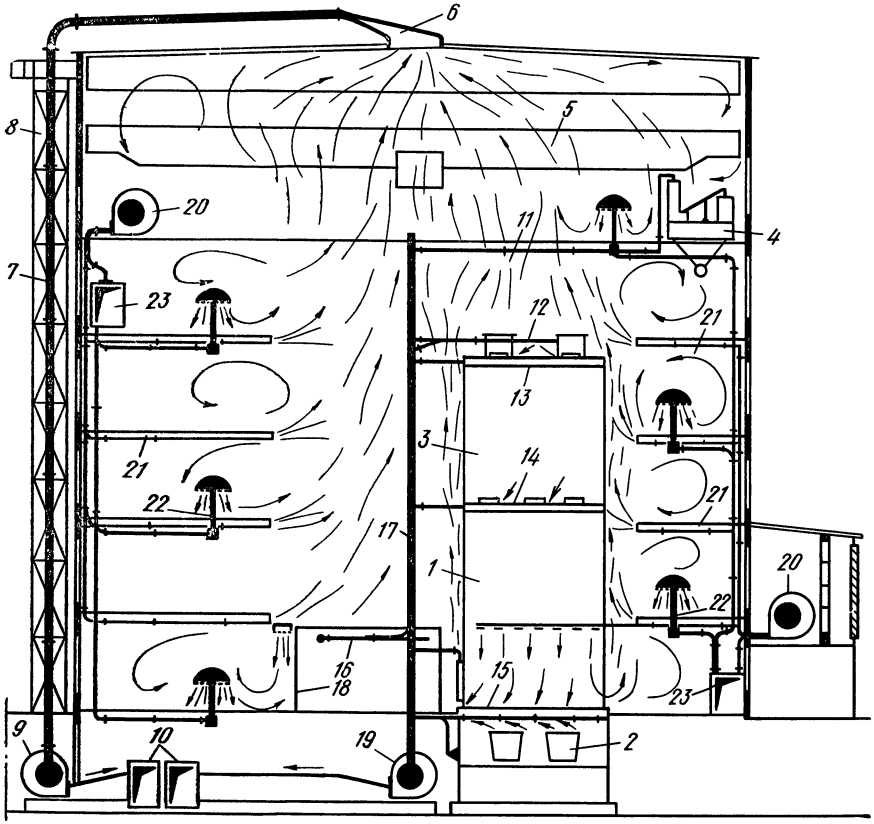


Рис. 94. Схема общеобменной приточно-вытяжной вентиляции в отделении хлорирования титана:
1 — хлоратор; *2* — ковши слива расплава; *3* — охлаждаемый газоход; *4* — бункер для шлака; *5* — мостовой кран; *6* — воздуховод общеобменной вытяжной вентиляции; *7* — стояк; *8* — каркас стояка; *9* — вентилятор; *10* — газоход; *11* — *16* — местные отсосы; *17* — вытяжной коллектор; *18* — емкое укрытие кюбелей; *19* — вентилятор; *20* — приточная вентиляционная камера; *21* — канал приточной общеобменной вентиляции; *22* — кабины чистого воздуха; *23* — кондиционер

можно приравнять отделение хлорирования и очистки тетрахлоридов титана, кратность воздухообмена может быть принята 12—15. При этом подвижность воздуха в рабочей зоне должна находиться в пределах 0,3—0,5 м/с для зимнего периода и 0,7—1,0 м/с для летнего. Подвижность воздуха в помещении цеха определяется энергией приточных, тепловых и других струй воздуха. На подвижность воздуха влияет также движение мостовых кранов, электрокар и других транспортных средств.

В. М. Эльтерман вывел зависимость между подвижностью воздуха на рабочих местах и скоростью выпуска приточного воздуха. Задача состоит в определении скорости выпуска приточного воздуха при заданном воздухообмене и предельно допустимых скоростях воздуха.

Удельная энергия приточной струи $Э_м$

$$Э_м = \frac{L v_0^2}{2V} = K_р \frac{v_0^2}{2},$$

где V — свободный объем помещения цеха, м^3;

$K_р$ — секундная кратность воздухообмена.

Удельная энергия подвижности воздуха на рабочих местах

$$Э_р = B \frac{v_р^3}{l},$$

где $v_р$ — скорость воздуха на рабочих местах, м/с;

B — коэффициент пропорциональности, принимаемый 2,7;

l — определяющий линейный размер, равный $l = V/F$, где F — внутренняя поверхность помещения и оборудования, м^2.

Удельная энергия приточной струи приравнивается к удельной энергии подвижности воздуха в цехе:

$$\frac{L v_0^2}{2V} = \frac{B v_р^3}{V},$$

и решается уравнение для определения скорости приточной струи:

$$v_0 = 2{,}38 \cdot v_р \sqrt{\frac{F v_р}{L}} \text{ м/с}.$$

В отделении хлорирования одного из действующих заводов вентиляция выполнена по проекту Гиредмета. Скорость приточной струи, замеренная в цехе, равна 6—7 м/с; кратность воздухообмена принимается 15. Скорость приточной струи, рассчитанная по методу В. М. Эльтермана, равна 6, 6 м/с, т. е. очень близка к действительным скоростям. Однако большие скорости выпуска воздуха в рабочую зону вызывают перенос вредностей и перемешивание воздуха в помещении.

В рабочую зону и кабины «чистого воздуха» следует подавать кондиционированный воздух, а приточный воздух, подаваемый за пределы рабочей зоны, только подогревать в зимнее время. Устройство кабин «чистого воздуха» рекомендуется для быстрейшего восстановления функциональной деятельности организма рабочих.

Эти кабины служат для проведения производственных пауз и отдыха после выполнения тяжелой работы. Кроме того, кабины «чистого воздуха» могут служить местом пребывания людей при аварийном прорыве газа в цех.

Возможность выделения больших количеств токсических газов в помещение цеха обусловливает устройство аварийной вентиляции. М. И. Фильней для расчета кратности воздухообмена аварийной вентиляции рекомендует формулу

$$nz = \ln \frac{k_1 - 1}{k_2 - 1},$$

где $k_1 = b_1/b'$; $k_2 = b_2/b'$; b_1 и b_2 — концентрация вредных выделений в воздух помещения соответственно в начальный и конечный моменты действия аварийной вентиляции, мг/м³; b' — ПДК, мг/м³.

Для большинства вредных газов допустимо принимать $k_2 = 2$.

Приведенные в санитарных нормах ПДК вредных примесей в воздухе на рабочих местах из соображений гарантии в десять и более раз меньше тех, которые вызывают самые незначительные признаки воздействия ядов на организм. Поэтому рекомендуемые значения k_2 допускают превышение ПДК после ликвидации последствий аварии в два — пять раз.

Значение k_1 показывает, во сколько раз концентрация вредностей в начальный момент может превышать предельно допустимую. Это превышение для рассматриваемого отделения может составлять 100—200 раз. При указанных величинах по номограмме, приведенной на рис. 95, можно определить предельные кратности воздухообмена или время провертывания при заданных кратностях.

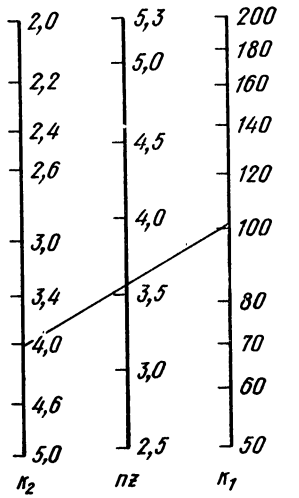


Рис. 95. Номограмма для определения кратности воздухообмена и времени ликвидации аварии

При кратности, равной 15, для отделения хлорирования время ликвидации последствий аварии составит при $k_2 = 2{,}5$:

$nz = 4{,}2$ при $k_1 = 100 : z = 16{,}8$ мин;

$nz = 4{,}8$ при $k_1 = 200 : z = 19{,}2$ мин.

Аварийная вентиляция или дополнительное устройство к общеобменной вытяжкой вентиляции должны быть сблокированы с сигнализаторами повышения содержания газа, размещенными в разных местах цеха. Расположение сигнализаторов должно учитывать наиболее вероятные места выделения вредностей.

В отделении очистки при нормальном ведении технологического процесса массового выделения газов не наблюдается. Выделение газа возможно во фланцевых соединениях, сальниковых уплотне-

ниях погружных насосов, из люков кубов, у реакторов в верхней части и при разгрузке их в сгустители.

На рис. 96 приведена схема устройства укрытия бака в рабочем состоянии и при поднятом зонте.

При установке реакторов на открытой площадке отсос газов может быть выполнен при помощи отсасывающей панели или зон-

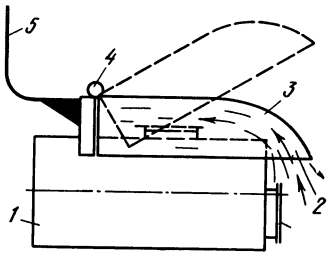


Рис. 96. Схема устройства газоотсоса от бака:
1 — бак; *2* — люк; *3* — укрытие; *4* — шарнир; *5* — патрубок вентиляционной системы

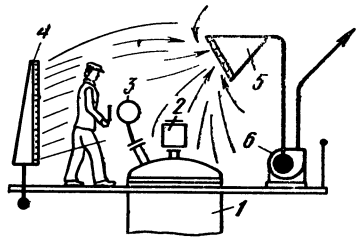


Рис. 97. Схема вентиляции реактора:
1 — реактор; *2* — мотор и сальник; *3* — труба; *4* — приточная панель; *5* — отсасывающая панель; *6* — вентилятор

та с подачей приточного воздуха со стороны обслуживания аппарата. На рис. 97 показана такая схема.

В отделении должна быть общеобменная приточно-вытяжная вентиляция. Отсос воздуха из помещения отделения следует производить из верхней зоны, а подачу приточного воздуха — сосредоточенно к местам газовых отсосов и в главные проходы отделения рассеянным потоком. Можно также применять перфорированные панели, расположенные под потолком или вертикально у колонн.

Восстановление тетрахлорида титана проводится в герметических ретортах, заполненных аргоном. Реторты устанавливаются в электрические или газовые печи. Сверху печи закрывают крышками, в которых имеются патрубки для загрузки материала, откачки воздуха и подвода аргона. После установки реторты в печь, откачки из нее воздуха и заполнения аргоном заливается жидкий магний, после чего реторта заполняется жидким тетрахлоридом.

При выпуске хлористого магния выделяется большое количество газа, содержащего хлористые соединения. На рис. 98 показана схема отсоса этих газов вентиляционной установкой, выполненной на одном из заводов. Газ отсасывается кольцевым отсосом, устроенным внизу печи по ее периметру.

Объем отсасываемого воздуха необходимо принимать из расчета скорости всасывания в отверстие кольцевого канала 10—15 м/с, но не менее 4000—5000 м³/ч. Для компенсации вытяжки и для сдува выбивающихся из копильника газов предусматривается приточная вентиляция. Системы работают периодически во время слива хлористого магния.

Вентиляция цеха восстановления титана выполняется общеобменной приточной с механическим перемещением воздуха и вытяж-

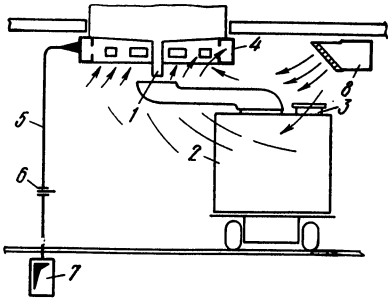


Рис. 98. Схема отсоса газа при сливе хлористого магния:
1 — выпуск из реторты; *2* — копильник; *3* — люк копильника; *4* — кольцевой отсос; *5* — воздуховод; *6* — шибер; *7* — канал; *8* — приточный насадок

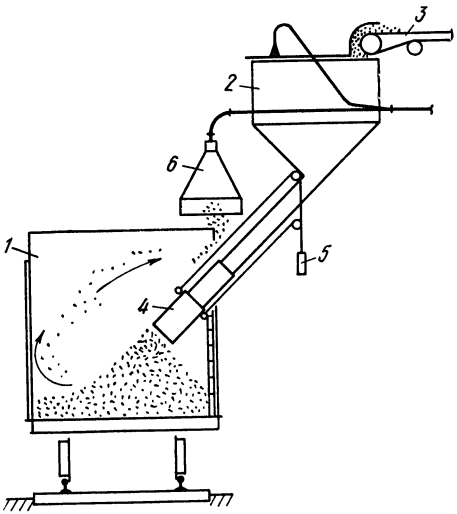


Рис. 99. Схема устройства телескопической течки:
1 — вагон; *2* — бункер или разгружатель; *3* — транспортер или трубопровод; *4* — телескопическая течка; *5* — лебедка; *6* — зонт

ной с естественным удалением воздуха через аэрационные фонари и вентиляционные шахты. Такая схема вентиляции допускается при условии устройства эффективного отсоса газа от источников выбивания газа и кратности воздухообмена, равной 2—3.

Отделение дробления и сортировки титановой губки обычно оборудуется аспирационными системами, обслуживающими места дробления, пересыпки и сортировки дробленой губки. Для компенсации отсасываемого воздуха в помещение подается приточный воздух.

Загрузка вагонов карналлитом вызывает большое пылеобразование. Снижение выделения пыли при этой операции может быть достигнуто с применением телескопической течки от бункера или пневматического разгружателя. На рис. 99 показана схема установки бункера или разгружателя с телескопической течкой. Количество воздуха, отсасываемого из вагона через отверстие, оставленное над воротами, может быть определено по конечной скорости падения материала по течке.

На некоторых магниевых заводах карналлит после первой стадии обезвоживания поступает на склады в крытых железнодорожных вагонах, где при помощи пневматических питателей выгружается в бункера. Разгрузка крытых вагонов таким способом вызывает пылеобразование с большими потерями карналлита. На рис. 100 показана схема обеспыливания выгрузки карналлита в бункера при помощи пневматического питателя.

После установки вагона *1* под разгрузку открываются ворота и вырубается перегородка, установленная при загрузке его. Во время снятия досок из вагона высыпается большое количество карналлита, бумаги и щепы. Все это попадает на решетку отверстия бункера *13*. Во избежание просыпания карналлита под вагон ус-

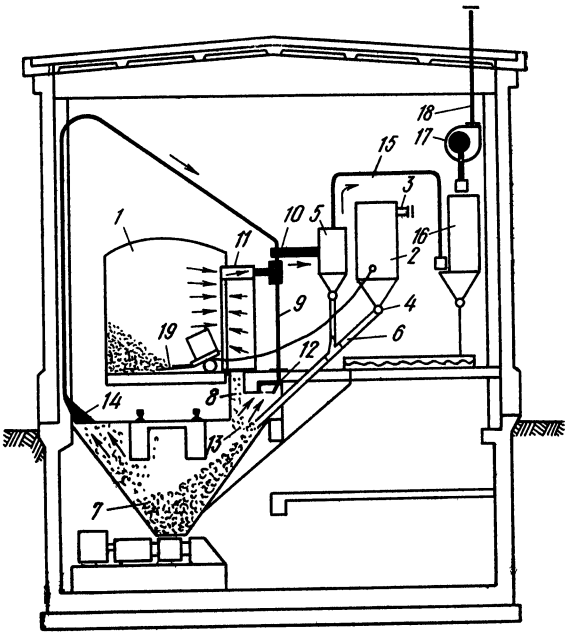


Рис. 100. Схема обеспыливания разгрузки карналлита из крытых вагонов при помощи пневматического транспортера

танавливается откидной щит *8*. Разгрузка вагона производится пневматическим питателем *19* через разгружатель *2*. Разрежение в разгружателе создается насосом через воздуховод *3*. Из разгружателя после отделения воздуха в пылеотделителе *5* карналлит через питатель *4* выгружается на грохот и по течке *6* поступает в бункер *7*. Аспирация выгрузки карналлита состоит в следующем: после очистки прохода в вагон устанавливается поворотный патрубок *11*, оборудованный по периметру (кроме нижней части) щелью для отсоса запыленного воздуха из вагона. Пыль в вагоне возникает от перемещения пневматического питателя и обрушения карналлита по мере выгрузки его из вагона. Патрубок подключен к системе отсасывающей вентиляции при помощи поворотного устройства. Во время очистки прохода карналлит просыпается на решетку *13* с образованием большого количества пыли. Отсос пыли осуществляется над бункером *12*. Грохот под разгружателем укрывается емким кожухом, от которого отсасывается по трубопроводу *9* и *10* запыленный воздух. Обеспыливание бункера предусматривается отсосом из его верхней части *14*.

Все воздуховоды подключаются к вертикальному коллектору *15*, что обеспечивает равномерное всасывание воздуха через все воздуховоды аспирационной установки. Отсасываемый запыленный воздух из коллектора поступает в рукавные фильтры *16* и цен-

тробежным вентилятором *17* выбрасывается в атмосферу *18*. Если концентрация пыли превышает рассчитанную по санитарным нормам, то необходимо произвести доочистку выбрасываемого в атмосферу воздуха.

Количество воздуха, отсасываемого аспирационной установкой, показанной на рис. 100, определяется в зависимости от высоты падения материала по течкам в бункер, количества эжектируемого воздуха и скорости витания карналлитовой пыли.

В качестве примера приводится расчет количества отсасываемого запыленного воздуха для действующей установки:

1. Высота падения карналлита от грохота в бункер 3 м, течка вертикальная. Скорость движения материала при входе его в бункер равна:

$$v_к = \sqrt{19{,}62 \cdot 3} = 7{,}6 \text{ м/с.}$$

2. Количество материала, выгружаемого установкой, $W_м = 250$ м³/ч.
3. Объем воздуха, вносимого материалом в бункер,

$$L_э = 0{,}2 \cdot W_м \cdot v_к^2 = 0{,}2 \cdot 250 \cdot 7{,}6^2 = 2900 \text{ м}^3\text{/ч.}$$

4. Объем воздуха, поступающего в бункер через отверстия и неплотности, при скорости воздуха в них 2 м/с и общей площади неплотностей $F = 2$ м²

$$L_н = 2 \cdot 2 \cdot 3600 = 14\,400 \text{ м}^3\text{/ч.}$$

5. Общий объем воздуха, отсасываемого из бункера:

$$2900 + 14\,400 = 17\,300 \text{ м}^3\text{/ч.}$$

6. Объем воздуха, отсасываемого из укрытия грохота, может быть определен по скорости воздуха в неплотностях, принимаемой обычно для таких материалов 1,5—2 м/с, и сечению площади щелей и отверстий (в данном случае 1 м²) равен 5400 или 7200 м³/ч.
7. Объем воздуха, отсасываемого от решетки, принимается равным 10000 м³/ч при скорости всасывания в щели между вагоном и бортом площадки, равной 0,3—1 м/с, и площади щели 3 м².
8. Объем воздуха, отсасываемого из вагона, можно определить по скорости в щели (10 м/с) и площади ее (0,48 м³); он будет равен 17300 м³/ч.
9. Общая производительность всей установки около 50000 м³/ч. Удельный расход воздуха на 1 т разгружаемого карналлита составляет 1000—1200 м³/ч.

В процессе хлорирования и во время слива продукта плавки выделяется много газа и пыли. Аспирация бункеров и шнека осуществляется по схеме, приведенной на рис. 88 и рис. 99.

На рис. 101 представлена схема отсоса газа от мест выделения его при работе хлоратора. Верхняя часть хлоратора оборудуется вторым перекрытием, выполняемым из кирпича или из материала, не подвергающегося коррозии. Пространство между этими перекрытиями — шлюз — находится под разрежением. Воздух из поме-

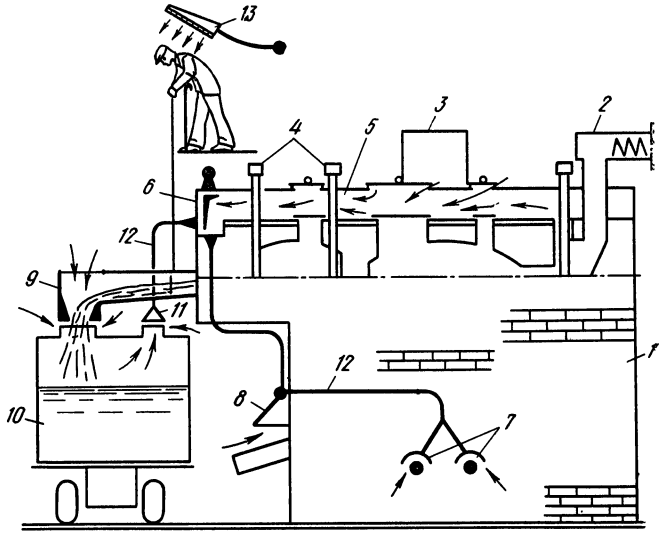


Рис. 101. Схема отсоса газов от хлоратора карналлита:
1 — хлоратор; *2* — шнек; *3* — газоход технологических газов; *4* — электроды; *5* — вентиляционный шлюз; *6* — вентиляционный патрубок; *7* — отсос от хлоропроводов; *8* — отсос от летки; *9* — летка обезвоженного карналлита; *10* — ковш; *11* — отсос газа от ковша; *12* — воздуховоды; *13* — приточная панель

щения и газы из хлоратора, выделяющиеся при открывании люков для контроля за работой хлоратора, отсасываются вентиляционной установкой.

Места ввода трубопроводов хлора в хлоратор укрываются кожухом, от которого предусматривается отсос газов *12*.

Слив обезвоженного карналлита в ковш сопровождается большим выделением газа из загрузочного люка. Это объясняется тем, что в ковше по мере поступления в него расплава повышается давление газо-воздушной смеси. Для ликвидации этого явления необходимо в ковше *10* создать разрежение путем отсоса газа через люк *11*.

Общее количество вентиляционного воздуха складывается из воздуха, отсасываемого от шлюза, от хлоропроводов, от леток и из ковша. Объем воздуха, отсасываемого из шлюза, определяется по скорости в люке, равной 8—10 м/с. Объем воздуха, отсасываемого от хлоропровода, рекомендуется принимать 800—1000 м^3/ч; отсос из ковша — количестве 300 объемов ковша. Объем отсасываемого газа 4000—5000 м^3/ч на 1 т карналлита достаточен.

В цехе должна действовать механическая общеобменная приточная и вытяжная вентиляция в 8—10-кратном объеме. Отсос воздуха должен производиться из верхней и нижней зоны, подогретый воздух необходимо подавать в нижнюю зону через отдельно установленные приточные насадки.

В настоящее время наиболее распространенным способом получения магния является электролизный. В качестве электролита

обычно применяют расплавленные смеси хлоридов магния, калия, натрия и кальция.

Аппаратурно-технологическая схема электролизного цеха с источниками выделения вредностей показана на рис. 86. Основные аппараты электролизного цеха — магниевые электролизеры, соединенные последовательно в серию. Постоянный электрический ток подводится от преобразователей к электролизерам по алюминиевым шинам. Питание электролизеров производится расплавленным безводным хлористым магнием или карналлитом при помощи специальных закрытых ковшей, в которых сырье подвозится из цеха хлорирования карналлита. Магний извлекают из электролизера вакуум-ковшом и перевозят в жидком состоянии в литейное отделение для разливки в слитки или получения магниевых сплавов.

Отработанный электролит выкачивают из электролизера погружным насосом, а шлам извлекают с помощью вакуумного аппарата. Хлор отсасывается из электролизеров компрессорами и ими же нагнетается к карналлитовым и титановым хлораторам.

Основными вредными выделениями, загрязняющими воздух цеха, являются избыточное тепло от горячих поверхностей электролизеров, газообразные хлор и фтор.

Электролизные цехи строятся двухэтажными с расположением электролизеров в два ряда и проходами вдоль продольных стен. Для снижения температуры воздуха на рабочих местах у электролизеров подается приточный воздух через решетки к полу с обеих сторон электролизеров. На рис. 102 показана схема движения воздуха в помещении цеха.

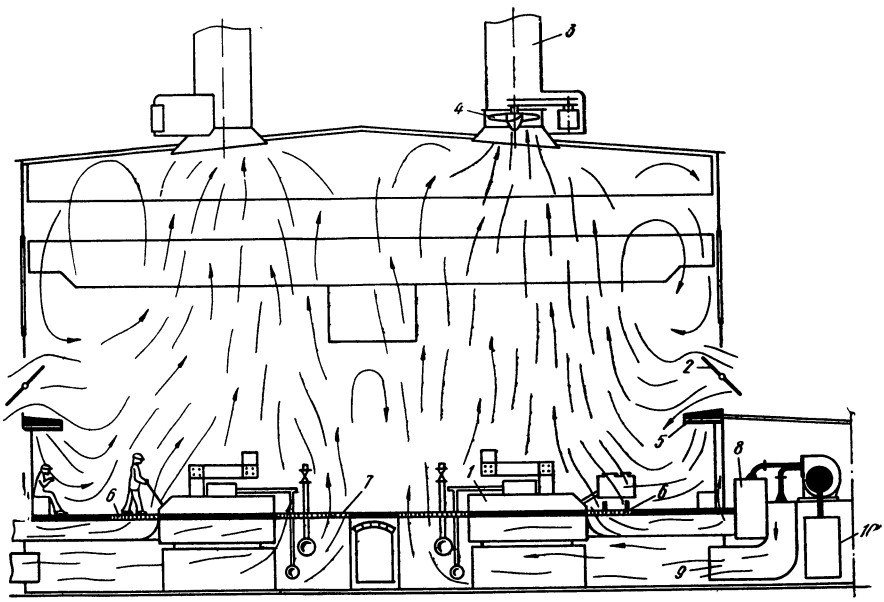


Рис. 102. Схема организации воздухообмена и токи воздуха в электролизном цехе

Над ваннами вследствие высокой температуры образуются конвективные токи воздуха. Этими токами уносятся вверх помещения газы, выделяющиеся в процессе работы электролизеров *1*. Охлажденный воздух, загрязненный газами, опускается вниз и подмешивается к основной конвективной струе. Для снижения обратных токов предусматривается подача наружного неподогретого воздуха через регулируемые оконные фрамуги *2*. Для рассеивания газа в атмосфере рекомендуется устройство высоких вентиляционных шахт *3*.

Приточный воздух, предназначенный для охлаждения электролизеров и газоходной системы, подается в подвал с выходом в цех через решетки *7* в полу центрального прохода. Воздух этой системы *9* в зимних условиях должен подогреваться.

Приточный воздух, подаваемый в рабочую зону, обрабатывается в кондиционерах *8*. Выпуск в цех этого воздуха предусматривается в кабину «чистого воздуха» через решетки в полу у электролизера *6* и через перфорированный потолок *5* или стены. Расположение решеток в перекрытии подвала влияет на распределение температуры воздуха в рабочей зоне цеха. Как показали результаты лабораторных и натурных исследований, наилучшим вариантом является установка решеток шириной 1570 мм вдоль ряда электролизеров и между ними. При этом отношение живого сечения решеток к площади пола должно составлять около 1:5.

Краткость воздухообмена за счет общеобменной вентиляции электролизного цеха составляет для летнего времени 20—26, для зимнего 13—15. Распределение воздуха по приточным системам можно принять следующее: естественная подача через фрамуги окон — 25% общего количества приточного воздуха, для охлаждения подвала—45% и остальная часть — для санитарно-гигиенической вентиляции. Скорость выхода приточного воздуха через решетки в полу бокового прохода рекомендуется принимать 0,5—0,8 м/с. Скорость выпуска воздуха через перфорированный потолок или стены кабины чистого воздуха не более 0,5 м/с.

При выбросе загрязненного воздуха в атмосферу выше границы зоны завихрения забор приточного воздуха *10* можно организовать в непосредственной близости к цеху, предусмотрев очистку его от пыли. При выбросе газов через аэрационный фонарь забор воздуха в этой зоне может быть осуществлен лишь для охлаждения электролизеров. Система санитарной вентиляции должна быть оборудована несколькими заборными шахтами с возможным переключением их в зависимости от направления ветра. Следует иметь в виду, что даже при небольшом ветре (1,5—2 м/с) будет существовать зона завихрения. И только при абсолютном штиле загрязнение атмосферного воздуха может происходить у обеих сторон здания цеха.

При проектировании расположения цехов титано-магниевого производства следует уделять большое внимание обдуванию здания электролизного цеха и проветриванию пространства между цехами. Считается, что при расстоянии одного корпуса цеха до

другого при их параллельном расположении, равном 15—20 высотам здания, зона завихрения не оказывает влияния на загрязнение приточного воздуха.

При выбросе вентиляционного газа через высокие шахты осевыми вентиляторами *4* рассеивание его в атмосфере произойдет на расстоянии около 20 высот шахт. Если принять высоту шахт с выбросом вентиляционного воздуха от группы источников и концентрацией газообразного хлора 4—6 мг/м^3 25—30 м, то можно ожидать, что на расстоянии 500—600 м от цеха у земли концентрация хлора будет находиться в допустимых пределах.

Глава 7

ВЕНТИЛЯЦИЯ НА ОЛОВЯННЫХ ЗАВОДАХ

На рис. 103 приведена аппаратурная схема технологического процесса производства олова из обогащенных концентратов, на которой показаны источники выделения вредностей.

Компоненты производства олова — уголь, кварц, известняк, железная руда, кальцинированная сода и другие вещества — поступают на завод в вагонах *1* и разгружаются в бункера. Концентраты доставляют в контейнерах, мешках *2* или ящиках, растаривают и загружают в бункера склада или цеха доводки. Затем концентраты поступают в бункера склада или цеха доводки. Затем концентраты поступают в бункера *3* на грохоты и дробилки *4*, далее на магнитные сепараторы *5* в кюбелях *6* или пневматическим транспортом.

Транспортировка концентратов и вспомогательных материалов сопровождается значительным выделением пыли, которая представляет собой мелкие фракции концентратов, угля, извести, кварца и кальцинированной соды. Количество образующейся пыли зависит от степени влажности материала.

Концентраты, содержащие 65—70% олова, поступают на плавку после магнитной сепарации и гравитационной классификации на столах *7*. Магнитная сепарация и загрузка смесительного шнека сопровождается большим пылеобразованием. При смешении концентратов с раствором соляной кислоты в воздух помещения цеха выделяются аэрозоли кислоты и ее пары.

Загрузка бункеров печи кипящего слоя *10* сухим концентратом сопровождается большим выделением пыли. Кроме пыли, из электропечи выбиваются газы через загрузочные течки, в местах прохода электродов и при сливе продуктов плавки. Особенно интенсивное выделение газов происходит при нарушении тягового режима и форсировании печи. Эти газы содержат соединения серы, мышьяка, сурьмы и другие элементы. От горячих поверхностей печи выделяется большое количество тепло. В эту печь поступают концентраты, получаемые в результате выщелачивания в барабанных выщелачивательных аппаратах *8* с применением технической соляной кислоты и фильтрации на вакуум-фильтрах *9*. Этот процесс сопровождается выделением паров и аэрозолей соляной кислоты.

Концентрат второго сорта после трохочения и дробления поступает на сушку и обжиг в многоподовую печь *10* или в печь кипящего слоя. Процесс сушки сопровождается выделением в помещение паров воды и механической пыли. На верхний под печи подается также богатый шламовый концентрат. В результате флотации получаются бедные шламовые концентраты, которые направляются в обжиговую печь. Пыль из электрофильтра также подается на верхнюю подину печи. Эта операция сопровождается большим выделением пыли. В процессе экс-

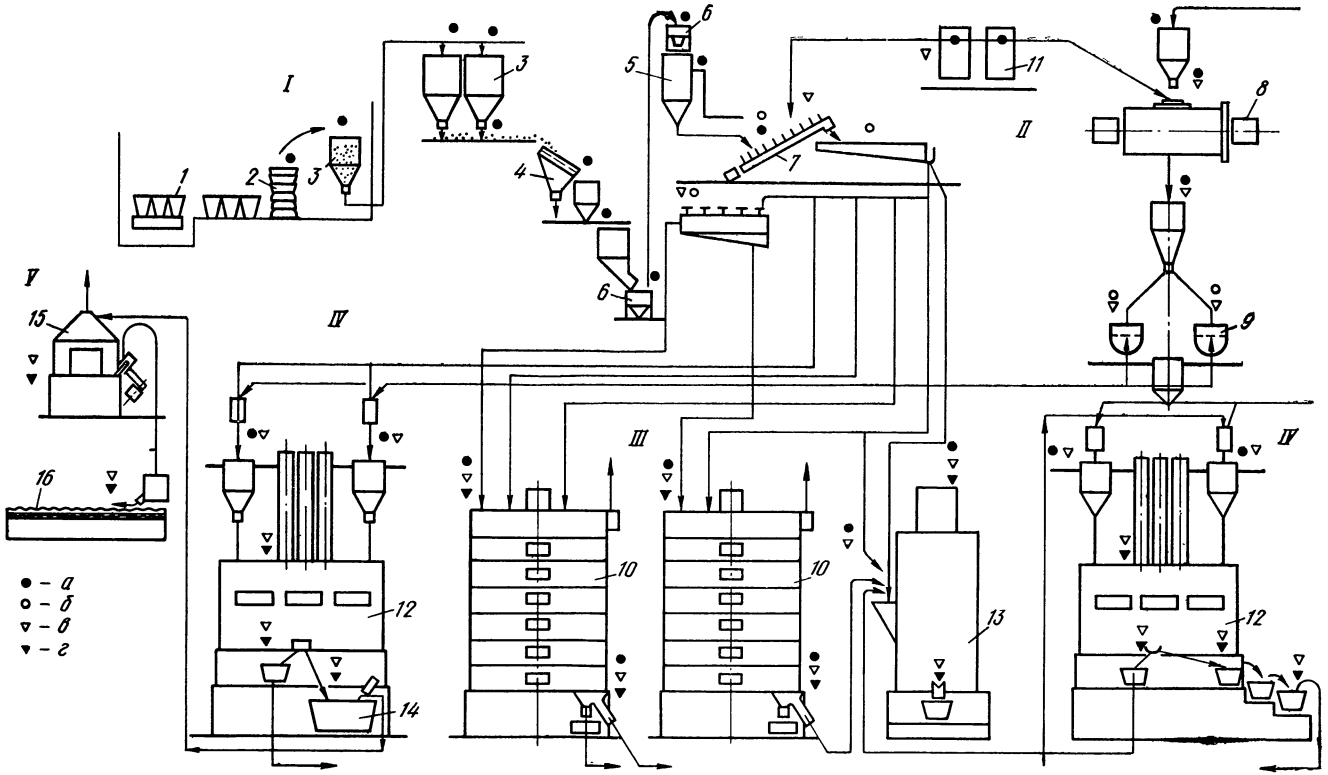


Рис. 103. Схема производства олова с указанием источников выделения вредностей. Отделения:
I — доводки концентратов; *II* — обогащения и выщелачивания; *III* — обжига; *IV* — плавильное; *V* — рафинирования и розлива; *а* — пыль; *б* — пар; *в* — газ; *г* — лучистое тепло

плуатации многоподовых печей в воздух цеха выделяется значительное количество газов, содержащих соединения серы, мышьяка и окись углерода. Выделяется также большое количество тепла от стенок печи и через люки при их открывании.

Обожженный концентрат из печи поступает через бункер в выщелачиватель, куда заливается из емкости *11* техническая соляная кислота и подается пар. При загрузке выщелачивателя выделяется пыль обожженного концентрата и пары соляной кислоты. Из выщелачивателя раствор насосами подается на фильтрацию в вакуум-фильтры *9* и далее в плавильную печь *12* с подсушкой.

Шламовые хвосты подаются совместно с сульфидными хвостами в обжиговую печь и ссыпаются на верхний открытый под, где подсушиваются и опускаются в нижележащие поды. При этом выделяется много пыли и газа.

Извлечение олова из отходов производства производится в шахтных печах или в печах фьюмингования *13*. Выделение вредных газов и пыли происходит в местах загрузки печей при подаче пылевидного топлива. Слив продуктов плавки сопровождается выделением большого количества газа и пыли из ковшей и желобов.

Черновое олово, полученное в результате плавки концентратов и других продуктов, содержащих олово, в электрических печах, сливается из печи через желоб в прудки *14*, остывает до 350°С и насосами сливается в изложницы. Слив олова и транспортировки в открытых ковшах шлаков сопровождается значительным выделением газов и тепла.

Черновое олово, содержащее железо, мышьяк, медь, сурьму и висмут, рафинируется в котлах *15*. Отрафинированное марочное олово подается на разливочную машину *16*. В процессе рафинирования, помимо товарного олова, получаются оловосодержащие продукты — съемы, которые переплавляются в отражательных или электрических печах. Технологическая операция по обслуживанию котлов, требующая ручного труда, связана с тепловым облучением рабочих. Удаление мышьяка производится присадкой в расплавленное олово металлического алюминия. Процесс идет с выделением мышьяковистого водорода.

Аспирация бункеров осуществляется по принятой для всех заводов отрасли схеме, показанной в гл. 1. Отсос пыли при отряхивании мешков после их опорожнения осуществляется по схеме, показанной на рис. 104. Установка состоит из бункера с крышкой, в которой имеются два круглых люка, рукавного фильтра для очистки отсасываемого из бункера воздуха, центробежного вентилятора и кабины обслуживания. Люки бункера обрамлены кольцами, на которые натягиваются мешки. В работе находится один люк, другой закрыт перекидным клапаном. Мешки, подлежащие очистке, укладываются на площадку бункера, откуда их легко брать, стоя в кабине.

Для уменьшения количества отсасываемого из помещения склада воздуха возможна час-

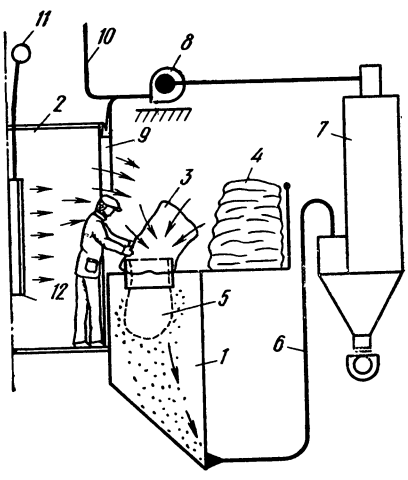


Рис. 104. Схема местной приточно-вытяжной вентиляции стола выбивки мешков из-под оловянных концентратов:
1 — бункер; *2* — кабина; *3* — мешок, надетый на горловину бункера; *4* — мешки, подлежащие очистке; *5* — мешок после очистки (вывернутый); *6* — воздуховод; *7* — рукавный фильтр; *8* — вентилятор; *9* — приточный насадок рециркуляционного воздуха; *10* — воздуховод; *11* — воздуховод приточной вентиляции; *12* — приточный насадок кондиционированного воздуха

тичная циркуляция с очисткой воздуха в рукавном фильтре. Коэффициент очистки такого фильтра при правильной эксплуатации достигает 99,7—99,8%. Рециркуляционный воздух выпускается над головой рабочего, обслуживающего бункер.

В кабину подается приточный воздух, очищенный от пыли и не содержащий вредных газов. Этот воздух выходит из кабины в окно, через которое происходит обслуживание бункера, благодаря чему рабочие находятся в потоке чистого воздуха. Мешок, надетый на горловину, закрывает вход воздуха в бункер и силой разрежения выворачивается, при этом происходит его полная очистка. Количество воздуха, отсасываемого через горловину, определяется по скорости его в сечении. Рекомендуется при проектировании эту скорость принимать не менее 15 м/с. Диаметр горловины зависит от размера мешков и может быть разным, если размер мешков не одинаков. Объем подаваемого воздуха можно принимать по скорости воздуха в сечении окна, которая не должна превышать 0,3—0,5 м/с. Для расчетов можно принять количество аспирационного воздуха, отсасываемого из бункера, 10000 м³/ч; рециркуляционного 40—50% и приточного, подаваемого в кабину, около 3000 м³/ч.

Количество приточного воздуха, которое должно подаваться в помещение склада для компенсации удаляемого, учитывая расход воздуха на пневмотранспорт, составляет 3—3,5 м³/ч на 1 м³ внутреннего объема здания.

При отсутствии разгрузочных работ в помещении склада воздушное отопление может работать полностью на рециркуляцию.

Разгрузка всех материалов производится в бункера. Измельченные материалы подаются пневматическим транспортом, транспортерами или в кюбелях. Во всех случаях транспортировка мате-

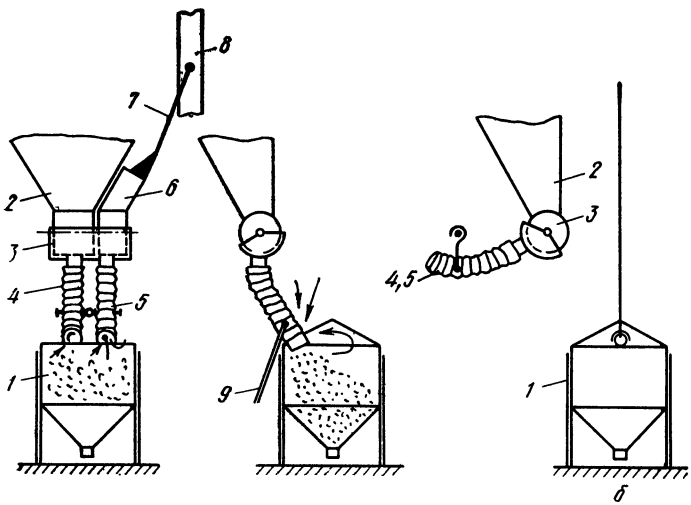


Рис. 105. Схема отсоса пыли из переносного бункера-кюбеля: *1* — переносной бункер-кюбель; *2* — бункер запаса концентратов; *3* — секторный затвор; *4* — гибкий рукав для спуска концентратов; *5* — рукав для воздуха; *6* — камера всасывания запыленного воздуха; *7* — воздуховод; *8* — коллектор; *9* — подвеска рукав

риала сопровождается большим пылеобразованием. Пыль, возникающая при измельчении, грохочении и транспортировке материалов, образует полидисперсную систему, по химическому составу близкую к составу материала.

Устройство местной вытяжной вентиляции при загрузке бункеров пневмотранспортом может быть выполнено по схемам, приведенным в гл. 6 для загрузки силосов карналлитом. Аспирация мест загрузки бункеров предусматривается по схемам, приведенным в гл. 1, для складов концентратов свинцовых заводов.

Обеспыливание переносных бункеров-кюбелей при загрузке их оловянными концентратами может выполнено по предлагаемой схеме (рис. 105). Концентрат поступает в кюбель из бункера через гибкий рукав. Отсос пыли, образовавшийся при падении материала в бункер, осуществляется системой аспирации через такой же гибкий рукав. Оба рукава соединены и прикреплены к бункеру при помощи поворотного секторного затвора. Прекращение подачи концентратов сблокировано с отключением отсоса запыленного воздуха.

На рис. 105, *а* и *б* показано положение рукавов при загрузке кюбеля и при отводе рукавов после окончания ее.

Все оловянные концентраты обогащают способом магнитной сепарации. Процесс этот сопровождается значительным пылеобразованием. Для обеспыливания предусмотрен отсос воздуха из кожуха аппарата и аспирационное укрытие места пересыпки концентратов на транспортер. На рис. 106 показана схема магнит-

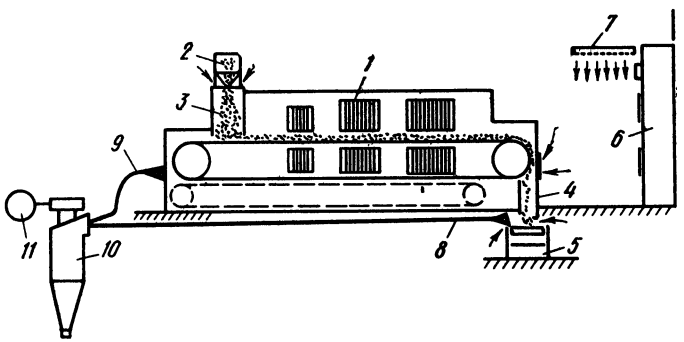


Рис. 106. Схема аспирации и приточной вентиляции магнитного сепаратора:
1 — магниты; *2* — переносной бункер; *3* — питатель; *4* — течка; *5* — транспортер; *6* — щит управления магнитным сепаратором; *7* — приточный насадок; *8* — отсос запыленного воздуха от транспортера; *9* — отсос из кожуха магнитного сепаратора; *10* — циклон; *11* — коллектор

ного сепаратора и устройства местной вытяжной вентиляции. Показана также подача приточного кондиционированного воздуха к пульту управления сепараторами. Хотя это рабочее место не является стационарным, оно может служить кабиной «чистого воздуха»

для пребывания рабочих во время производственных пауз. Остальной воздух приточной вентиляции, необходимый для компенсации вытяжной вентиляции, следует подавать в помещение цеха на высоте 2 м и более над уровнем пола.

Количество воздуха, отсасываемого из кожуха магнитного сепаратора размером 5×1×1,2 м, должно быть 1000—1200 м³/ч. При этом в помещение цеха пыль не выбивается даже при открывании окон.

Количество воздуха, подаваемого в приточный насадок, определяется расчетом при условии выпуска его через перфорированную плоскую поверхность со скоростью в зоне дыхания людей (на 1,5 м от уровня пола) не более 0,3—0,5 м/с.

Все оловянные концентраты проходят обогащение на концентрационных столах. Этот процесс основан на разноплотности обогащаемых минералов и их разделении в струе раствора, текущего по слегка наклонной поверхности. Разделенная пульпа сливается в разные желоба. Получение пульпы, смешение концентратов после магнитной сепарации с раствором соляной кислоты осуществляется в наклонном шнеке-смесителе. Отсос воздуха, загрязненного аэрозолями соляной кислоты и пылью, осуществляется вентиляционным зонтом, соединенным с системой вытяжной вентиляции. На рабочем месте у шнекового смесителя предусматривается установка приточного перфорированного насадка.

При проектировании местной вытяжной вентиляции шнека-смесителя следует учитывать местные условия. Если зонт, образованный потолком площадки, на которой установлен аппарат, не может быть выполнен, то целесообразнее делать бортовой отсос, так как он в меньшей степени затрудняет эксплуатацию шнека. Количество воздуха, отсасываемого через зонт, следует принимать 2000—2300 м³/ч на 1 м длины шнека (если ширина шнека 500 мм), а при бортовом отсосе 2500—3000 м³/ч на 1 м шнека. Следует иметь в виду, что при работе шнека аэрозоли пульпы значительно разбрасываются и выносятся в направлении зонта, где подхватываются факелом всасывающего воздуха. Щель бортового отсоса следует устанавливать со стороны, противоположной вращению шнека.

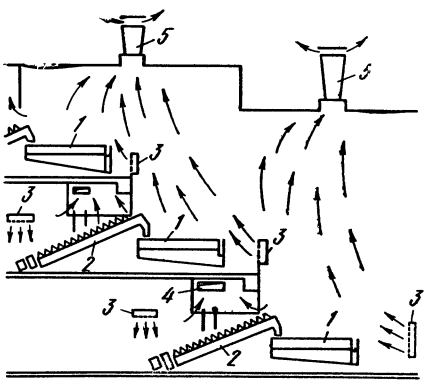


Рис. 107. Схема вентиляции цеха обогащения оловянных концентратов:
1 — концентрационные столы (деки); *2* — шнеки; *3* — перфорированные приточные насадки; *4* — вытяжной зонт; *5* — крышные вентиляторы

На рис. 107 показана принципиальная схема вентиляции помещения гравитационной флотации оловянных концентратов. В этой схеме предусмотрены местные отсосы аэрозолей соляной кислоты и пыли

при помощи зонтов или бортовых отсосов и общеобменная вытяжная вентиляция, осуществляемая крышными осевыми или центробежными вентиляторами. Возможно применение дефлекторов. Устройство остекленных фонарей нецелесообразно, так как в зимнее время на их поверхностях будет образовываться конденсат.

Приточная вентиляция, подающая чистый воздух к рабочим местам у столов и механизмов, снижает степень влажности воздуха. Количество этого воздуха определяется расчетом ассимиляции влаги. Скорость выпуска этого воздуха из приточных насадков не должна превышать 0,3—0,5 м/с.

Количество испаряемой влаги на основании опытных данных (при условии $h_1 > h_2$, где h_1 — упругость водяных паров насыщенного воздуха при температуре испарения и h_2 — упругость водяного пара в воздухе) может быть принято в среднем 0,03 г/(с·м^2). Таким образом, количество испаряемой влаги можно определить, зная общую поверхность испарения.

Концентрационные столы имеют площадь около 7,5 м^2; площадь желобов и стоков пульпы со столов в желоба составляет 2—2,5 м^2; общая смоченная площадь одного стола около 10 м^2. Температура жидкости не превышает температуры помещения.

Количество влаги, испаряющейся с одной установки, равно:

$$\Phi = \frac{0{,}03 \cdot 10 \cdot 3600}{1000} = 1{,}08 \text{ кг/ч}.$$

Для испарения этого количества влаги потребуется воздуха

$$L = \frac{1080}{(d_н - d_п)\,\rho} \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $d_н$ — влагосодержание удаляемого воздуха при 80%-ном насыщении и температуре 20°С, равное 5 г/кг;

$d_п$ — влагосодержание приточного воздуха при 10%-ном насыщении и температуре 20°С, равное 1,1 г/кг;

ρ — плотность воздуха при 20°С, равная 1,2 кг/м^3.

Из расчета по формуле получим $L = 230$ м^3/ч.

Очистка оловянных концентратов от различных примесей осуществляется выщелачиванием их в соляной кислоте, раствор которой хранится в резервуарах, расположенных на верхних площадках цеха.

При исследовании воздушной среды помещения выщелачивания обнаружено большое содержание паров и мелких капель (аэрозолей) соляной кислоты. Для уменьшения загрязнения воздуха на рабочих местах резер-

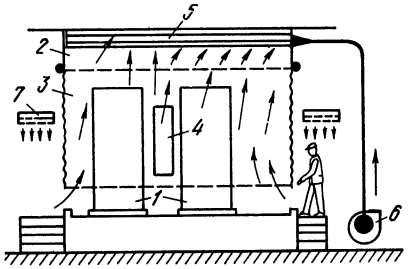


Рис. 108. Схема укрытия и приточно-вытяжной вентиляции баков соляной кислоты:
1 — баки; *2* — стационарное укрытие-зонт; *3* — вертикально-навивные шторы укрытия; *4* — окно для наблюдения за уровнем раствора в баках; *5* — всасывающий воздуховод; *6* — вентилятор; *7* — приточный перфорированный насадок

вуары с раствором соляной кислоты укрывают специальным зонтом (рис. 108) с навивными шторами, дающими возможность доступа к аппаратуре при ремонте. Отсасывать загрязненный воздух следует из верхней зоны укрытия. Для наблюдения за уровнем раствора в резервуарах в шторах имеется окно.

Санитарные условия воздушной среды на рабочих местах поддерживаются установкой двух приточных насадков, через которые кондиционированный воздух подводится в зону дыхания рабочего.

Количество отсасываемого воздуха может быть определено по скорости его всасывания из цеха в укрытие, равной 0,5 м/с.

Объем приточного воздуха определяется по ранее описанной методике раздачи воздуха через перфорированные приточные каналы.

Выщелачивание концентратов в растворе соляной кислоты осуществляется в горизонтальных выщелачивательных аппаратах с герметичной крышкой. Для локализации выделения вредностей при загрузке аппаратов предусматривается устройство вентиляционного зонта, выполняемого по схеме, приведенной на рис. 109.

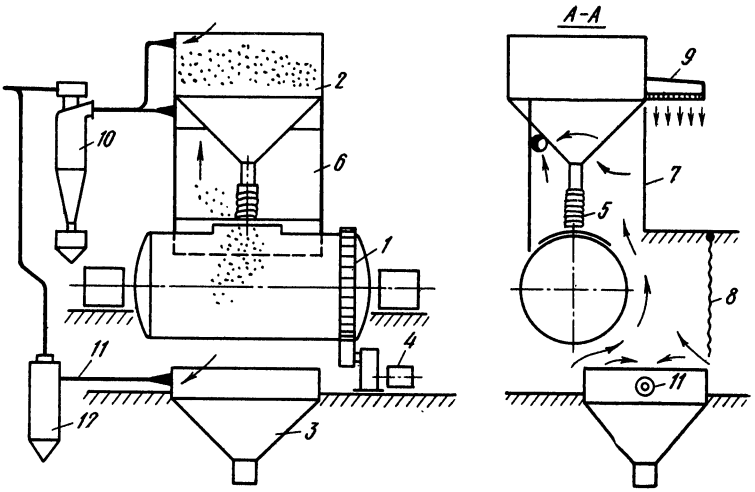


Рис. 109. Схема вентиляции выщелачивательного барабана:
1 — барабан; *2* — бункер запаса концентратов; *3* — бункер слива раствора; *4* — механизм привода выщелачивательного барабана; *5* — гибкий рукав для подачи концентратов; *6* — зонт-укрытие; *7* — подвижные стенки зонта; *8* — шторное укрытие; *9* — приточный перфорированный насадок; *10* — циклон; *11* — воздуховод; *12* — скруббер

Как показано на рисунке, этот зонт ограничен бункером, через который производится загрузка концентратов. Одна сторона зонта раскрывается и служит входом в укрытие для обслуживания аппарата.

Слив пульпы после окончания выщелачивания производится поворотом аппарата вокруг горизонтальной оси. Во время слива выделяются пары и аэрозоли пульпы, которые удаляются с

помощью отсоса воздуха из верхней части нижнего бункера и зонта над горловиной выщелачивательного барабана.

Для уменьшения пыления при перегрузке и транспортировке обожженные концентраты смачивают водой или слабыми растворами.

Количество воздуха, отсасываемого через зонт, расположенный над горловиной аппарата, рекомендуется принимать 10000—12000 м³/ч. При влажном концентрате количество воздуха может быть уменьшено на 30—40%. В этом случае очистка его должна производится в мокрых пылеулавливающих аппаратах.

После выщелачивания пульпа поступает на вакуум-фильтры. Для уменьшения загрязнения воздуха вредными выделениями при фильтрации и промывке пульпы фильтры укрываются емкими укрытиями со съемными или навивными шторами из материала, не подверженного коррозии или защищенного от ее действия. Устройство такого укрытия и отсос воздуха из него показаны на рис. 110.

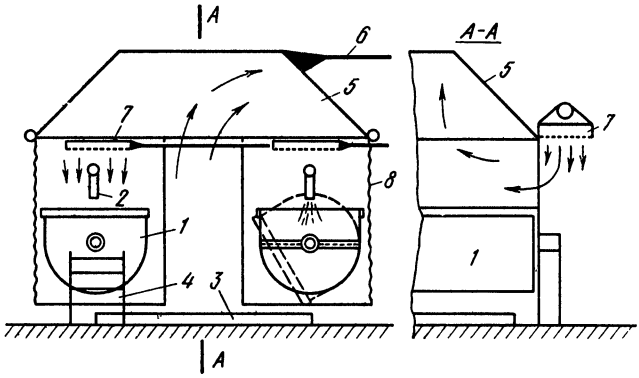


Рис. 110. Схема местной приточно-вытяжной вентиляции вакуум-фильтров:
1 — фильтры; *2* — подача раствора на фильтры; *3* — бункер; *4* — лестница для обслуживания фильтра; *5* — зонт; *6* — воздуховод; *7* — приточный перфорированный насадок; *8* — шторы зонта

Вентиляция прочего оборудования в отделении выщелачивания осуществляется по схемам, приведенным ранее.

Обжиг оловянных концентратов осуществляется в основном в многоподовых печах. Выделение вредностей из печи происходит при выгрузке огарка из контрольных люков и верхней части печи, служащей сушильным подом. Аспирация места выгрузки огарка осуществляется по схеме, приведенной на рис. 111. Для отбора пыли и газов устанавливается зонт над вагонетками вокруг течек. Количество воздуха, отсасываемого зонтом, определяется по скорости в его сечении, равной 0,5—0,8 м/с, что составляет около 10000—12000 м³/ч. При отсосе такого количества воздуха обеспечивается полная локализация источника выделения вредностей. Если грохочение материала осуществляется после выпуска огарка, то площадь вентиляционного зонта будет в два раза меньше, что

снизит количество отсасываемого воздуха. Очистка от пыли вентиляционных газов печи производится в циклонах, а затем в рукавных фильтрах.

Отсос газов, выбивающихся из печи через неплотности люков во время полного или частичного нарушения тягового режима, осуществляется при помощи укрытий типа экранов, отводящих газы вверх вдоль горячих поверхностей.

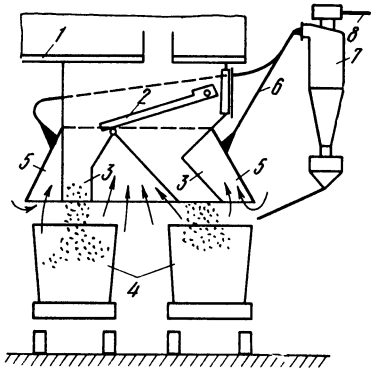


Рис. 111. Схема аспирации места выгрузки огарка из многоподовой печи: *1* — печь; *2* — грохот; *3* — течки; *4* — кюбели-вагонетки; *5* — аспирационный зонт; *6, 8* — воздуховоды; *7* — циклон

Для снижения загрязнения газами воздушной среды на обслуживающих площадках печи и для более быстрого отвода газов в верхнюю зону обжигового цеха необходимо по периметру печи, в местах прохода ее корпуса через площадки оставлять зазор (щель) размером не менее 300 мм, через которую будет осуществляться отвод газов. Устройство такой щели и определение ее размеров описано в гл. 2.

Газы из верхней части обжигового цеха отсасывают с помощью механической вентиляции, что обеспечивает чистоту окружающего цех атмосферного воздуха. Устройство шахт, дефлекторов, аэрационных фонарей в данном случае недопустимо. Выброс в атмосферу вентиляционных газов следует производить через высокие вентиляционные трубы после двойной очистки. Схема вентиляции обжигового цеха приведена в гл. 2. Загрузка бункеров электропечей сухими концентратами и другими компонентами плавки сопровождается значительным выделением пыли и газа, проникающих через течки бункеров. Схема вентиляции бункеров при загрузке их пневматическим транспортом приведена в гл. 6. Выпуск продуктов плавки электропечей также сопровождается большим выделением пыли, возгонов металлов и газов. Наибольшее выделение газов наблюдается во время прожигания шпуровых отверстий, при выпуске продуктов плавки, при прохождении их по желобу и заполнении продуктов оловом и шлаком. Это обусловливает необходимость устройства местной вытяжной вентиляции желобов и прудков.

Общая схема вентиляции печей приведена на схеме рис. 112. На схеме показан вертикальный коллектор, к которому подключаются воздуховоды местных вентиляционных отсосов от «шлюзов» электродов и течек, зонтов над шпуровыми отверстиями желобов и прудков.

Отсос запыленного воздуха от бункеров следует осуществлять с помощью отдельной системы, так как смешение вентиляционных газов, содержащих в себе возгоны металлов с воздухом, загряз-

ненным пылью концентратов, усложнит их очистку. Смешивать такие газы можно только после раздельной их очистки.

На практике известны способы отсоса газов от шпуровых отверстий печей и от желобов. В гл. 1 приведены схемы устройства бортовых отсосов желобов, которые могуть быть с успехом применены

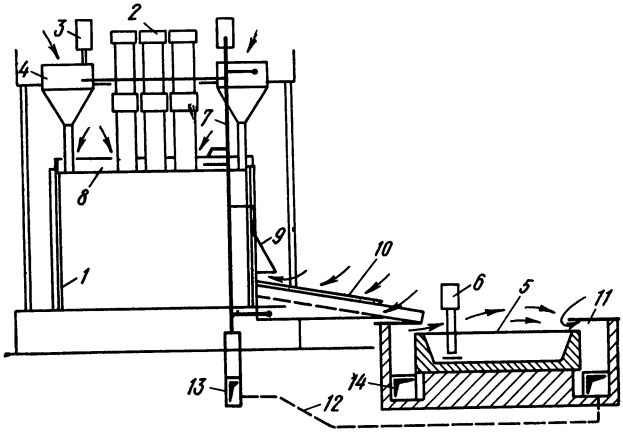


Рис. 112. Схема устройства отсоса от плавильной электропечи и от прудков:
1 — электропечь; *2* — электроды; *3* — разгружатели пневмотранспорта; *4* — бункера печи; *5* — прудок; *6* — насос; *7* — вентиляционный коллектор; *8* — шлюзовое укрытие верха печи; *9* — зонт над леткой; *10* — бортовой отсос желоба; *11* — бортовой отсос прудка; *12, 13* — воздуховоды; *14* — канал сдува прудка

и для плавильных печей оловянных заводов. Некоторую трудность в решении вопроса вентиляции прудков и изложниц представляют местные отсосы газов от них.

Остывший в прудке шлак удаляется из него мостовым краном с ручным обслуживанием прудка. Конструкция патрубков бортовых отсосов и сдува должна быть такой, чтобы они не мешали работающим, не ломались от ударов шлака и крюков крана и не коробились от мощного теплового облучения. Поэтому обычное устройство отсоса и сдува неприемлемо в данном случае.

На рис. 112 приведена схема устройства бортового отсоса со сдувом вдоль короткой стороны прудка. Предусматриваются кирпичные каналы и металлический пол из рифленой стали, открывающийся при очистке каналов от шлака, олова и песка. Такое устройство не мешает обслуживанию продуктов и обеспечивает необходимый эффект вентиляции их. Однако количество отсасываваемого и нагнетаемого воздуха будет значительно больше, чем при таком же устройстве по длинной стороне прудков.

Рафинирование чернового олова производится для удаления из него железа, меди, мышьяка, сурьмы, свинца, висмута и других примесей. Рафинировочный цех состоит из отделений рафинирования и плавки съемов и склада готовой продукции. Марочное олово

получается в стальных котлах емкостью 15 т, баббиты — в чугунных котлах той же емкости. Все котлы имеют электрообогрев. Съемы плавятся в электропечах. Марочное олово разливают разливочной машиной.

Получающиеся в процессе рафинирования сухие сыпучие съемы снимают с котлов перфорированной ложкой. Температура в котле около 300°С, однако при присадке некоторых реагентов она повышается до 600°С.

Обычно цехи рафинирования олова расположены в однопролетных зданиях. Рафинировочные котлы, как и в цехах рафинирования свинца, установлены вдоль стен. Котлы снабжены укрытиями, имеющими подвесные или раздвижные дверцы. Это позволяет в достаточной степени герметизировать их и не препятствует установке мешалок. Газы из-под укрытий котлов отсасываются в общую газоходную сеть завода. Очистка газов, отсасываемых от рафинировочных котлов, производится в рукавных фильтрах. Очищенные газы выбрасываются через высокую дымовую трубу.

Применение кольцеобразных бортовых отсосов у котлов диаметром 2 м, как показали расчеты, нерентабельно, так как при этом значительно увеличиваются объемы отсасываемого воздуха, что сказывается на увеличении не только газоходной системы, но и очистных сооружений.

Как уже было сказано, рабочие, занятые у котлов, подвергаются сильному тепловому воздействию, особенно в момент удаления съемов. В связи с этим приточную вентиляцию в рафинировочных цехах следует устраивать с подачей воздуха через распределительные насадки непосредственно в рабочую зону, располагая их между котлами. Наиболее целесообразно подавать свежий приточный воздух, забираемый за пределами территории завода, учитывая, что воздушный бассейн в районе цехов достаточно загрязнен вредными примесями. Для проветривания верхней зоны цеха на кровле следует устанавливать незадуваемые шахты или крышные вентиляторы.

Объем вытяжной вентиляции от рафинировочных котлов определяется в каждом отдельном случае расчетом. При этом учитывается, что скорость движения воздуха в открытом сечении зонта-колпака, установленного над рафинировочным котлом, должна быть не менее 1,5 м/с.

Плавка съемов производится в электропечах. Для защиты от газов, выделяющихся при движении расплава по желобу, применяется укрытие или устройство бортовых отсосов.

На рис. 113 показана схема вентиляции цеха рафинирования олова. К рабочему окну укрытия котлов подводится приточный воздух, выпускаемый через перфорированную приточную насадку со скоростью 0,8—1,2 м/с.

Для уменьшения объема воздуха, отсасываемого из помещения цеха, рекомендуется некоторое количество его, забираемое снаружи или из другого цеха, подавать непосредственно в укрытие.

Создание санитарно-гигиенических условий на рабочих местах по обслуживанию разливочной машины предусматривается устройством приточной вентиляции. Приточный воздух, обработанный в камере, расположенной вне цеха, подается каналом, расположенным под полом к разливочной машине. Вдоль одной стороны

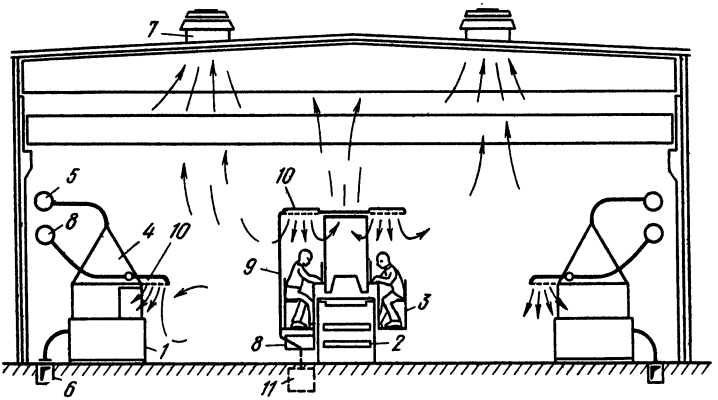


Рис. 113. Схема вентиляции цеха рафинирования и розлива олова: *1* — рафинировочные котлы; *2* — ленточная разливочная машина; *3* — передвижной подвесной мостик; *4* — вентиляционный зонт над котлом; *5* — газоходы; *6* — подземный газоход; *7* — крышные вентиляторы; *8* — воздуховоды приточной вентиляции; *9* — стояк приточной вентиляции; *10* — перфорированные приточные насадки; *11* — приточный канал под полом

(где сбрасывают застывшие чушки) прокладывается горизонтальный канал со щелью, прикрытой вертикальной шторой из транспортерной ленты. По этому каналу через каретку воздух подается на рабочие места заливщика и съемщика пены. Воздух поступает сверху на голову рабочих со скоростью не более 0,3—0,5 м/с; подача его регулируется непосредственно рабочими.

Общеобменная вентиляция в цехе осуществляется крышными центробежными или осевыми вентиляторами. Работа этих вентиляторов зависит от температуры в цехе и степени загазованности воздуха. Производительность крышных вентиляторов рассчитывается по аварийному воздухообмену, равному 8- или 10-кратному объему цеха рафинирования.

Глава 8

ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ВЕНТИЛЯТОРЫ

На заводах цветной металлургии вентиляторы применяются для перемещения технологических и вентиляционных газов. В системах механической вентиляции газы загрязнены пылью от дробления руды, флюсов, концентратов и агломерата, сернистым и мышьяковистым ангидридом, окисью углерода, хлором и другими газами. В вентиляционных газах концентрация пыли составляет от 1000 до 4000 мг/м³ и зависит от места отсоса, от дисперсности материала, от его влажности и конструкции аспирационного укрытия. Содержание сернистого ангидрида в газах не превышает 0,5—1%. В газы, отсасываемые от желобов плавильных печей, ковшей и котлов с продуктами плавки, попадает большое количество возгонов металлов в виде аэрозолей, концентрация которых достигает 800—1000 мг/м³. Вентиляционный воздух титано-магниевого производства содержит в себе различные хлористые соединения.

Для перемещения вентиляционных газов и воздуха могут быть использованы все выпускаемые промышленностью вентиляторы общепромышленного назначения с соответствующей защитой их от коррозии и истираия абразивными пылями, а также от возможного налипания на лопатки аэрозолей металлов. Эти вентиляторы должны развивать повышенные напоры для преодоления сопротивления аппаратов очистки газов, входящих в сеть аспирации. Для аспирационных установок на заводах цветной металлургии следует применять вентиляторы конструкции Ц4-76 с профилированными лопатками, загнутыми назад, вентиляторы Ц4-70, Ц9-55 и Ц9-57, а также пылевые вентиляторы ЦП7-40 и Ц6-46. В отдельных случаях при высокой температуре вентиляционных газов и необходимости централизации систем применяются дутьевые вентиляторы типа ВД и дымососы типа Д.

Вентиляторы Ц4-76 № 8, 10 и 12, 5, предназначенные для промышленной вентиляции, могут применяться в коллекторных системах местной вытяжной вентиляции. У этих вентиляторов электродвигатель устанавливается внутри стойки на качающейся плите.

Для более мелких аспирационных установок могут применяться пылевые вентиляторы ЦП7-40 № 5, 6 и 8.

Вентиляторные установки состоят из вентилятора, электродвигателя с клиноременной передачей и общего основания с устройством для гашения вибрации. Установки эти выпускают в комплекте с осевым направляющим аппаратом с ручным или электрическим приводом.

При установке и монтаже вентиляторов необходимо особое

внимание обращать на соблюдение расстояния между коллектором и колесом. На практике этот зазор часто увеличивают, что уменьшает производительность вентилятора в результате перетекания воздуха из зоны давления в зону разрежения.

Осевые вентиляторы применяют в бытяжных системах с незначительными потерями давления. В некоторых случаях эти вентиляторы применяются в качестве приточных (в агрегатах). В последнее время шире применяются осевые крышные вентиляторы, которые, как правило, имеют большую производительность и малое давление и устанавливаются непосредственно на кровле цехов. Особый интерес в этой серии представляют шахтные вентиляторы, Они успешно применяются в крупных установках большой производительности и в установках со значительными потерями давления. Эти вентиляторы очень прочны и надежны в эксплуатации, что делает их незаменимыми на заводах цветной металлургии.

Вентиляторы, предназначенные для перемещения агрессивных сред, обычно изготовляются с применением специальных сталей, титана, неметаллических материалов. Наиболее рациональна конструкция вентилятора, у которого стальной корпус оклеен винипластовой пленкой, рабочее колесо из титана или цельновинипластовое, вал стальной, защищенный винипластовой втулкой. В тех случаях, когда температура перемещаемой среды превышает 60°С, для защиты проточной части вентилятора применяют полиизобутилен марки ПБ и ПБСГ.

При проектировании вентиляции и выборе вентиляторов необходимо учитывать, что при интенсификации технологических процессов часто существенно меняется технология, а с ней состав и коррозионнные свойства среды.

Расположение вентиляторов по отношению к аспирационным укрытиям, пылеуловителям и газоочистным аппаратам оказывает значительное влияние на снижение коррозии и износ проточных частей вентиляторов. Так, при установке вентиляторов в конце длинного воздуховода, по которому перемещается сернистый газ, значительно увеличивается коррозия вследствие конденсации этих газов на стенке газохода и попадания их в вентилятор. Сильному истиранию подвергаются лопатки и кожухи вентиляторов, установленных до пылеуловителей. Расположение вентиляторов после мокрых пылеуловителей усиливает коррозию вследствие попадания влаги. Применение каплеуловителей или снижение скорости воздуха может снизить степень разрушения вентиляторов.

Меньшему износу подвергаются осевые вентиляторы, так как в них агрессивная среда перемещается вдоль оси, что снижает удары ее о стенки обечайки и меньше разрушает металл. Обечайка может быть выполнена из материала, не подвергающегося коррозии или истиранию, например, из асбестовых труб; крыльчатка и направляющие аппараты — из титана, винипласта.

А. Д. Брук рекомендует для борьбы с износом вентиляторов, работающих на воздухе, загрязненном абразивными пылями, применять как конструктивные меры, так и износоустойчивые покры-

тия проточной части вентиляторов. На заводах цветной металлургии такие меры должны применяться при отсосе аспирационного воздуха от дробильных и сортирующих руду и концентраты установок, от агломерационных машин, от бункеров агломерата, так как эти пыли относятся к категории абразивных.

К конструктивным мероприятиям относятся ликвидация переднего кольца и замена диска, несущего на себе рабочие лопатки, звездочки (рис. 114). Шесть рабочих лопаток установлены в положении, близком к радиальному, что способствует снижению интенсивности износа. Лопатки прикреплены к звездочке болтами, что позволяет заменять изношенные лопатки через люк, не разбирая вентилятор. Обечайку спирального кожуха футеруют изнутри износостойкими плитами. Рабочие плоскости лопаток покрывают слоем износостойких наплавок типа Т-590 или Т-620. Для футеровки кожухов применяют листы углеродистой стали толщиной 8—16 мм, присоединяемые электрозаклепками к основной обечайке спирального кожуха.

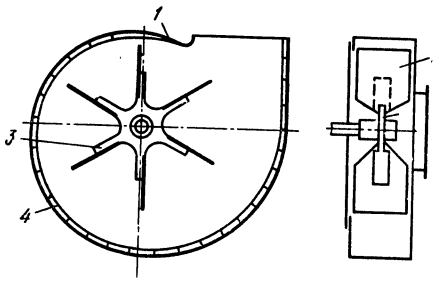


Рис. 114. Схема вентилятора модели 0,5—90: *1* — кожух; *2* — рабочая лопатка; *3* — звездочка; *4* — бронированная защита кожуха

При проектировании вентиляционной системы следует иметь в виду, что большинство центробежных вентиляторов снабжено шиберами на выхлопе. С точки зрения санитарии в отдельных случаях это недопустимо, так как даже при тщательном изготовлении шиберов в них имеются неплотности. Это может привести к отравлению людей, обслуживающих вытяжные вентиляционные установки, отсасывающие токсические вещества, например пары ртути, свинца, мышьяка и т. п. В таких случаях следует переносить шибер на всасывающую сторону вентилятора.

В вентиляционных установках, отсасывающих газы от бортовых устройств у желобов, от ковшей и котлов при непрерывном выпуске расплава, необходим резервный вентилятор. В крупных централизованных приточно-вытяжных системах также устанавливают дублирующие вентиляторы. Это особенно важно в бесфонарных цехах, где обмен воздуха производится исключительно механической вентиляцией.

При реконструкции вентиляционных систем зачастую устанавливаются дополнительные вентиляторы с параллельным или последовательным подключением их к действующим сетям. Новые установки из-за отсутствия больших вентиляторов зачастую оборудуют также несколькими вентиляторами, работающими параллельно. При двухступенчатой очистке вентиляционных газов и коллекторной системы воздуховодов вентиляторы работают последовательно.

Как известно, производительность группы вентиляторов, работающих параллельно или последовательно, зависит от аэродина-

мического сопротивления сети. Чем меньше сопротивление газоходных систем, тем больше производительность группы вентиляторов. И наоборот, чем больше сопротивление сети или, как говорят, чем круче характеристика сети, тем меньше производительность. Большую роль в увеличении производительности группы вентиляторов играет напорная характеристика их, зависящая от типа вентиляторов и лопастного колеса. При крутопадающей характеристике эффективность параллельно работающих вентиляторов меньше, чем при пологой характеристике.

На рис. 115, *а* показана схема работы двух параллельно включенных в сеть вентиляторов. Из схемы видно, что при работе одного вентилятора производительность его равна 32000 м³/ч, а при

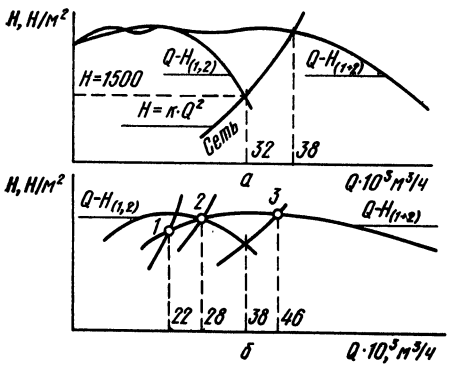


Рис. 115. Напорная характеристика двух вентиляторов, работающих параллельно: *а* — Ц4-70 № 8; *б* — Ц9-55

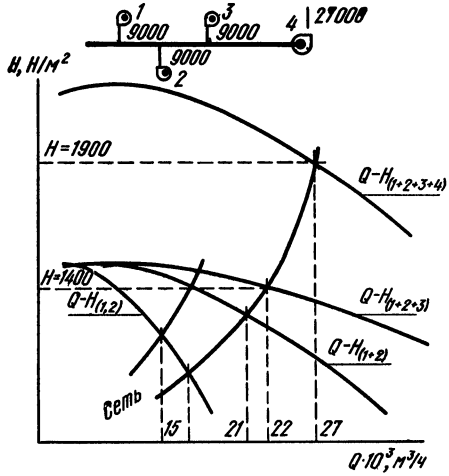


Рис. 116. Суммарная напорная характеристика трех параллельно работающих в один коллектор вентиляторов и одного вентилятора, работающего последовательно в тот же коллектор:
1 — *4* — вентиляторы

работе двух вентиляторов в ту же сеть суммарная их производительность равна 38000 м³/ч. Производительность каждого вентилятора снижается до 19000 м³/ч, или на 40%. Увеличение производительности может быть достигнуто уменьшением сопротивления сети.

На рис. 115, *б* показана схема работы двух вентиляторов Ц9-55 в одну сеть. При такой же схеме снижение производительности вентиляторов составит примерно 45%. При параллельной работе в точке *1* производительность установки будет ниже, чем при работе одного вентилятора, а в точке *2* не изменится и будет одинакова, как при работе одного, так и обеих вентиляторов.

На рис. 116 показана суммарная характеристика трех параллельно работающих вентиляторов с установкой в конце коллектора одного общего вентилятора, который включается последовательно,

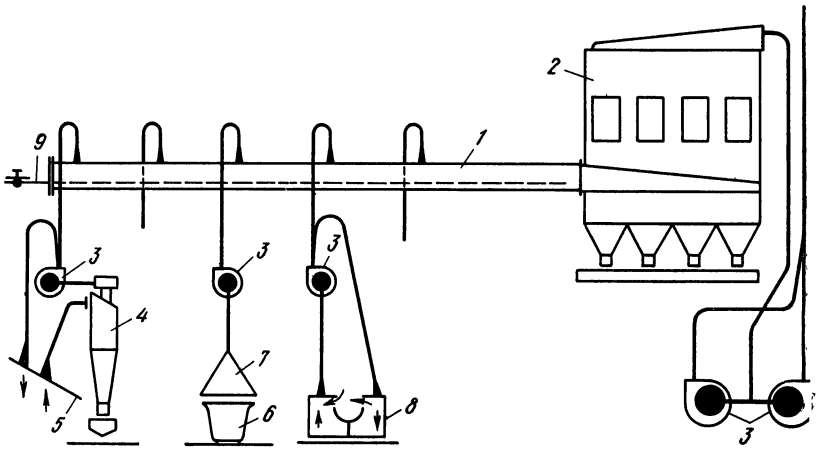


Рис. 117. Схема объединения местных систем вытяжной вентиляции:
1 — коллектор; *2* — рукавный фильтр; *3* — вентиляторы; *4* — циклон; *5* — аспирационное укрытие; *6* — ковш; *7* — зонт; *8* — бортовой отсос; *9* — промывка коллектора

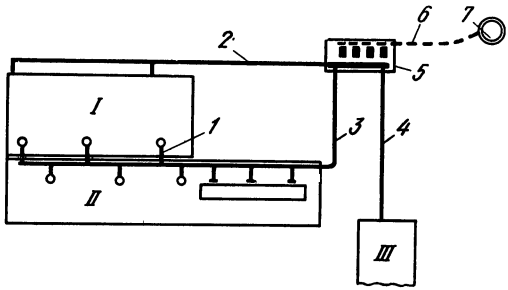


Рис. 118. Схема объединения аспирационных и газоотсасывающих вентиляционных систем в одну с выбросом в атмосферу через высокую дымовую трубу:
I — агломерационный цех; *II* — плавильный; *III* — опытный; *1* — местные системы вентиляции; *2, 3, 4* — коллекторы соответственно агломерационного, плавильного и опытного цехов; *5* — центральная вентиляционная; *6* — подземный канал; *7* — дымовая вентиляционная труба

и его характеристика должна соответствовать суммарной характеристике трех вентиляторов.

Для повышения эффективности очистки вентиляционных газов и снижения загрязнения воздушного бассейна газами системы местной вытяжной вентиляции объединяют в коллекторную систему с доочисткой газов в рукавных фильтрах или электрофильтрах. Такая схема показана на рис. 117.

На одном медеплавильном заводе такая схема объединения всех вытяжных систем была выполнена (рис. 118).

Выброс газа производится через высокую вентиляционную трубу. Для отсоса вентиляционных газов установлено четыре дымососа, которые работают в одну сеть параллельно. Эксплуатационные испытания показали, что два вентилятора работают так, как показано на рис. 115 с потерей производительности до 40%; при подключении третьего вентилятора суммарная производительность возрастает лишь на 10%, а при включении четвертого — количество воздуха не увеличивается.

При работе вентилятора возникает шум двух видов: аэродина-

мический — от вихрей, сбегающих с лопастей (вследствие чего образуются воздушные волны), и механический, возникающий от вибрации вентилятора и электродвигателя. Вибрация вентиляционной установки, помимо шума, нередко создает опасность разрушения строительных конструкций. Основной причиной вибрации является плохая (динамическия и статическая) балансировка колеса. Разбалансирование рабочих колес наблюдается особенно часто у вентиляторов, подвергающихся чистке.

Для уменьшения вибрации применяют специальные виброизоляционные основания. Иногда приходится вентиляторы и электродвигатели к ним устанавливать на массивных плитах (например, при установке вентиляторов в подвалах, имеющих гидроизоляцию). Применение в таких случаях фундаментных болтов недопустимо, так как это приводит к нарушению гидроизоляции. При установке вентиляторов на массивных плитах необходимо учитывать, что чем массивнее плита, тем лучше поглощается вибрация.

На основании практических данных Б. С. Молчанов рекомендует принимать массу плиты в 3—5 раз больше массы располагаемой на ней вентиляционной установки, учитывая при этом возможность разбалансирования колеса вентилятора. В некоторых случаях, когда необходимо максимальное устранение вибрации, применяются несколько виброизоляционных средств.

При борьбе с шумом следует помнить, что величина аэродинамического шума зависит от окружной скорости колеса вентилятора, увеличиваясь пропорционально пятой степени изменения числа оборотов. Для погашения аэродинамического шума можно устраивать магистральные воздуховоды из пористого материала с покрытием изнутри звукопоглощающей штукатуркой. Для этой же цели можно устраивать дополнительные повороты и разделение потоков. Принимая во внимание, что борьба с шумом в вентиляционных установках представляет известные трудности, не следует располагать установки в непосредственной близости к конструкторским бюро, конторским помещениям, помещениям медпунктов, бытовых и т. п.

КАЛОРИФЕРЫ

Калориферы, выпускаемые промышленностью, могут применяться для приточной вентиляции заводов цветной металлургии. Особых требований к конструкциям калориферов, работающих в этих условиях, не предъявляется.

Калориферные установки в приточных системах вентиляции заводов цветной металлургии отличаются тем, что при низкой наружной температуре не допускается уменьшение количества подаваемого воздуха ввиду большой токсичности газов и пыли. Тем более недопустимо устройство и использование рециркуляции загрязненным воздухом. Однако практика эксплуатации приточных систем промышленной вентиляции показала, что большинство калориферных установок большой производительности работает при низких температурах на рециркуляции загрязненным воздухом.

Это связано с опасностью замерзания воды в трубках калориферов.

В крупных калориферных установках необходимо обращать особое внимание на равномерное распределение воздуха по поверхности калориферов, что предупреждает переохлаждение части калориферов. При установке перед калориферами фильтров происходит выравнивание потока воздуха, поступающего на калориферы. Многие системы приточной вентиляции будут работать и работают в настоящее время без фильтров. Это приточные системы, подающие большое количество воздуха на компенсацию отсасываемого, и системы, работающие на чистом воздухе, или системы предварительного подогрева. В этих случаях необходимо принимать меры к выравниванию воздушного потока, поступающего на калориферы. Обычно для этой цели перед калориферами устанавливают решетку или две решетки на некотором расстоянии одна от другой. Поток будет распределяться тем равномернее, чем больше сопротивление решеток.

Г. М. Гордон и И. Л. Пейсахов предлагает при установке двух решеток последовательно на расстоянии друг от друга менее 15% большей стороны сечения воздушного потока живое сечение решеток определять по следующим формулам:

1) для центрального входа воздуха

$$\frac{F_к}{F_0} = \frac{2}{0{,}16\sqrt{N_0}};$$

2) для бокового входа воздуха

$$\frac{F_к}{F_0} = \frac{2}{0{,}33\sqrt{N_0}},$$

где F_0 — площадь сечения входа воздуха на калориферы;

$F_к$ — площадь сечения калориферной установки;

N_0 — степень неравномерности воздушного потока после решетки (отношение максимальной скорости воздуха в каком-либо месте к минимальной; для калориферной установки его можно принимать равным 0,7—0,85).

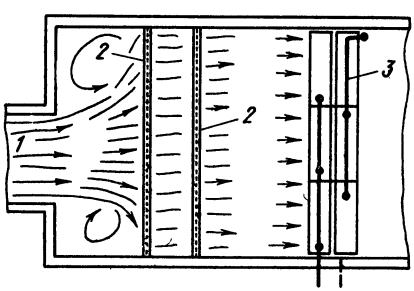


Рис. 119. Схема воздушного потока перед выравнивающими решетками:
1 — входной канал наружного воздуха; *2* — выравнивающие решетки; *3* — калориферы

Коэффициент сопротивления каждой решетки при двух последовательно установленных равен:

$$\xi = (F_к : F_0) - 1.$$

На рис. 119 показана схема установки выравнивающих решеток и движение струи воздуха, растекающегося по решетке и за ней. На основании обследований калориферных установок выявлены причины замерзания воды в трубках калориферов, работающих на воде:

1. Замерзание калориферов вследствие ненормальной эксплуатации: а) неисправности запорной арматуры; б) разрегулирования тепловых сетей и местных систем теплоснабжения; в) резких колебаний давления перед калориферами вследствие значительного расхода воды на технологические нужды; г) неисправности контрольно-измерительных приборов; д) отсутствия регулярного наблюдения и контроля за работой калориферных установок; е) низкой квалификации обслуживающего персонала; ж) повышенной загрязненности теплофикационной воды.

2. Замерзание калориферов вследствие несоответствия оборудования: а) поверхность нагрева калориферов излишне увеличена; б) производительность вентилятора значительно превышает расчетную; в) калориферы и вентиляторы установлены без расчета.

3. Замерзание калориферов вследствие недостатков, допущенных при изготовлении; а) засорения металлическими стружками отдельных трубок калориферов; б) заварки трубок с одного конца; в) некачественной оцинковки калориферов, большой шероховатости трубок вследствие отставания оцинковкой.

4. Замерзание калориферов вследствие неправильного монтажа; а) подводка трубопроводов к калориферам выполнена с большими отклонениями от проекта, что снижает давление перед калориферами; б) калориферы загрязнены строительным мусором; в) вмятины в трубках из-за небрежной транспортировки; г) тип или количество калориферов не соответствует проекту; д) наличие отступлений от проекта в соединении калориферов; е) установленный на вентиляторе электромотор имеет не соответствующее проекту число оборотов.

5. Замораживание калориферов вследствие неправильного проектирования: а) увеличения поверхности нагрева калориферов; б) неправильного выбора режима работы вентилятора при завышенных расчетных потерях напора в воздуховодах (количество воздуха подается значительно больше расчетного);

6. Замерзание калориферов может произойти, помимо общеизвестных причин, и в том случае, если средняя расчетная скорость воды в трубках будет меньше критической для рассматриваемой установки при подаче воды снизу вверх. При подаче воды в калорифер снизу вверх замораживание калорифера происходит при значительно больших скоростях воды, чем в случае подачи воды сверху вниз. Критическая разность гравитационных давлений при подаче воды снизу вверх должна быть меньше потерь напора в трубках калорифера при средней скорости. Критические скорости воды в трубках калорифера подсчитываются для каждой установки отдельно. Одним из основных мероприятий, предотвращающих замерзание воды в трубках калориферов, является правильное включение их в теплосеть.

На рис. 120 показаны четыре основные схемы обвязки калориферов: *а* — параллельная по воде и последовательная по воздуху; *б* — последовательная по воде и воздуху. Схемы *в* и *г* являются комбинациями этих двух. При обвязке калориферов, показанной

на рис. 120, возможно замерзание калориферов вследствие неравномерного распределения в них воды из-за малых напоров или засорения трубок илом, находящимся в воде.

Замерзание калорифера в случаях, показанных на рис. 120, объясняется недостаточностью напора для пропусканий необходимого количества воды.

Замерзание калорифера (рис. 120, *а*) могло быть также вызвано тем, что при скорости воды ниже критической во втором калорифере происходит внутренняя рециркуляция, которая сильно тормозит движение воды к калориферу. При недостаточном напоре перед калорифером рециркуляция сокращает расход воды и приводит к замерзанию ее. Как показали многочисленные опыты, при подаче воды в калорифер сверху вниз замерзание ее возможно лишь при очень малых скоростях.

В случае, показанном на рис. 120, *б*, предполагается, что замерзание калорифера происходит вследствие того, что вода очень сильно охлаждается в предыдущих калориферах в результате увеличения поверхности нагрева — наличия большого числа калориферов, соединенных последовательно по воде. Чтобы предупредить замерзание калориферов, установленных так, как показано на рис. 120, *б*, необходимо последний калорифер вынести во второй ряд и охлаждать его уже подогретым воздухом.

Для ликвидации замерзания воды в калориферах на практике применяются схемы, приведенные на рис. 121. Здесь подвод горя-

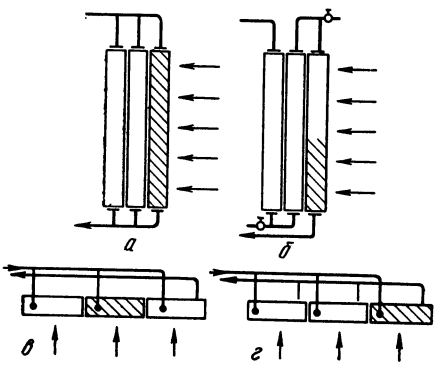


Рис. 120. Схемы подключения калориферов к теплофикационным сетям при применении в качестве теплоносителя перегретой воды (заштрихованы места замерзания воды в трубках калориферов)

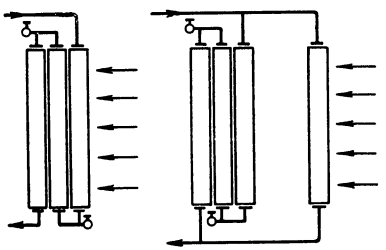


Рис. 121. Схемы обвязки калориферов, уменьшающие возможность замерзания воды в трубках

чей воды производится к первым калориферам, установленным по ходу воздуха, т. е. воспринимающим наиболее холодный воздух.

Для уменьшения замерзания калориферов можно устраивать замкнутую систему теплоснабжения их, что дает возможность стабилизировать гидравлический режим и ликвидировать засорение трубок илом и песком. Такая схема показана на рис. 122.

Замерзание калориферов можно предотвратить, повышая температуру поступающего воздуха; при этом температура воздуха, входящего в калорифер, не должна быть ниже минус 10°С.

На рис. 123 приведены пять схем устройства рециркуляции воздуха в приточных камерах, обеспечивающие поступление воздуха на калориферы с температурой не ниже минус 10°С. На этих схемах показано движение воздуха и соответствующие температуры: t_1 — температура наружного воздуха; t_2 — после смешения и калорифера; t_3 и t_4 — после второго подогрева. На рис. 123,*а* показано устройство для подмешивания воздуха, подогретого в калорифере *Б*, к воздуху, поступающему на калорифер *А*. Температура смеси воздуха t_1 и t_3 не менее минус 10°. Схема рис. 123,*б* предусматривает предварительный подогрев воздуха в калорифере *Б* с последующим смешением этого воздуха с наружным t_1 и t_3 до температуры помещения t_2. На рис. 123,*в* показано устройство с перегревом воздуха и подмешиванием

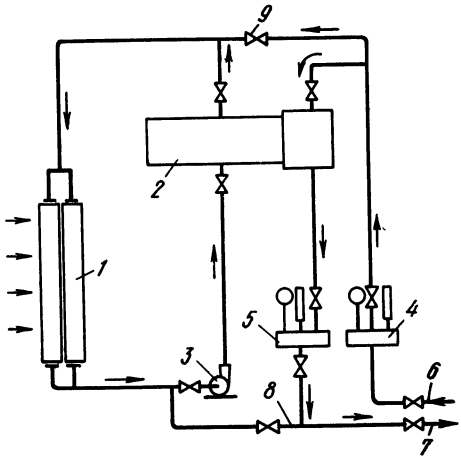


Рис. 122. Схема обвязки калориферов с замкнутым кольцом циркуляции теплоносителя: *1* — калориферы; *2* — подогреватель; *3* — циркуляционный насос; *4, 5* — распределители воды; *6, 7* — ввод теплосети; *8, 9* — перемычки для работы калориферов прямо из сети

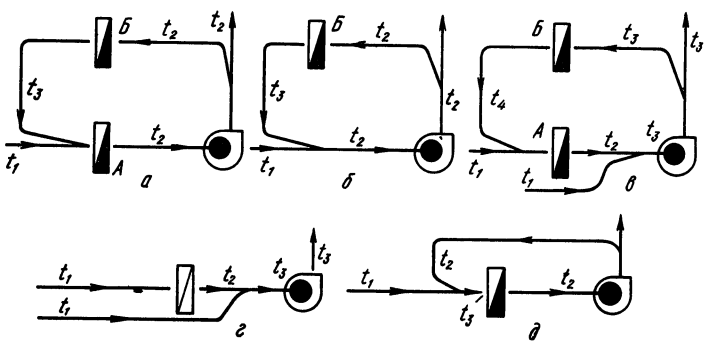


Рис. 123. Схемы рециркуляции воздуха в приточных камерах

наружного воздуха через обводной клапан; на рис. 123, *д* — с рециркуляцией чистым воздухом.

Для дистанционной или автоматической регулировки температуры приточного воздуха обязательно предусматривать обводной клапан у калориферов. Существовавшая одно время тенденция обходиться без обводного клапана при обогреве калориферов водой оказалась несостоятельной. Даже при использовании в качест-

ве теплоносителей горячей или перегретой воды и автоматическом регулировании подачи теплоносителя не удавалось поддерживать температуру приточного воздуха постоянной. Для регулирования температуры воздуха, особенно в так называемый переходный период, обводной клапан должен иметь сечение не менее 70% от живого сечения калориферов. При паровом отоплении этого сечения оказывается мало, и приходится перекрывать живое сечение калориферов клапанами. Высказываются следующие предположения по вопросу защиты калориферов от замерзания:

1) при подаче воды сверху вниз независимо от скорости и температуры воды и воздуха опрокидывания движения воды в трубках не происходит;

2) независимо от скорости, температуры воды и воздуха наибольшая неравномерность температуры воды, вытекающей из трубок калорифера, относительно температуры обратной воды не превышает 15—20°С. Поэтому минимальной температурой обратной воды, при которой еще не наступает замерзание, следует считать 25—30°С;

3) изменение температуры обратной воды достаточно надежно характеризует изменение гидростатического и теплового процесса, происходящего в калорифере;

4) при подаче воды снизу вверх в зависимости от скорости воды может происходить торможение, прекращение или опрокидывание движения воды в трубках калориферов. Как правило, замерзание такого калорифера происходит из-за неравномерного распределения воды по трубкам калорифера;

5) остановка и опрокидывание движения воды в трубках калорифера наступает в том случае, если расчетная скорость воды равна или меньше критической;

6) замерзание калориферов невозможно только в том случае, если расчетная скорость воды будет больше критической.

Проверка запроектированной или действующей калориферной установки необходима не только с точки зрения ее теплопроизводительности, но и с точки зрения возможности ее замерзания. И если теоретическим путем будет выявлена возможность замерзания трубок, то для предупреждения и предотвращения замерзания калорифера необходимо осуществлять обвязку калорифера по схеме сверху вниз. В этом случае есть основания утверждать, что при расчетном значении расходов воды и воздуха через каждый калорифер, нормальном температурном режиме, при исправности запорной арматуры и отсутствии загрязнений теплофикационной воды калориферная установка без подмешивания теплого воздуха будет работать нормально, наиболее экономично, с полным исключением возможности замерзания воды в трубках.

Глава 9
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ

Основным условием эффективности вентиляции цехов является правильная ее эксплуатация. Под эксплуатацией вентиляции следует понимать периодическое обследование состояния вентиляционных систем; определение санитарно-гигиенических и метеорологических условий воздушной среды на рабочих местах; постоянное наблюдение за работой механизмов, оборудования и за состоянием элементов системы.

Организация отдела по обслуживанию вентиляции

Техническое обслуживание систем вентиляции постоянно усложняется; вводится автоматическое и дистанционное управление естественной вентиляцией и системами механической вентиляции, повышаются требования санитарного надзора к состоянию микроклимата в цехах и комнатах отдыха, в помещениях пультов управления. Ниже предлагается примерная организационная структура вентиляционной службы для металлургических предприятий.

Техническое и методическое руководство, контроль за правильностью эксплуатации, а также за своевременным и качественным ремонтом вентиляционных устройств осуществляется главным энергетиком предприятия. Начальник пылевентиляционного бюро или заместитель главного энергетика должны быть специалистами по вентиляции. Начальнику бюро подчинены: вентиляционная мастерская во главе с мастером, который должен иметь квалификацию техника по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция»; наладочная группа, на которую возлагается выполнение работ по испытаниям, регулировке и наладке вентиляционных установок (в необходимых случаях для этих работ следует привлекать специализированные наладочные организации); проектно-конструкторская группа, которая выполняет работы по проектированию частичной реконструкции эксплуатируемых систем при изменении технологических процессов или замене оборудования.

Уход и надзор за системами вентиляции осуществляется сменным эксплуатационным и ремонтным персоналом, входящим в состав энергослужбы цеха.

Характер работы вентиляционного бюро определяется в зависимости от числа вентиляционных установок (в условных единицах). За условную единицу вентиляционных систем принимается вытяжная установка без фильтров и пылеулавливания с числом воздухоприемных устройств до 10. Мощность двигателя установки до 7 кВт. В зависимости от мощности установки к условной единице вводят соответствующий коэффициент (табл. 3). Приведенная выше структура пылевентиляционного бюро применима при количестве условных вентиляционных установок свыше 200.

В тех случаях, когда представляется целесообразным полно-

Таблица 3

Оценка вентиляционных установок в условных единицах

Характеристика вентиляционных установок	Число условных вентиляционных установок при мощности электродвигателя, кВт		
	до 7	7—15	свыше 15
Вытяжная установка без пылеочистных устройств, с количеством воздухоприемников:			
до 10	1	1,10	1,20
10—25	1,25	1,40	1,55
свыше 25	1,50	1,65	1,80
То же, при общеобменной вентиляции и удаления воздуха через отверстия в воздуховодах протяженностью, м:			
до 10	0,75	0,85	0,90
10—25	0,95	1,05	1,15
свыше 25	1,15	1,25	1,35
К приведенным условным оценкам добавляется при наличии в вытяжной установке:			
циклонов	0,25	0,30	0,35
скрубберов	0,50	0,60	0,70
фильтров	0,75	0,90	1,10
Приточная установка с калориферами, без фильтров и оросительных камер с количеством воздуховыпускных устройств:			
до 10	1,1	1,2	1,3
10—25	1,35	1,5	1,65
свыше 25	1,65	1,80	2,0
То же, при общеобменной вентиляции и удалении воздуха через отверстия в воздуховодах протяженностью, м:			
до 10	0,85	0,90	1,0
10—25	1,0	1,15	1,25
свыше 25	1,25	1,35	1,50
К приведенным условным оценкам добавляется при наличии в приточной установке:			
фильтров	0,25	0,30	0,35
оросительной камеры	0,35	0,65	0,80
фильтров и оросительной камеры	0,80	0,95	1,15
устройства, автоматически регулирующего температуру подаваемого воздуха	1,00	1,20	1,40
кондиционеров	1,25	1,45	1,65
Осевой вентилятор без воздуховодов	0,10	—	—
Переносные душирующие установки:			
без увлажнения	1,15	—	—
с увлажнением	0,25	—	—
Отопительно-вентиляционные агрегаты с вентилятором:			
осевым	1,00	—	—
центробежным	1,25	—	—

обслуживание и предупредительные ремонты вентиляционных установок передать производственным цехам, а капитальный ремонт — специализированной подрядной организации, может быть организовано бюро без вентиляционных мастерских и мастерских по ремонту оборудования.

Эксплуатация вентиляционных установок

Все вентиляционные установки, принятые в эксплуатацию, должны содержаться в полной исправности и действовать во все время работы цеха с учетом производственных условий. Эксплуатационный режим каждой вентиляционной системы должен определяться специальной инструкцией. В инструкции должны быть указаны: тип установленного оборудования; производительность вытяжных и приточных установок; порядок включения и выключения вентиляционных установок; методы регулирования объема и температуры приточного воздуха; особенности ухода за установками: плановые сроки чистки и ремонта воздуховодов, вентиляторов, фильтров, калориферов и другого оборудования; индексы установок (по паспортам); указания о порядке действия при пожаре или при авариях.

Для контроля за нормальной эксплуатацией вентиляционного хозяйства в каждом цехе (отделении) должен быть заведен журнал эксплуатации и ремонтов вентиляционных установок (Приложение 2). В этом журнале должны фиксироваться фамилии дежурных электриков и слесарей, дни и часы дежурств; неисправности установок, выявленные в процессе дежурства; все случаи прекращения работы установок в рабочее время, в связи с ремонтом, вследствие аварий, отсутствия электроэнергии, теплоносителя; отметки об устранении выявленных неисправностей и о возобновлении нормальной работы установок, а при ремонте установки — вид ремонта, даты начала и окончания ремонтных работ, краткое содержание произведенного ремонта, оценка качества выполненных работ.

Кроме того, на каждую вентиляционную установку по данным предпусковых испытаний составляется паспорт (Приложение 3). После капитальных ремонтов или реконструкций установки в соответствующие графы паспорта должны быть внесены необходимые изменения и дополнения. Для повышения долговечности и обеспечения бесперебойной, исправной работы вентиляционных установок должен быть организован их планово-предупредительный ремонт (ППР), включающий плановые осмотры, плановые текущие ремонты и плановые капитальные ремонты.

Плановые осмотры проводятся для установления технического состояния вентиляционных установок и выявления дефектов, подлежащих устранению при очередном ремонте. Текущий ремонт предусматривает устранение отдельных дефектов и неисправностей вентиляционных установок, замену износившихся деталей, очистку вентиляционного оборудования и воздуховодов от отложений пыли, устранение выявленных неплотностей. Основные работы при текущем ремонте осуществляются непосредственно на месте, где размещены вентиляционные устройства. Все ППР должны производиться по годовому графику. В графике устанавливается количество осмотров и текущих ремонтов и продолжительность работы по каждому виду ремонта в соответствии с нормативами.

Сроки проведения капитальных ремонтов устанавливаются в зависимости от условий, в которых установка работает, и утверждаются руководством предприятия.

Испытание и наладка систем вентиляции

Технические испытания вентиляционных установок проводятся для того, чтобы установить соответствие рабочих параметров установки проектным, а также возможность обеспечения санитарно-гигиенических и метеорологических условий в вентилируемом помещении цехов. Испытания позволяют установить правильность принятого решения при проектировании вентиляции, соответствие оборудования проектному и качество выполнения монтажных работ при устройстве вентиляции.

При технических испытаниях вентиляционной установки проверяют производительность вентилятора и число оборотов его ротора, замеряют статическое, динамическое и полное давление. На отдельных участках воздуховодов определяют количество воздуха, подаваемого через приточные и душирующие насадки, отсасываемого местной вытяжной вентиляцией и через всасывающие решетки. Проверяют, сколько воздуха поступает через проемы естественной приточной вентиляции и сколько удаляется из помещения через аэрационные фонари, вытяжные шахты и дефлекторы.

Технические испытания систем вентиляции производятся при помощи специальных приборов и инструментов. Производительность вентилятора устанавливают при помощи пневмометрических трубок путем определения динамического давления и скорости движения воздуха. Скорость воздуха определяют чашечными анемометрами, при больших скоростях и крыльчатыми — при малых скоростях, а также установкой диафрагм. Число оборотов вентилятора и электродвигателей замеряют ленточными счетчиками оборотов или тахометрами. Динамическое, статическое и полное давление, создаваемое вентилятором, определяют пневмометрическими трубками и микроманометрами.

Санитарно-гигиеническое и метеорологическое испытание вентиляции включает в себя определение концентрации вредностей в воздухе рабочей зоны или в пределах микроклимата цеха, температуры воздуха и его влажности, а также скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Степень запыленности воздуха обычно определяется весовым способом. Сущность этого метода заключается в том, что определенное количество воздуха, которое может быть замерено газовыми счетчиками, реометрами или другими расходомерами, пропускается через фильтр. В качестве фильтрующего материала используется хлопчатобумажная или стеклянная вата, помещаемая в аллонж. Взвешивание аллонжа после просушки позволяет определить количество пыли на 1 м^3 воздуха. Содержание сернистого ангидрида, хлора и других газов определяется газоанализаторами на месте или в лаборатории.

Для постоянного наблюдения за санитарным состоянием воздуха на рабочих местах в цехах должны быть оборудованы специальные посты для замеров и анализов, к которым подводят сжатый воздух, вакуумную сеть и электричество. Частота анализов и замеров запыленности устанавливается рабочей инструкцией.

К гигиеническим испытаниям относится определение и наблюдение за скоростью воздуха на рабочих местах. Скорость измеряют анемометром или при помощи специального прибора — кататермометра, принцип устройства которого основан на интенсивности испарения влаги с поверхности термометра.

К метеорологическим испытаниям относится измерение температуры и влажности воздуха. Температура воздуха на рабочих местах замеряется жидкостными термометрами, термопарами, термометрами сопротивления, манометрическими и контактными термометрами. Место замера температуры на рабочих местах должно быть постоянным и может быть оборудовано устройством для подвески термометров.

Влажность воздуха определяется при помощи психрометра, а при наблюдении за ходом изменения относительной влажности используется гигрограф, записывающий данные измерений. Преимущество этого прибора состоит в том, что относительную влажность можно определять без применения таблиц и пересчетов.

Изготовление воздуховодов

При изготовлении стальных воздуховодов, фасонных частей и конструктивных деталей вентиляционных систем широко применяются механизмы для обработки листовой стали, металлообрабатывающие станки, а также механизированные приспособления.

В настоящее время имеется возможность почти полностью механизировать все операции по изготовлению воздуховодов.

Рассматривая пооперационную обработку элементов вентиляционных систем, легко определить степень механизации отдельных процессов по изготовлению воздуховодов и фасонных частей.

Операция	Оборудование
Подготовка листовой стали	Верстаки
Сборка листов в картины	Фальцепрокатные станки
Разметка	Верстаки
Прямолинейная резка листов	Маховые рычажные и гильотинные ножницы
Криволинейная резка листов	Вибрационные и роликовые ножницы
Прокатка угловых фальцев	Фальцепрокатные станки
Вальцевание заготовок	Семи- и трехвалковые вальцовки
Прокатка замыкающих фальцев	Фальцепрокатные станки
Гибка листов для прямоугольных воздуховодов	Листогибочные станки
Изготовление криволинейных фальцев	Зиг-машина
Сборка и уплотнение фальцев	Фальцеосадочные станки

Сборка деталей из отдельных элементов на фальцах или рейках	Фальцепрокатные станки, зиг-машина
Заготовка, сборка и уплотнение поперечных фальцев	Зиг-машина
Прихватка или заклепывание замыкающих фальцев	Машины точечной сварки
Изготовление отводов из цилиндрического воздуховода	Зиг-машина
Уплотнение фальцев фасонных частей	Фальцеосадочный станок, зиг-машина
Насадка фланцев с отбортовкой кромок и электроприхваткой. Комплектовка и маркировка изделий	Машины точечной сварки, механизированный инструмент
Окраска и сушка изделий	Краскопульты, калориферы

Как видно из приведенных данных, большинство операций по изготовлению воздуховодов осуществляется на станках для резки листовой стали; для профилирования листовой стали методом прокатки; для придания объемных форм листовой стали; для сварки листовой стали; для обработки сортовой стали. Кроме того, используется внутрицеховое транспортное оборудование и механизмы, оборудование и механизмы для окраски, а также механизированные инструменты для сборки узлов.

На заводах цветной металлургии воздуховоды и оборудование из обычных сталей подвергаются износу от истирания и коррозии металла. Для уменьшения износа вентиляционных деталей возможна замена стали пластмассами, титаном, алюминием, а также применение антикоррозионных покрытий стали. Для изготовления вентиляционных деталей могут быть использованы полимеры, которые подразделяются на два класса: термореактивные и термопластические. К первому классу относятся полимеры, которые, будучи однажды нагретыми, переходят в неплавкое состояние, ко второму классу — те, что при нагревании размягчаются и становятся пластичными, а при последующем охлаждении возвращаются в исходное состояние. В настоящее время из этой группы наиболее широко используется в вентиляционной технике винипласт, представляющий собой термопластическую массу, которая получается из полихлорвиниловой смолы с добавлением в нее стабилизаторов в последующей термической пластификацией.

Вентиляционные детали — прямые участки воздуховодов, фасонные части, запорные и регулирующие устройства, местные отсосы и т. д. из винипласта — следует изготовлять в отдельном помещении вентиляционной мастерской. Так как винипласт можно обрабатывать аналогично металлу и дереву, то помещение мастерской должно быть оборудовано металло- и деревообрабатывающими станками и приспособлениями.

В ряде стран (США, Италии, Англии, ФРГ) применяются гибкие воздуховоды из различных материалов. Такие воздуховоды позволяют отказаться от большей части фасонных частей. Заслуживают внимания также гибкие витые поливинилхлоридные

трубы. Процесс изготовления гибких труб состоит из двух операций, протекающих непрерывно: изготовления из гранулированного жесткого поливинилхлорида эластичной ленты стреловидного профиля и получения из него труб.

Гибкие витые поливинилхлоридные трубы герметичны, их можно вручную удлинять, растягивая витки спирали, изгибать, расширять или сужать сечение. Они стойки к воздействию большинства агрессивных сред и не требуют окраски, негорючи. Эти свойства гибких витых труб позволяют рекомендовать их для воздуховодов вытяжной вентиляции и местных отсосов с агрессивной газовой средой при температуре от 0 до 60°С.

Работы по антикоррозионному покрытию металлических поверхностей включают следующие основные операции: подготовку металлических поверхностей (очистка их от окалины, ржавчины, грязи и жира до металлического блеска при помощи пескоструйных, гидропескоструйных, дробеструйных аппаратов или методом химического травления; иногда очистка производится стальными щетками или скребками с предварительным смачиванием поверхностей известковым молоком); грунтовку очищенной поверхности с тщательной сушкой каждого слоя, окраску огрунтованной поверхности эмалью в несколько слоев, а затем лаком в несколько слоев с тщательной просушкой каждого слоя.

Для производства работ по антикоррозионному покрытию мастерская должна быть оснащена пескоструйным аппаратом (рекомендуется дробеструйная установка ВДУ-32), ваннами для химического травления, краскораспылительной установкой.

Глава 10

ЗАЩИТА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВЕНТИЛЯЦИОННЫМИ ГАЗАМИ

Современные методы получения цветных металлов, усовершенствование оборудования технологических процессов позволяют в большой степени снизить загрязнение атмосферного воздуха выбросами технологических газов. Правильным решением вопросов вентиляции и применением современных пылеулавливающих очистных аппаратов обеспечивается достижение предельно допустимых концентраций (ПДК) веществ, загрязняющих окружающую среду.

Ниже перечислены основные источники загрязнения атмосферы пылями и газами, вредными для здоровья людей, зеленых насаждений и строительных конструкций.

1. Открытые и закрытые склады концентратов, извести, угля, кокса и других материалов, применяемых в цветной металлургии.

2. Дробильные отделения.

3. Отделения спекательных машин, в которых большим источником пыли является разгрузочная часть спекательных машин.

4. Обжиговые цехи. Газы и пыль выделяются при загрузке и выгрузке печей кипящего слоя, многоподовых и сушильных печей барабанного типа.

5. Плавильные цехи. Газы и пыль выделяются через аэрационные фонари, вентиляционные шахты, дефлекторы и проемы в кровле и стенах при нарушении технологического процесса.

6. Цехи рафинирования, являющиеся источником выделения возгонов металлов и соединений присадочных материалов.

7. Электролизные цехи, загрязняющие атмосферный воздух сульфатами цинка, меди, никеля, аэрозолями серной кислоты, хромом, фтористым водородом и другими газами.

8. Вспомогательные производства (котельные, вагранки, лаборатории, известняковые печи).

Кроме перечисленных выше источников загрязнений атмосферного воздуха, имеются источники вторичного пылеобразования — подъем ветром и транспортом пыли, осевшей на дорожном полотне, сдув ее с крыш цехов и конструкций, с поверхности земли, не засаженной растительностью.

Содержание пыли и сернистого ангидрида в неорганизованных выбросах может быть определено замерами. Ориентировочно можно считать, что содержание пыли в них следующее, г/м^3: от агломерационных машин 1,0—95; от плавильных печей 1,5—4; от конвертеров до 20; от шлаковозгоночных печей 5—40. Сернистого ангидрида в этих газах содержится столько же, сколько в технологических газах. При работе агломерационных машин на дутье содержание ангидрида в газах увеличивается до 5%. Количество неорганизованных выбросов зависит от состояния оборудования и правильного ведения процесса. Количество технологических газов, выбрасываемых в атмосферу через дымовые трубы, для ориентировочных расчетов применяется около 10 000 м^3/ч при 100—150°С на 1 *т* проплава. При современном уровне очистки этих газов содержание пыли в них 18—30 мг/м^3 и сернистого газа 1,5—2,5%.

Вентиляционных газов, выбрасываемых в атмосферу через аспирационные системы и вытяжную вентиляцию, в 3—4 раза больше, чем технологических газов.

Рассеивание газов, выбрасываемых в атмосферу через высокие дымовые трубы, зависит в основном от метеорологических факторов, восприимчивости местности к загрязнению, ее застройки и естественного рельефа. По многочисленным исследованиям загрязнений атмосферы в зоне расположения заводов выявлены концентрации загрязнений, превышающие предельно допустимые, вблизи источника, на расстоянии до 500 м, на расстоянии 2000 м и в некоторых случаях до 16 км, причем для всех существующих заводов в радиусе 500 м, независимо от мощности источника и характера местности, содержание вредных загрязнений в атмосфере почти одинаково. Это объясняется неорганизованным выбросом

технологических и вентиляционных газов через низкие трубы, шахты и аэрационные фонари. Распространение вредностей на дальнее расстояние в основном зависит от высоты дымовой трубы и от рельефа местности. Чем выше труба, тем дальше идет рассеивание газов и при сильном ветре достигает наибольших размеров.

Ниже приводятся возможные формы струи газов, выходящих из устья высоких дымовых труб, при различных метеорологических условиях и состоянии атмосферы.

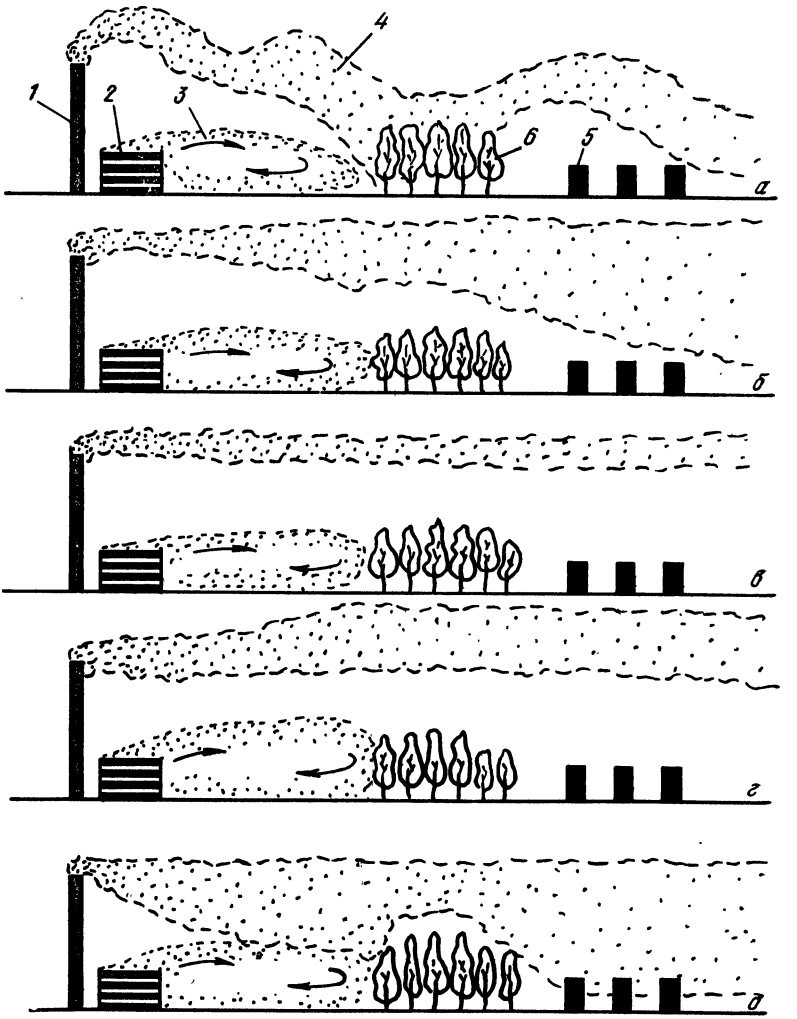


Рис. 124. Схема формы струй газа, выходящей из устья трубы и аэрационных фонарей цеха:
а — при сильном ветре; *б* — при слабом ветре; *в* — при сильной инверсии; *г* — при инверсии ниже устья трубы; *д* — при инверсии выше устья трубы; *1* — дымовая труба; *2* — здания цехов; *3* — факел загрязнения воздуха в зоне аэродинамической тени; *4* — основной факел; *5* — городские здания; *6* — насаждения

При снижении температуры воздуха более 1°С на 100 м высоты состояние приземного слоя атмосферы неустойчиво. Форма факела становится волнообразной, и газы рассеиваются хорошо. На рис. 124,*а* показана волнообразная форма факела, обусловливающая хорошее перемешивание газа и обеспечивающая концентрации загрязнений ниже расчетных значений. Такая форма струи наблюдается в большинстве случаев летом при хорошей погоде и слабом ветре.

При снижении температуры по высоте менее 1°С на 100 м состояние атмосферы устойчиво и газовый факел равномерно расходится, опускаясь к поверхности земли. В этом случае расчетная концентрация близка к фактической (рис. 124,*б*).

Приземная инверсия при слабом ветре (температура воздуха с высотой повышается), особенно зимой, благоприятствует образованию веерообразной струи. При такой форме струи (рис. 124,*в*) концентрация загрязнений в приземном слое ниже расчетной, так как газовый поток уносится на большое расстояние от источников. Если инверсия оканчивается ниже устья трубы и затем начинается падение температуры, что наблюдается при заходе солнца, то образуется приподнятая струя. В данном случае загрязнение атмосферы приземного слоя значительно ниже расчетного, так как при этом инверсия служит естественной преградой, предотвращающей опускание загрязненного факела на землю (рис. 124,*г*).

Мощный слой инверсии над устьем трубы приводит к обратному явлению. Инверсия является преградой (потолком) для нормального рассеивания газа. При этом большое количество газа попадает в приземный слой. Такая струя наблюдается в то время, когда ночная инверсия рассеивается утром под действием солнечного света.

Выброс неорганизованных технологических газов, вентиляционного воздуха общеобменной вентиляции и частично аспирационного воздуха происходит через аэрационные фонари, дефлекторы и вентиляционные шахты, расположенные в зоне аэродинамических теней, которые образуются вследствие обдувания ветром здания с заветренной стороны. Граница этой зоны определяется аэродинамическим прыжком воздуха, получающимся при срыве воздуха с кромки (карниза) здания.

Зоны аэродинамических теней являются замкнутыми, в них происходит циркуляция воздуха и очень незначительный обмен с наружной атмосферой. Ввиду слабого проветривания зон выброс загрязненного воздуха и газов вызывает увеличение концентрации вредностей почти в 10 раз. Выброс загрязненного вентиляционного воздуха и неорганизованные выбросы технологических газов в зону аэродинамических теней вызывают распространение их в пределах промышленной площадки и санитарно-защитной зоны заводов.

На рис. 125 показана схема распространения выбросов через низкие вентиляционные трубы, шахты, аэрационные фонари и дефлекторы цехов в границах аэродинамических теней.

Влияние рельефа местности завода и города и их взаимного

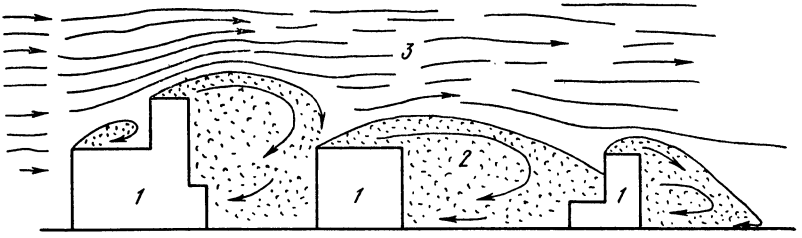


Рис. 125. Схема зоны аэродинамических теней и распространения вредностей за зданиями цехов завода:
1 — цехи; *2* — зона завихрения воздуха и загрязнений; *3* — зона свободного движения воздуха

расположения на рассеивание газов, выбрасываемых из высоких труб, показано на рис. 126.

На рис. 126, *а* приведена схема, когда завод — источник загрязнения атмосферы расположен выше города. В этом случае на расстоянии 3,5—4 км от источника содержание загрязнений в воздухе ниже нормы. При этом сказывается высота трубы по отношению к городу.

При обратном взаимном расположении города и завода, как показано на рис. 126,*б*, загрязнение атмосферного воздуха над городом сильно возрастает, так как сказывается относительно малая высота дымовой трубы по отношению к городской площадке.

При расположении завода и города в котловине загрязнение атмосферы вредными выбросами происходит вследствие внутренней циркуляции воздуха в ней. Если направление ветра со стороны завода на город, как показано на рис. 126,*в*, дымовые газы могут полностью покрыть территорию города, а затем возвращаются на промплощадку в результате того, что в котловане образуются токи воздуха, обратные направлению ветра. При направлении ветра с противоположной стороны, т. е. со стороны города, и при низкой трубе рассеяние газов может происходить как показано на рис. 126,*г*.

При расположении устья дымовой трубы выше зоны завихрения (рис. 126,*д*) дымовой факел будет уноситься за пределы котловины и не будет загрязнять территорию города и завода. В атмосферу города могут попадать в этом случае лишь загрязнения от неорганизованных выбросов технологических и вентиляционных газов через низкие трубы, шахты и фонари.

Интенсификация производственных процессов, увеличение мощностей заводов предъявляют все возрастающие требования к газоочистным сооружениям. Возникает необходимость защиты воздушного бассейна от неблагоприятного влияния промышленных выбросов путем применения различных приемов планировки и застройки городов. При этом необходимо учитывать, что современные заводы являются источниками интенсивного загрязнения воздушного бассейна в радиусе не менее 10 км.

Кроме сернистого газа и пыли, в атмосфере завода содержится

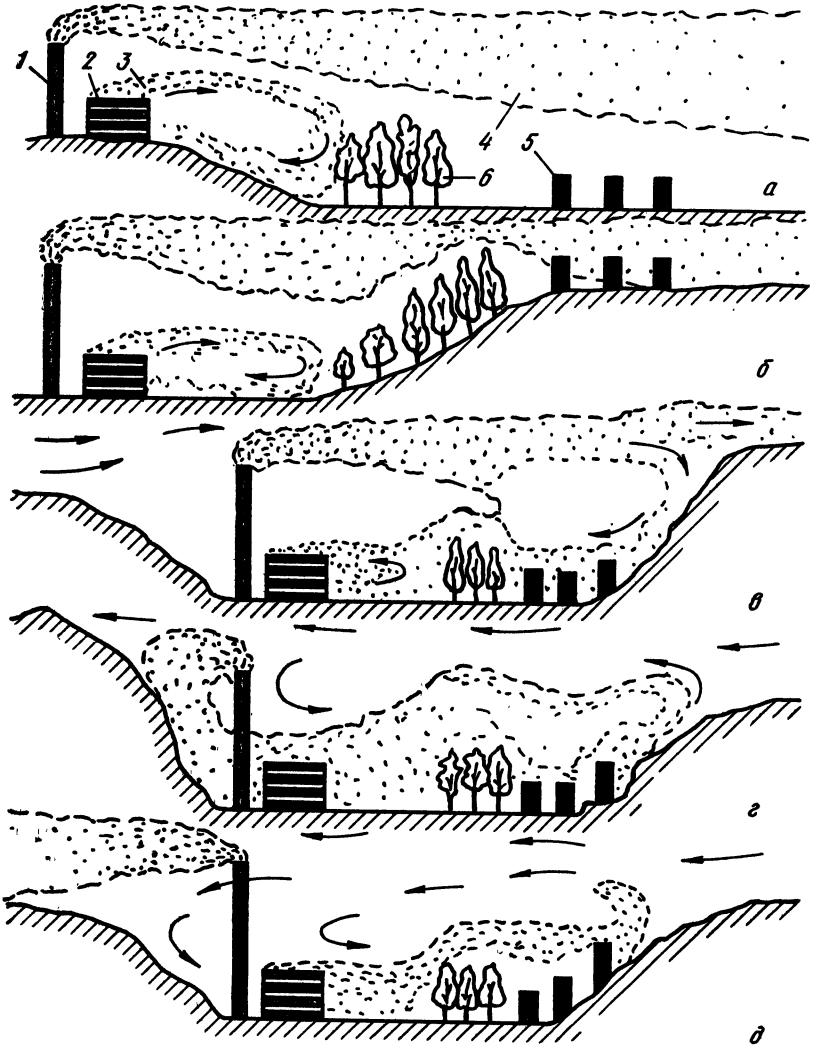


Рис. 126. Схема факела газов, выходящих из трубы и аэрационных фонарей при различных рельефах местности.
Обозначения те же, что на рис. 124

некоторое количество окиси углерода и угольной пыли, поступающих из дымовых и вентиляционных труб ТЭЦ или промышленно-отопительной котельной. Автомобильный транспорт загрязняет воздух выхлопными газами и взмученной пылью, осевшей на проезжей части дороги.

В настоящее время вследствие улучшения обеспыливания промышленных и вентиляционных газов, концентрация металлсодер-

жащих пылей в этих газах, выбрасываемых через высокие дымовые и вентиляционные трубы, в зоне приземления близка к предельно допустимой.

Для снижения загрязнения атмосферного воздуха вентиляционными выбросами заводов необходимо промышленные площадки заводов выбирать на расстоянии 10—15 км от города. Для отдельных городов и промышленных комплексов следует решать вопрос о постепенном перенесении их с удалением от источников загрязнений.

Применение в металлургии новых, прогрессивных процессов, внедрение кислорода, перевод агломерационных машин на дутье утилизацией газов, расширение сернокислотного производства, а также повышение эффективности газоочистки позволят в значительной степени оздоровить окружающую атмосферу. Этому будет способствовать и сооружение дымовых труб высотой 200—300 м.

Снижение или полная ликвидация загрязнения атмосферного воздуха вентиляционными выбросами могут быть достигнуты в результате осуществления следующих мероприятий:

1) уменьшения количества вентиляционных газов в результате герметизации технологических процессов и оборудования;

2) уменьшения содержания пыли в вентиляционных газах при устройстве второй ступени очистки газов от пыли (санитарная доочистка);

3) централизации всех вентиляционных газов с выбросом их после очистки от пыли в атмосферу через высокие (150—200 м) вентиляционные трубы. В случае очистки этих газов от сернистого ангидрида высота трубы может быть меньше. Централизацию вентиляционных выбросов можно осуществить по одной из схем, приведенных на рис. 117 и 118. На рис. 117 показана схема с горизонтальным коллектором и двухступенчатой очисткой вентиляционных газов. Очистка первой ступени — в инерционных пылеотделителях—циклонах, групповых установках циклонов, в мультициклонах и других сухих аппаратах. Вторая ступень очистки предусматривается в рукавных фильтрах или в сухих электрофильтрах. Выбор того или иного аппарата зависит от свойств и состояния пыли; возможна централизация вентиляционных мокрых газов в вертикальных коллекторах. Такая установка дает возможность легко производить смыв пыли налипшей на стенках воздуховодов;

4) отказа от аэрации и естественного проветривания цехов с заменой общеобменной механической вентиляцией. В отдельных случаях, когда полностью обеспечен отсос газов и пыли местной вытяжкой вентиляцией, возможно применение дополнительной естественной вентиляции с выбросом вытяжного воздуха выше границы аэродинамических теней;

5) очистки газов от сернистого ангидрида. Однако эта проблема при содержании SO_2 в газах 1—1,5% до настоящего времени не может считаться решенной. Известные методы нейтрализации сернистого газа — известковый, аммиачный, магнезитовый и катали-

тический — еще очень дороги, требуют большого расхода извести, воды, аммиака и электроэнергии;

6) зеленых насаждений на территории промышленной площадки и санитарно-защитной зоне заводов. Оздоровительное и гигиеническое значение зеленых насаждений на территории промышленных площадок, санитарных зон заводов и населенных мест обусловлено прежде всего тем, что поверхность зеленых насаждений служит своеобразным естественным фильтром для содержащихся в воздухе загрязнений. Главную роль в этом отношении играет поверхность зеленых частей растений, в особенности поверхность листвы.

Уменьшение скорости ветра, встречающего на своем пути полосу зеленых насаждений, и возникающие вследствие этого завихрения, удары пылевых частиц о поверхность листьев, стволов и ветвей в соединении с действием клейкой поверхности листвы у некоторых пород деревьев (берез, тополей и др.) ведут к механической задержке и выпадению пылевых частиц из несущего их воздушного потока. Наблюдения показывают, что зеленые насаждения способны задерживать также и газы. Важное гигиеническое значение имеет также озонирующее действие зеленых насаждений. Озон образуется в воздухе на территории зеленых массивов под влиянием смолистых эфирных веществ, выделяемых зелеными частями растений.

Испарение влаги листьями сопровождается понижением температуры прилегающих слоев воздуха. Возникающие вследствие разности температур вертикальные токи воздуха вызывают перемешивание его и удаление загрязнений в верхние слои атмосферы. Этому способствует также устройство травянистых покрытий (газонов, цветников). Зеленый растительный ковер устраняет загрязнение воздуха почвенной пылью.

Свойства зеленых насаждений дают возможность использовать их для защиты населения от вредных промышленных выбросов в атмосферный воздух. В санитарно-защитных зонах зеленые насаждения осуществляются в виде зеленых полос шириной 20—30 м с промежутками, засеваемыми травами.

Громадные возможности для создания максимально благоприятных условий труда, а следовательно, и повышения производительности его таит в себе озеленение самих заводов, как их территории, так и внутри цехов. При проведении работ по озеленению промышленных площадок особое внимание следует уделять озеленению находящихся на заводской территории культурно-бытовых учреждений (здравпункты, столовые, уголки кратковременного отдыха и т. п.), которые должны быть защищены от пыли, копоти, дыма, газа и шума промышленного предприятия и поставлены в наилучшие санитарно-гигиенические условия. На их территорий устраивают газоны, цветники, обсаживают магистрали быстро растущими породами деревьев, вьющимися растениями и т. д. Выбор ассортимента для заводских посадок производится в зависимости от характера санитарных вредностей данного пред-

приятия, метеорологических условий, с учетом декоративных свойств различных пород растений.

Помимо ветро- и пылезащитного действия, зеленый растительный ковер на территории населенных мест в соединении с воздействием вышележащих ярусов растительности (кустарников и деревьев) регулирует влажность и температуру воздуха (зимой — в сторону потепления, летом — в сторону охлаждения). Более холодная, чем окружающий воздух, поверхность листвы способствует охлаждению тела в летнюю жару благодаря отдаче избыточного тепла изучением в окружающую среду.

Значительное влияние на снижение концентрации пыли и газа в атмосфере города и промышленной площадки оказывают также и водные преграды — реки, озера, искусственные моря, каналы и открытые бассейны. В результате изменения температуры воздуха над водными поверхностями возникают вертикальные и короткие горизонтальные перемещения воздушных масс, способствующие интенсивному перемещению загрязненного газа с чистым воздухом окружающей атмосферы. Снижение запыленности воздуха возможно еще и при выпадении пылевых частиц в результате конденсации водяных паров на поверхности. На рис. 127, *а* и *б* показана схема перемещения воздушных масс над водным пространством и зелеными насаждениями. Наиболее эффективной мерой по

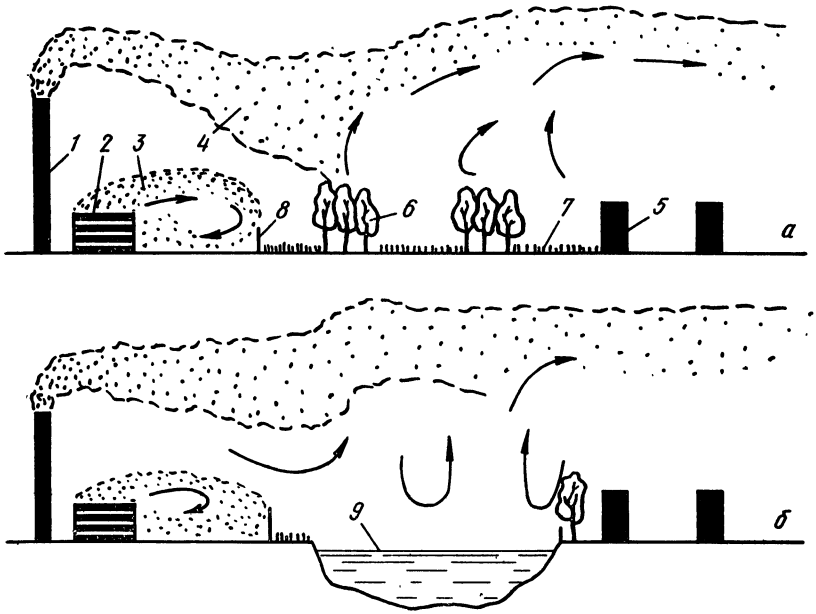


Рис. 127. Схема циркуляции воздуха и газа над зелеными насаждениями защитной зоны и над водной поверхностью:
1 — дымовая труба; *2* — здание цеха; *3* — зона завихрения газа у здания цеха; *4* — газовый факел; *5* — здания города; *6* — деревья; *7* — трава, кустарник; *8* — ограда завода; *9* — водная поверхность

уменьшению загрязнения атмосферного воздуха в настоящее время является увеличение высоты дымовых и вентиляционных труб.

Для определения предельного содержания вредных примесей в выбросах при выходе их из устья трубы, обеспечивающего ПДК этих загрязнений в приземной зоне, существует ряд методик и разработок.

Вредное влияние пылей и газов на организм человека, на зеленые насаждения и на строительные конструкции общеизвестно. Научными исследованиями доказано, что высокодисперсная пыль особенно опасна, так как обладает большой биологической активностью и проникает глубоко в дыхательные пути. Некоторые пыли размером менее 1 мкм обладают не только биологической активностью, но и большой физической и химической активностью. Они обладают способностью растворяться и впитываться в организм человека. К ним относятся свинцовые, мышьяковистые, кварцевые и другие пыли металлургических производств.

Таким образом, развитие способов и схем обеспыливания вентиляционного воздуха, как вытяжного, так и приточного, должно идти по пути эффективного улавливания пылей размером менее 1 мкм.

При очистке вентиляционного воздуха от газов самостоятельные установки, как правило, не применяются вследствие большой децентрализации выбросов вентиляционных газов, высокой стоимости оборудования. Очистка вентиляционных газов производится совместно с технологическими газами. Высокая степень очистки вентиляционного воздуха от пыли обеспечивается лишь при правильном выборе оборудования с учетом всех свойств улавливаемой пыли.

Преимущественное развитие получают высокоэффективные пылеуловители, в первую очередь тканевые фильтры, электрофильтры и мокрые пылеуловители. Дальнейшее развитие пылеулавливания направлено на усовершенствование: регенерации фильтровальных материалов для снижения их гидравлического сопротивления; формы фильтрующих элементов; формы и конструкции электродов электрофильтров; механизмов и устройств для встряхивания электродов; скрубберов; устройств для орошения потока газов; циклонов с переменным сечением.

Пыль во взвешенном состоянии представляет собой частицы твердого вещества размерами менее 0,1—0,5 мкм, находящиеся в газовой среде. Частицы пыли по физико-химическим свойствам значительно отличаются от того же вещества в нераздробленном состоянии.

Это отличие связано с огромным увеличением суммарной поверхности пылевых частиц, вследствие чего вещества более активно вступают в химические реакции, обладают большими объемными электрическими зарядами, адсорбируют значительное количество газов.

Пыли, загрязняющие вентиляционный воздух и подлежащие

улавливанию, образуются на всех стадиях технологического процесса получения цветных металлов:

1. При перегрузке, дроблении, измельчении и сушке концентратов, руды, извести, кокса, угля, соды, бокситов, глинозема, карналлита и других материалов возникает большое количество пыли, образующейся вследствие ослабления сцепления между частицами при повышении температуры, растрескивания кусков и самоистирания. Химический состав этих пылей близок к составу концентратов и других материалов. Величина пылевых частиц чрезвычайно разнообразна. Концентрация пыли в аспирационном воздухе колеблется в больших пределах, достигая нескольких граммов.

2. В процессе агломерации вентиляционный воздух захватывает пыль при подаче шихты на ленту спекательной машины, сбросе с ленты готового агломерата, дроблении и грохочении горячего оборотного агломерата. Химический состав агломерационной пыли зависит от состава агломерата. Например, свинцовый агломерат содержит 45% свинца, 9,8% цинка, 0,6% меди; медный — от 3 до 15% меди (в отдельных случаях до 22,5%); 8—20% цинка; свинца до 10%. Однако химический состав пылей меняется в зависимости от способа улавливания, транспортировки и места отбора ее для анализов.

Физическая характеристика агломерационных пылей свинцового производства приведена в табл. 4.

3. В процессе обжига и плавки концентратов вентиляционный воздух, отсасываемый от желобов и ковшей, загрязняется возгонами, тонкодисперсной пылью, образовавшейся в результате конденсации окислов свинца, цинка, меди, никеля и других металлов. Согласно классификации аэрозолей, приводимой Г. М. Гордоном и И. Л. Пейсаховым, эта пыль относится к дыму; размер частиц ее менее 1 мкм. Химический состав пылей отличается большим содержанием металлов. Так, при плавке свинцового концентрата в пылях содержится свинца до 60,2%, цинка 3,5%, остальных металлов небольшое количество, не влияющее на свойства пылей.

Пыли цинкового производства значительно отличаются от пылей свинцового производства (см. табл. 4).

4. При конвертировании во время слива продуктов плавки и шлаков, при заливке и загрузке конвертеров штейном и флюсами образуется полидисперсная пыль, включающая разнообразные по размеру частицы различного происхождения.

Физическая характеристика этих пылей на медеплавильных заводах в воздухе, отсасываемом от разливочных котлов при сливе из конвертеров, приведена в табл. 4.

Химический состав пылей: меди 28—31%, свинца 20,7—25,8%, цинка около 2,5%, а также сера, железо, мышьяк. В воздухе, отсасываемом от горловины конвертера при его загрузке, содержится пыль механического происхождения и некоторое количество возгонов металла, образующихся при сливе штейна. Размер частиц пыли до 0,4 мкм. Физическая характеристика пылей никеле-

Физические характеристики пыли, образующейся на различных переделах производств цветной металлургии

Показатели	Агломерационная пыль производства		Обжиговая пыль свинцового производства	Пыль медного производства, отсасываемая от	
	свинцового	медного[1]		разливочных котлов[2]	горловины конвертера
Насыпная масса г/см²:					
без утруски . .	0,7—1,3	1,16—1,72	1,44—1,65	0,31—1,92	1,37—2,5
с утруской . .	1,3—1,8	1,39—1,91	1,6—2,0	0,45—2,34	1,99—3,0
Плотность, г/см³ .	4,9—5,3	4,28—3,94	До 4,6	5,4—7,2	~5,5
Удельная поверхность, см²/г . . .	6600—2300	1240—580	820—2900	6100—19700	287—2960
Условный диаметр пылинок, мкм . .	1,8—4	11,3—30,0	5,4—15,8	0,5—2,4	3,9—37,4

[1] Пыль отобрана из укрытия разгрузочной части агломерационной машины.
[2] При сливе из конвертеров.

вых заводов примерно такая же, как и на медеплавильных заводах. Содержание никеля в пылях 12—18%, меди 12—15%.

5. Запыление вентиляционного воздуха, отсасываемого местной вытяжной вентиляцией цехов рафинирования, происходит в основном возгонами, выделяющимися над печами и открытыми котлами с расплавленным металлом. Содержание свинца в этих пылях составляет 45—53%, физическая характеристика приведена в табл. 4.

6. Приточный воздух загрязняется пылями разного происхождения и состава, представляющих собой полидисперсную систему. Содержание металлов и минералов в этих пылях различное и зависит от специализации заводов.

Для полной характеристики пылей заводов цветной металлургии и при подборе обеспыливающего оборудования нужно знать следующие их свойства:

1. Смачиваемость пыли — поверхностное абсорбирование влаги из растворов или из смеси газов и воздуха твердыми телами. Условием смачиваемости пылевых частиц является образование на их поверхности слоя жидкости, из которого влага проникает внутрь пылевой частицы. При смачивании пыли необходимо удаление слоя газа или воздуха, абсорбированного поверхностью пылевой частицы. Большое влияние на смачиваемость оказывает величина и форма пылинки. Пылинки сферической формы легче увлажняются, чем пылинки неправильной формы с острыми краями. Мерой смачиваемости может служить процентное количество смоченной пыли от общего количества сухой пыли. Средний коэффициент смачиваемости некоторых пылей, %:

Агломерационная	74,5
Конвертерная	86,5
Плавильная	80,5
Шлаковозгоночная	94,5

Таблица 4

Пыль свинцового производства, отсасываемая при рафинировании от	
печей и открытых котлов	желобов и зонтов
1,5	0,4—0,7
1,5	0,6—0,9
6—7	5,1—6,0
1800—2400	16100—24000
4—5,2	0,4—0,73

2. Коагуляция — процесс столкновения отдельных пылинок с образованием более крупных частиц. Турбулентная коагуляция происходит под действием вихревых сил газового потока. Эта коагуляция возрастает с увеличением размера пылинок. Молекулярная (броуновская) коагуляция возрастает с уменьшением частиц пыли. Скорость коагуляции аэрозоля, содержащего пылинки разного размера, больше, чем с частичками одинакового размера. Коагуляция в некоторых случаях ускоряется при действии на частицы пыли звуковых волн. Сущность этого явления состоит в том, что под влиянием акустического поля повышается число активных соударений частиц и происходит их укрупнение до размеров, при которых они улавливаются простейшими аппаратами.

3. Движение частиц пыли связано с их размером. Скорость витания пыли имеет принципиальное значение при осаждении пыли в пылеулавливающих аппаратах и установках. На скорость витания частиц пыли, кроме гравитационной силы, влияют и броуновское движение, и электростатические явления, и форма частиц. В связи с этим, в настоящее время нет единой формулы для определения скорости витания пыли. Все существующие эмпирические формулы выведены для пыли с разными размерами частиц.

4. В природе наблюдается явление конденсации водяных паров на частицах пыли. Интенсивность конденсации зависит от формы пылинок и упругости пара на поверхности пылинок. На пылинках неправильной формы с вогнутыми поверхностями пар конденсируется более интенсивно, чем на пылинках с шарообразной выпуклой поверхностью. С уменьшением размера пылевой частицы затрудняется конденсация водяных паров на ней.

5. В большинстве случаев пылевые частицы в зависимости от способа образования и химического состава обладают положительным или отрицательным электрическим зарядом. Эти заряды возникают в результате трения частиц о воздух, взаимного трения, соприкосновения со стенками кожуха укрытий, воздуховодов, протекания химических реакций или непосредственного действия ионизирующих факторов. Явление заряжания пылевых частиц можно объяснить тем, что ионы воздуха, наталкиваясь на пылевые частицы, ударяются о них и отдают им свои заряды. Пыли, содержащие свинец, цинк, медь, олово, магний и другие цветные металлы, приобретают отрицательный заряд.

При проектировании пылеулавливающих установок промышленной вентиляции на заводах цветной металлургии, кроме основных характеристик пылей, необходимо знать их концентрацию в очищаемом воздухе.

Концентрация пыли в аспирационном воздухе в большинстве процессов неодинакова даже по времени. Ее величина зависит от интенсивности технологического процесса в данный момент. При увеличении давления в аппаратах и скорости газов увеличивается количество пыли, выбрасываемой через неплотности оборудования в аспирационное укрытие. Концентрация пыли зависит и от технического состояния оборудования. Конструкция аспирационного укрытия оказывает большое влияние на уменьшение или увеличение концентрации пыли в отсасываемом воздухе. При более емких укрытиях (с двойными стенками или с устройством второго отбойного зонта) и при увеличении объема аспирационного воздуха с рециркуляцией концентрация пыли в нем уменьшается. Уменьшение скорости воздуха в патрубке, присоединяющем кожух укрытия к воздуховоду, снижает запыленность отсасываемого воздуха.

Концентрацию пылей и газов для каждой системы местной вытяжной вентиляции заводов цветной металлургии определить теоретически не представляется возможным. При проектировании новых установок местной вентиляции можно пользоваться данными, полученными для аналогичных систем, а при реконструировании можно производить замеры и определять концентрацию пыли для каждой системы в отдельности.

Ниже приводятся предельные концентрации (мг/м^3) запыленности воздуха, отсасываемого местной вытяжной вентиляцией, при нормальном состоянии технологического оборудования. Отбор проб воздуха для определения содержания пыли в нем производился перед его поступлением на очистку:

Дробилка:	
щековая	2620
короткоконусная	500
валковая	1200
Грохот	1500
Места пересыпки шихты	1100
Место выдачи годного агломерата со спекательной машины	6600
Место выгрузки оборотного агломерата	5400
Галерея транспортеров агломерата	3800
Колошниковая площадка	300
Разливочные ковши	500
Желоба и летки печей	380

Для установления степени обеспыливания вентиляционных газов, выбрасываемых в атмосферу, следует знать предельное содержание пыли в них, при котором в местах приземления этих газов концентрация пыли была бы в пределах санитарных норм.

Предельно допустимая концентрация пыли в холодных вентиляционных газах после очистки на уровне дыхания человека может быть определена по формулам, приведенным в санитарных нормах.

Вентиляционный воздух вытяжной вентиляции и аспирационных систем отличается от технологических газов заводов цветной металлургии меньшими концентрациями пыли и газа, меньшей температурой газо-воздушной смеси.

В основу метода обеспыливания вентиляционного вытяжного воздуха перед выбросом его в атмосферу положена коллекторная система, объединяющая разбросанные системы с двухступенчатой очисткой от пыли. Первая ступень очистки осуществляется в непосредственной близости от аспирационных или газоотсасывающих систем до места их объединения. Вторая ступень—коллективная очистка перед выбросом в атмосферу. В некоторых случаях вторая ступень очистки может быть заменена выбросом в атмосферу через высокие вентиляционные или дымовые трубы. Возможность такого решения должна быть подтверждена расчетом рассеивания запыленного воздуха в атмосфере, основанным на предельно допустимых разовых концентрациях в зоне приземления выбросов на расстояние 20 высот вентиляционных (дымовых) труб.

Вторая ступень очистки вентиляционного воздуха может быть объединена с очисткой технологических газов от пыли. Этот воздух используется для охлаждения технологических газов перед фильтрами. Объем вентиляционного воздуха, подлежащего обеспыливанию, как правило, в 2—2,5 раза больше объема технологических газов, выбрасываемых в атмосферу.

Первая ступень обеспыливания может осуществляться в аппаратах, основанных на использовании центробежной силы. В аспирационных системах возможно применение устройств для предварительного осаждения крупной пыли в виде емких зонтов, зонтов с двойными стенками, навески цепей или канатов на пути движения запыленного воздуха и др. Возможны также устройства для коагуляции пыли путем увеличения турбулентности воздуха, смачивания пыли.

Выбор оборудования зависит от целого ряда факторов:

1) температуры и влажности воздуха, поступающего в пылеуловитель, а также наличия в нем других примесей;

2) физико-химической характеристики пыли, дисперсного состава, гигроскопичности, склонности к коагуляции и способности цементироваться, воспламеняемости и взрываемости, смачиваемости, электрических и других свойств;

3) запыленности очищаемого воздуха и колебания концентрации пыли по величине и во времени;

4) объема очищаемого воздуха и его изменения;

5) требуемой степени очистки воздуха или предельной остаточной концентрации пыли в очищенном воздухе;

6) способов удаления уловленной пыли и периодичности ее удаления;

7) места расположения пылеуловителей по отношению к вентилятору и месту отсоса запыленного воздуха;

8) способа очистки запыленного воздуха.

На заводах цветной металлургии для обеспыливания аспирационного воздуха складов концентратов, дробильных и агломерационных цехов, а также вентиляционного газа, отсасываемого от колошников шахтных печей плавильных цехов, на первой ступени применяют циклоны различных конструкций.

На основании испытаний НИИОгаза для использования в аспирационных системах заводов цветной металлургии можно рекомендовать циклоны.

В лучших конструкциях циклонов эффективно улавливаются частицы пыли с размерами более 3—5 мкм, частицы с размерами до 1—2 мкм улавливаются не более чем на 25—40%. Для эффективного улавливания этих пылей и пылей с меньшими размерами частиц применяются мокрые пылеуловители.

Для улавливания пылей в цветной металлургии применяют скрубберы ударного действия. К этим аппаратам относятся мокрый пылеуловитель типа «Ротоклон Н», скруббер Дойла и скруббер ударного действия (рис. 128). В этих скрубберах воздуш-

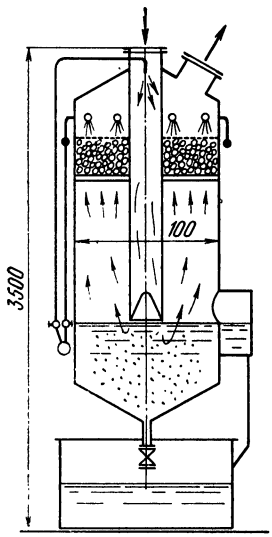


Рис. 128. Схема скруббера ударного действия

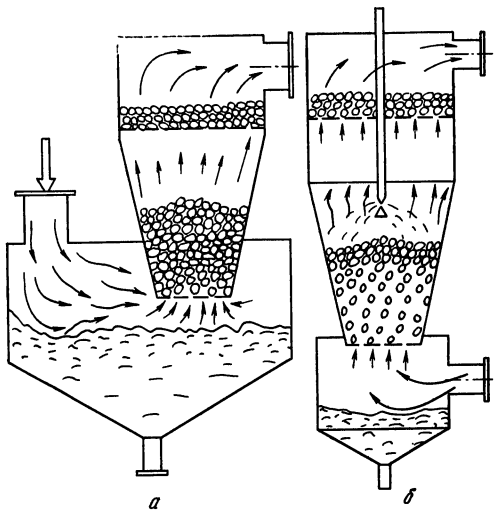


Рис. 129. Скруббер с псевдоожиженной конической насадкой из ионизированных шаров эжекционного (*а*) и форсуночного (*б*) типа

ный поток проходит сопло-ускоритель и со скоростью 40—50 м/с ударяется о поверхность жидкости. Основным фактором, определяющим эффективность улавливания пыли, является скорость воздуха в сопле и, в меньшей степени, интенсивность орошения. В некоторых из этих пылеуловителей используется несколько принципов осаждения пыли одновременно.

В последнее время нашли применение скрубберы с плавающей насадкой, состоящей из легких полиэтиленовых или полипропиленовых шаров диаметром около 40 мм, свободно движущихся между верхней и нижней решетками, ограничивающими слой. Контакт запыленного воздуха с водой или другой жидкостью происходит на поверхности смоченных шаров и в струях между ними. Находящиеся в постоянном движении шары взаимно очищаются.

Мокрое пылеулавливание целесообразно использовать для технологических газов в качестве предварительной подготовки газа к основной очистке в рукавных фильтрах или электрофильтрах, для охлаждения газов до температуры, при которой невозможно загорание пыли и материала фильтров. При очистке вентиляционных газов аспирационных систем мокрым способом значительное место занимает шламовое хозяйство.

Общий вид конических скрубберов с подвижной шаровой насадкой и форсуночной или эжекционной подачей воды для смачивания шаров приводится на рис. 129.

Принципиальной особенностью подвижной шаровой насадки в коническом слое является создание высокоразвитой поверхности обмена на большой высоте слоя насадки при сравнительно низких скоростях движения очищаемого воздуха. Это в свою очередь обусловливает гидравлическое сопротивление аппаратов в 800—1400 Н/м^2 (80—140 мм вод. ст.). Насадка наиболее интенсивно «кипит» у нижнего основания конуса, постепенно «затухая» по высоте. Поэтому верхние слои шаров, будучи малоподвижными, служат для улавливания брызг, образующихся в большом количестве в подвижной части шаровой насадки. В цилиндрической части аппарата предусматривается решетка со слоем шаров около 150 мм для более полного улавливания брызг.

Исследования конического кипящего слоя орошаемой насадки из полиэтиленовых шаров диаметром 34—50 мм показали, что его максимальная улавливающая способность достигается при статической высоте 500—800 мм. При этом скорость газов на входе в слой составляет в среднем 8 м/с и на выходе 1,5 м/с.

Применение мокрого пылеулавливания необходимо при очистке паро-воздушной смеси. Возможна также установка скрубберов ударного действия во второй ступени очистки вентиляционного воздуха перед его выбросом в атмосферу.

Развитие инерционного пылеулавливания в циклонах и мокрых пылеуловителях идет по пути усовершенствования конструкций аппаратов и отдельных узлов с целью повышения коэффициента осаждения пыли. Это — циклоны с регулируемой площадью поперечного сечения в зависимости от газовой нагрузки (для поддержания постоянной скорости вращения воздушного потока); циклоны с внутренними устройствами, способствующими увеличению окружной скорости газового потока; циклоны, в которых подключаются различные секции в зависимости от крупности пылевых частиц; устройство выхлопной трубы, предотвращающей унос пыли потоком очищенного воздуха; устройство в циклонах и скрубберах ионного пылеосаждения; циклоны, в которых цилиндрическая часть выполняется из фильтрующих материалов; безнасадочные скрубберы, в которых наряду с промывкой запыленного воздуха, изменяется направление его движения; устройство насадки в скрубберах; скрубберы, в которых изменяется направление движения орошаемой жидкости по отношению к потоку воздуха; усовершенствование конструкций для создания равно-

мерной плотности водяной завесы по всему сечению скруббера и высоты промывной части; конструкция труб Вентури, в которых предусмотрено устройство для изменения площади поперечного сечения горловины в зависимости от воздушной нагрузки.

Для второй ступени обеспыливания вентиляционнных газов перед выбросом их в атмосферу получили большое распространение тканевые фильтры. При прохождении запыленного воздушного потока через чистую ткань пыль осаждается в основном в результате столкновения с волокнами и нитями ткани и прилипания пылинок к волокнам. Так как волокна для воздуха непроницаемы, то воздушный поток при встрече с ними огибает их. Крупные и тяжелые частицы под действием силы инерции сохраняют прямолинное направление движения или мало отклоняются от него и прилипают к волокнам. У мелких частиц сила инерции мала, и поэтому вместе с воздушными потоками они могут обогнуть волокно. Однако самые малые частицы вследствие броуновского движения могут прилипнуть к волокну.

При осаждении пылинок на волокнах уменьшается размер пор, что приводит к более быстрому осаждению следующих порций пыли. Поэтому после пропускания через ткань некоторого количества запыленного воздуха в слое ткани со стороны поступления воздушного потока практически все поры заполняются пылью, и в дальнейшем воздушный поток будет проходить через поры в слое осевшей пыли. Такой слой называется первичным слоем пыли (пылеслой). Пористость такого слоя составляет 80—95%. С увеличением пылевого слоя увеличивается гидравлическое сопротивление фильтра и вследствие этого уменьшается его производительность. Накапливающаяся на фильтрующей поверхности пыль периодически удаляется с помощью различных устройств для регенерации.

В зависимости от расположения фильтрующего материала фильтры подразделяют на рукавные, жесткокаркасные, кассетные, ячейковые, рулонные, шторные и др.

Рукавные фильтры разделяются по следующим признакам: 1) по способу подачи запыленного воздуха (поступает воздух в фильтр под давлением или отсасывается из него; на заводах цветной металлургии предпочтительна работа фильтров под разрежением); 2) по размерам фильтровальных рукавов; 3) по количеству рукавов в секциях фильтров; 4) по методу регенерации (аппараты с регенерацией путем отряхивания рукавов, отряхиванием и одноременно обратной продувкой воздухом, продувкой очищенным воздухом, прерывистой продувкой очищенным воздухом, струйной продувкой, продувкой перемещающимся соплом, импульсной продувкой сжатым воздухом).

Метод регенерации тканевых фильтров очень важен для обеспечения эффективности улавливания пыли при минимальном сопротивлении и увеличении срока службы тканей.

Необходимость очистки до санитарной нормы технологических и вентиляционных газов от весьма дисперсной пыли привела к созда-

нию конструкции рукавного фильтра со струйной продувкой, в котором слой пыли удаляется с ткани струей сжатого воздуха при помощи перемещаемого по высоте рукава кольца со щелью. Воздушная нагрузка в таких фильтрах с применением плотных тканей 600—900 м³/(м²·ч). При улавливании возгонов и пылей небольшой концентрации нагрузки возрастают до 1200—1500 м³/(м²·ч).

На рис. 130 показана конструкция промышленного рукавного фильтра со струйной продувкой. В качестве фильтровальной ткани принимается лавсан или двуслойный нитрон с диаметром рукава 220±5 мм. Результаты испытания одной секции показали, что

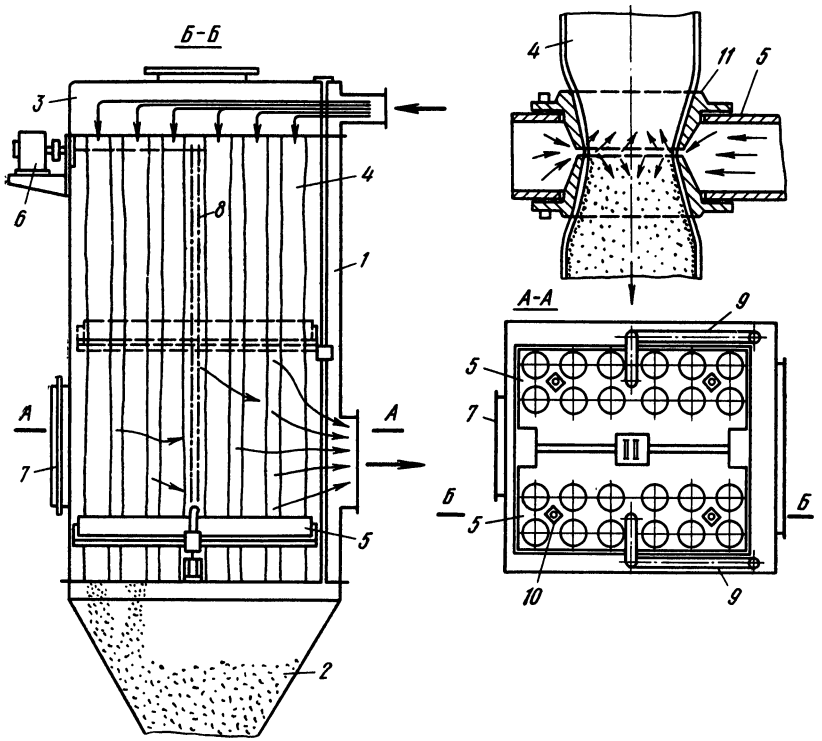


Рис. 130. Схема секции рукавного фильтра со струйной продувкой ткани для санитарной доочистки вентиляционных газов:
1 — корпус фильтра; *2* — бункер; *3* — камера запыленного воздуха; *4* — рукава; *5* — продувочное устройство; *6* — привод продувочного устройства; *7* — люки; *8* — тяговые цепи; *9* — гибкие шланги сжатого воздуха; *10* — направляющие стойки обдувочного устройства; *11* — разъемные сопла обдувочного устройства

при оптимальном режиме работы (скорость фильтрации воздуха 5 м/мин), максимальном гидравлическом сопротивлении ткани 2500 Н/м² (250 мм вод. ст.) и начальной запыленности в среднем 200 мг/м³ обеспечивается эффективная и устойчивая очистка воздуха до остаточной запыленности 2—4 мг/м³. Расход воздуха на продувку от 2000 до 4500 м³/ч при избыточном давлении 0,035—0,1 МН/м² (0,35—1,0 ат).

Во ВНИИцветмете разработан и испытан рулонный фильтр с

обратной струйной продувкой фильтровальной ткани. Фильтр состоит из корпуса, верхнего и нижнего натяжных барабанов, опорных роликов и сетки, щелевой насадки для обратной продувки ткани. Опорные ролики покрыты резиной для уменьшения скольжения ткани и установлены на подшипниках (рис. 131).

Принципиальным отличием конструкции данного фильтра является реверсивное перемещение ткани и возможность обратной струйной продувки. Ткань перематывается при помощи электродвигателя с редуктором. Обратная продувка осуществляется сжатым воздухом с отсосом пыли в систему аспирации.

В цветной металлургии для очистки технологических газов от промышленной пыли и особенно от возгонов широкое распространение получили электрические фильтры. В них под действием электрического разряда происходит ионизация газовой среды, заряжение пылевых частиц и перемещение их к осадительным электродам. Осевшая на электродах пыль стряхивается путем механического воздействия или сдувается струей газа. В эксплуатации электрические фильтры требуют большого внимания и постоянного наблюдения за работой. Изменение параметров и режима подачи газа сильно отражается на эффективности улавливания пыли.

Применение электрофильтров в качестве второй ступени очистки вентиляционных газов перед выбросом в атмосферу ограничено.

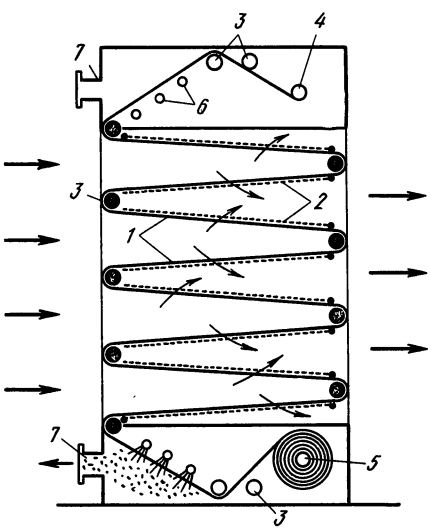


Рис. 131. Схема рулонного фильтра с обратной продувкой:
1 — фильтровальная ткань; *2* — опорная сетка; *3* — ролик с резиновой обкладкой; *4, 5* — верхняя и нижняя катушки; *6* — форсунки для сжатого воздуха обдувочной установки; *7* — патрубки пылесосной установки

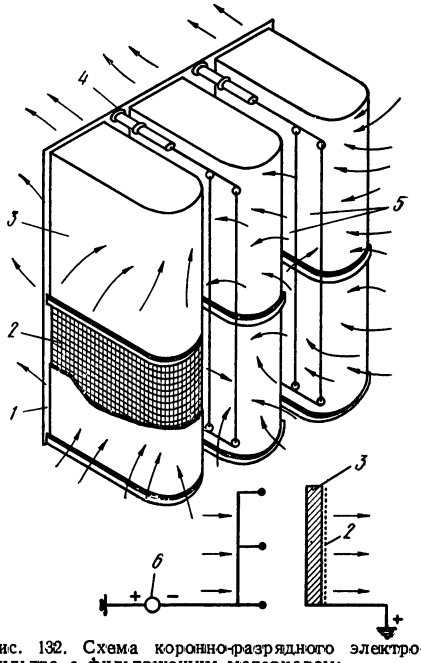


Рис. 132. Схема коронно-разрядного электрофильтра с фильтрующим материалом:
1 — каркас; *2* — сетки осадительная и опорная; *3* — фильтрующий материал; *4* — изоляторы; *5* — коронирующие электроды; *6* — выпрямитель электрического тока

В последнее время разработана конструкция коронно-разрядных фильтров с фильтрующим материалом (рис. 132). В качестве фильтрующего материала рекомендуется применять для этих фильтров пенополиуретан (поропласт полиуретановый).

Принцип действия коронно-разрядного фильтра с фильтрующим материалом из пенополиуретана заключается в следующем: пылевые частицы получают во внешней зоне коронного разряда ионный заряд. Под действием увлекающей силы воздушного потока и сил электрического поля коронного разряда заряженные пылевые частички проникают в фильтрующий материал, где на них дополнительно действуют индукционные силы. Вследствие этого достигается повышение фильтрующей способности пенополиуретана, а тем самым и высокая эффективность электрофильтра. От пыли пенополиуретана можно очищать водой, без добавок специальных растворителей. Промывка этого материала не отражается на его фильтрующей способности.

Коронно-разрядный электрофильтр может быть выполнен в виде кассетных секций, представляющих собой металлический каркас, на который натянута металлическая заземленная сетка. Сверху сетки укладывают фильтрующий материал, а в расширенной части каркаса на изоляторах подвешивают проволочные коронирующие электроды. Такие фильтры, состоящие из несколько кассет, могут устанавливаться в вентиляционных проемах цеха, в фонарных фрамугах.

На заводах цветной металлургии вентиляционный воздух аспирационных систем и общеобменной вытяжной вентиляции содержит газы, выделяющиеся при металлургических процессах.

Самостоятельная очистка вентиляционных выбросов от газов на заводах цветной металлургии не производится. Эти выбросы очищаются совместно с технологическими газами при условии, если разбавление их не снижает качества очистки. Высокая стоимость и сложность эксплуатации газоочистных устройств делает индивидуальную очистку вентиляционного воздуха нерентабельной.

При невозможности совместной химической очистки вентиляционных выбросов с технологическими газами в общезаводских очистных сооружениях следует выбрасывать вентиляционный воздух через высокие трубы или шахты с расчетом рассеивания его в атмосфере.

Способ рассеивания газов в атмосфере не может, конечно, решать полностью проблему оздоровления окружающей атмосферы. Он приводит лишь к частному уменьшению концентрации газовых загрязнений в атмосферном воздухе, но район загазованности при этом значительно увеличивается. Следует учитывать также возможность аккумулирования газов в почве и растениях.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Выписка из Перечня предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны, утвержденного Главным санитарным врачом СССР 30 апреля 1970 г.

Вещества	Величина ПДК, *мг/м³*	Агрегатное состояние[1]	Вещества	Величина ПДК, *мг/м³*	Агрегатное состояние[1]
Алюминий и его сплавы	2	—	Сулема (ртуть двухлористая)	0,1	а
Алюминия окись в виде аэрозоля конденсации	2	—	Свинец и его неорганические соединения	0,01	а
Алюминия окись в виде аэрозоля глинозема	6	—	Селенистый ангидрид	0,1	а
Железный и никелевый агломераты	4	—	Серная кислота, серный ангидрид	1	а
Известняк	6	—	Сернистый ангидрид	10	п
Кремнемедистый сплав	4	—	Сероводород	10	п
Кадмия окись	0,1	а	Сероводород в смеси с углеводородом	3	п
Кобальт металлический и окись кобальта	0,5	а	Сероуглерод	10	п
Кобальт гидрокарбонил	0,01	п	Соляная кислота	5	п
Марганец	0,3	а	Таллия иодид, бромид	0,01	а
Медь	1,0	а	Теллур	0,01	а
Мышьяковый и мышьяковистый ангидриды	0,3	а	Титан и его двуокись	10	—
Мышьяковистый водород	0,3	п	Титан четыреххлористый	1	п
Никель и его окись, закись, сульфид	0,5	а	Углерода окись	20	п
Никеля карбонил	0,0005	п	Углерод четыреххлористый	20	п
Никеля соли в виде гидроаэрозоля	0,005	а	Фтористый водород	0,5	п
Озон	0,1	п	Хлор	1	п
Ртуть металлическая	0,01	п	Хлора двуокись	0,1	п
			Хлористый водород	5	п
			Цинка окись	6	а
			Щелочи едкие	0,5	а

[1] *а* — аэрозоль, п — пыль.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ЖУРНАЛ

эксплуатации и ремонта вентиляционных устройств
Первая половина журнала (50 стр. разграфлены через 8 мм).

№ п. п.	Дата	Отметки о состоянии вентиляционных установок	Дежурный слесарь (электрик)
1	2	3	4

Вторая половина (30 стр.)

Вид ремонта и установки	Начало работы	Окончание работы	Краткое описание произведенного ремонта	Оценка качества выполненных ремонтных работ при их приемке	Кем произведен ремонт
1	2	3	4	5	6

Примечание. В первой половине журнала указывают причины, по которым установка находится в нерабочем или неудовлетворительном состоянии. Если установка исправна, но не используется, необходимо указать причины. Если установка действует, но в ее работе постоянно имеются одни и те же неполадки, о них необходимо сделать запись.

Наименование организации

Согласовано:

Начальник _____

_____

«_____» _____ 197 г.

Утверждаю:

Главный инженер _____

_____ / _____ /

«_____» _____ 197 г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ

вентиляционной установки

№_____

цеха_____

Паспорт составил:

_____

_____

_____ / _____ /

«_____» _____ 197 г.

Паспорт проверил:

_____

_____

_____ / _____

«_____» _____ 197 г.

Паспорт составлен в соответствии с СН 271—64 СНиП I-Г5—62

Объект _____

Цех _____

Отделение _____

А. Общие сведения

Назначение вентиляционной установки _____

Режим работы вентиляционной установки _____

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 Н/м² (кгс/м²)	Диаметр шкива, мм	Число оборотов в 1 мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9
По проекту								
Фактически								

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Данные	Тип	Мощность, кВт	Скорость вращения, об/мин	Диаметр шкива, мм	Вид передачи
1	2	3	4	5	6
По проекту					
Фактически					

КАЛОРИФЕРНАЯ УСТАНОВКА

Данные	Тип, модель, или размеры, мм	Схема установки	Сопротивление прохождению воздуха, Н/м² (кгс/м²)	Параметры теплоносителя		Температура воздуха, °С		Теплопроизводительность, Вт (ккал/ч)		Примечание
				пар	вода	до калорифера	после калорифера	по результ. испыт.	по расчетной температуре	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
По проекту										
Фактически										

ПЫЛЕОЧИСТИТЕЛЬ

№ п. п.	Данные	Наименование	Номер	Количество	Производительность, м³/ч		подсос или выбивание, %	Сопротивление, Н/м² (кгс/м²)
					до устройства	после устройства		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
По проекту								
Фактически								

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЫЛЕОЧИСТИТЕЛЯ

Тип	№ или размер	Установка (до или после вентилятора)	Улавливаемая пыль	Общий расход воды, л/ч	Удельный расход воды, л/ч	Давление воды, Н/м² (кгс/м²)	Полный напор до очистителя, Н/м² (кгс/см²)	Полный напор после очистителя, Н/м² (кгс/м²)	Сопротивление, Н/м² (кгс/м²)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Продолжение

Объем воздуха, м³/ч		Подсос, %	Содержание пыли, мг/м³		Пылевой баланс, мг/ч			Эффективность, %
до очистителя	после очистителя		до очистителя	после очистителя	пришло	уловлено	ушло	
11	12	13	14	15	16	17	18	19

УВЛАЖНИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

Данные	Насос				Электродвигатель				Распылители	
	производительность, м³/ч	напор, Н/м² (кгс/см²)	диаметр шкива, мм	скорость вращения, об/мин	тип	мощность, кВт	диаметр шкива, мм	скорость вращения, об/мин	тип	количество
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
По проекту										
Фактически										

АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

вентиляционной установки после регулировки

№ точек замеров	Производительность, м³/ч		Невязка ± %	№ точек замеров	Производительность, м³/ч		Невязка ± %	№ точек замеров	Производительность, м³/ч		Невязка ± %
	по проекту	фактически			по проекту	фактически			по проекту	фактически	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ВЕДОМОСТЬ

дефектов вентиляционных установок

Предприятие . . . . . Цех . . . . . .

№ п. п.	Наименование и номер системы	Дефекты систем и мероприятия по их устранению	Срок для ликвидации указанных дефектов
1	2	3	4

СПИСОК

лиц, ответственных за техническое состояние вентиляционной установки, и форма заполнения паспорта

№ п. п.	Фамилия, имя и отчество	Должность	Подпись
1	2	3	4

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Количество тепла, выделяющегося от нагретых поверхностей технологического оборудования при различной температуре воздуха в цехах (по формуле Стефана — Больцмана — Нуссельта), Вт/м² [ккал/м²·ч)]

Температура поверхности оборудования, °С	Расположение и форма поверхностей нагрева					
	вертикальное	цилиндр	горизонтальное	вертикальное	цилиндр	горизонтальное
	Температура помещения 30°С			*Температура помещения 25 °С*		
40	99 (85)	106 (91)	112 (96)	155 (133)	165 (142)	176 (151)
50	221 (191)	236 (204)	252 (217)	281 (242)	300 (259)	320 (276)
60	359 (309)	383 (330)	406 (350)	446 (384)	475 (410)	505 (434)
70	566 (488)	570 (490)	578 (498)	573 (494)	615 (530)	643 (554)
80	670 (576)	715 (616)	760 (656)	736 (635)	790 (680)	840 (724)
90	841 (725)	853 (735)	955 (824)	911 (785)	975 (840)	1041 (895)
100	1030 (883)	1100 (943)	1180 (1003)	1100 (944)	1200 (1037)	1250 (1076)
110	1240 (1050)	1300 (1121)	1385 (1193)	1285 (1112)	1380 (1188)	1470 (1263)
120	1450 (1226)	1520 (1309)	1620 (1390)	1500 (1291)	1551 (1339)	1700 (1467)
130	1642 (1414)	1750 (1508)	1860 (1602)	1730 (1479)	1835 (1580)	1950 (1679)
140	1870 (1610)	1980 (1717)	2220 (1824)	1949 (1676)	2035 (1789)	2200 (1900)
150	2110 (1817)	2240 (1936)	2382 (2057)	2182 (1885)	2330 (2010)	2470 (2133)
160	2350 (2034)	2520 (2166)	2660 (2295)	2550 (2142)	2650 (2280)	2800 (2416)
170	2620 (2262)	2790 (2407)	2960 (2548)	2820 (2433)	3000 (2583)	3170 (2731)
180	2900 (2502)	3082 (2659)	3770 (2814)	3100 (2672)	3160 (2736)	3360 (2897)
190	3080 (2652)	3270 (2823)	3460 (2991)	3280 (2824)	3480 (3000)	3680 (3175)
200	3500 (3016)	3720 (3200)	3900 (3362)	3580 (3087)	3800 (3277)	4030 (3465)
210	3820 (3290)	4050 (3486)	4260 (3676)	3900 (3363)	4140 (3567)	4360 (3769)
220	3900 (3577)	4400 (3790)	4650 (4002)	4230 (3650)	4460 (3868)	4740 (4083)
230	4500 (3878)	4790 (4103)	5005 (4324)	4570 (3951)	4850 (4183)	5930 (4412)

Продолжение

Температура поверхности оборудования, °С	Расположение и форма поверхностей нагрева					
	вертикальное	цилиндр	горизонтальное	вертикальное	цилиндр	горизонтальное
	Температура помещения 20 °С			*Температура помещения 15 °С*		
40	211 (182)	226 (195)	252 (218)	269 (232)	287 (248)	307 (265)
50	343 (296)	365 (315)	390 (336)	402 (347)	433 (373)	460 (398)
60	485 (418)	520 (448)	555 (478)	548 (473)	590 (508)	618 (532)
70	641 (551)	686 (591)	735 (631)	705 (608)	757 (653)	800 (687)
80	805 (694)	866 (746)	920 (793)	875 (752)	938 (807)	1080 (861)
90	984 (845)	1055 (906)	1123 (966)	1050 (905)	1150 (971)	1200 (1036)
100	1163 (1006)	1250 (1078)	1335 (1150)	1240 (1066)	1360 (1142)	1410 (1219)
110	1365 (1175)	1460 (1258)	1551 (1339)	1435 (1238)	1540 (1327)	1642 (1414)
120	1575 (1355)	1680 (1449)	1791 (1544)	1648 (1418)	1760 (1519)	1870 (1617)
130	1795 (1544)	1935 (1650)	2020 (1758)	1915 (1648)	2025 (1761)	2180 (1872)
140	2018 (1742)	2160 (1861)	2300 (1984)	2100 (1808)	2240 (1933)	2380 (2056)
150	2263 (1952)	2420 (2083)	2570 (2212)	2340 (2018)	2500 (2155)	2660 (2291)
160	2520 (2170)	2680 (2315)	2860 (2467)	2595 (2237)	2770 (2388)	2940 (2536)
170	2781 (2400)	2960 (2557)	3150 (2712)	2860 (2468)	3050 (2632)	3240 (2793)
180	3070 (2641)	3270 (2812)	3460 (2986)	3149 (2711)	3350 (2888)	3560 (3062)
190	3360 (2894)	3565 (3078)	3790 (3260)	3450 (2963)	3660 (3154)	3880 (3311)
200	3662 (3157)	3900 (3354)	4110 (3543)	3740 (3228)	3990 (3432)	4220 (3633)
210	3991 (3435)	4228 (3646)	4480 (3858)	4070 (3505)	4320 (3723)	4560 (3937)
220	4320 (3723)	4561 (3948)	4850 (4168)	4400 (3794)	4670 (4026)	4950 (4255)
230	4680 (4025)	4950 (4264)	5200 (4492)	4750 (4093)	5050 (4339)	5350 (4582)
	Температура помещения 10 °С			*Температура помещения 5 °С*		
40	326 (281)	350 (301)	374 (323)	386 (332)	416 (358)	445 (383)
50	476 (410)	500 (430)	535 (460)	525 (453)	567 (488)	595 (512)
60	615 (528)	660 (568)	705 (607)	675 (582)	730 (627)	780 (671)
70	703 (664)	820 (704)	950 (810)	840 (721)	900 (776)	965 (830)
80	942 (810)	1020 (870)	1075 (931)	1020 (686)	1085 (934)	1140 (999)
90	1120 (964)	1200 (1036)	1285 (1108)	1180 (1022)	1280 (1098)	1365 (1175)
100	1310 (1127)	1400 (1210)	1500 (1291)	1490 (1288)	1485 (1278)	1585 (1364)
110	1510 (1300)	1620 (1394)	1730 (1489)	1580 (1361)	1680 (1452)	1820 (1561)
120	1610 (1381)	1840 (1587)	1970 (1695)	1920 (1643)	1925 (1655)	2060 (1767)
130	1950 (1672)	2040 (1791)	2220 (1911)	2020 (1736)	2160 (1861)	2310 (1984)
140	2225 (1913)	2370 (2044)	2520 (2173)	2240 (1937)	2410 (2074)	2570 (2210)
150	2430 (2083)	2590 (2228)	2760 (2369)	2500 (2148)	2670 (2299)	2850 (2447)
160	2180 (2304)	2880 (2461)	3050 (2616)	2760 (2370)	2940 (2534)	3110 (2695)
170	2940 (2536)	3140 (2706)	3330 (2874)	3030 (2603)	3230 (2780)	3440 (2954)
180	3230 (2789)	3450 (2972)	3660 (3155)	3310 (2856)	3560 (3036)	3750 (3223)
190	3560 (3032)	3751 (3228)	3980 (3417)	3600 (3100)	3840 (3304)	4080 (3505)
200	3840 (3302)	4100 (3513)	4340 (3725)	3900 (3366)	4160 (3584)	4420 (3808)
210	4370 (3575)	4419 (3800)	4660 (4021)	4240 (3644)	4500 (3876)	4770 (4105)
220	4500 (3865)	4770 (4105)	5030 (4333)	4560 (3935)	4860 (4182)	5150 (4424)
230	4850 (4168)	5150 (4422)	5430 (4658)	4940 (4239)	5240 (4499)	5540 (4757)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Брук А. Д. Тягодутьевые установки в металлургии. М. «Металлургия», 1965, 176 с. с ил.

Бутаков С. Е. Основы вентиляции горячих цехов. Свердловск, Металлургиздат, 1962, 284 с. с ил.

Вентиляция и кондиционирование воздуха. Справочник проектировщика под ред. Староверова И. Г. М., Стройиздат, 1969, 455 с. с ил.

Гордон Г. М., Пейсахов И. Л. Пылеулавливание и очистка газов. М., «Металлургия», 1968. 499 с. с ил.

Гримитлин М. И. Раздача воздуха через перфорированные воздуховоды. Л., ЛИОТ, 1960, 187 с. с ил.

Глушков Л. А. Защита от перегрева в горячих цехах. М., Металлургиздат, 1963. 215 с. с ил.

Еськов Г. Н. Сборник трудов № 7. М., Госстройиздат, 1961, (НИИСТ), с. 134—141 с ил.

Лакерник М. М., Пахомова Г. Н. Металлургия цинка и кадмия. М., Металлургия, 1969, 488 с. с ил.

Лакерник М. М. Металлургия свинца. М., Металлургия, 1965, 223 с. с ил.

Ломако П. Ф. Цветная металлургия от съезда к съезду М.. Металлургия, 1971, 96 с.

Молчанов Б. С., Четков В. А. Проектирование промышленной вентиляции. Л., Стройиздат. 1964, 278 с. с ил.

Обеспыливание воздуха на фабриках горно-обогатительных комбинатов. М., «Недра», 1972. 210 с. с ил. Авт.: И. И. Афанасьев, В. С. Ващенко, Г. С. Генералов и др.

Производственная санитария. Справочное пособие под ред. проф. Злобинского Б. М. М., «Металлургия», 1969, 688 с. с ил.

Руденко К. Г., Калмыков А. В. Обеспыливание и пылеулавливание при обработке полезных ископаемых. М., Изд-во по горному делу, 1963, 312 с. с ил.

Рысин С. А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов. М., Машгиз, 1961. 704 с. с ил.

Севрюков Н. Н. Металлургия цветных металлов. М., «Металлургия», 1969. 408 с. с ил.

Серенко А. С., Проценко Г. А. Шелекетин А. В. Обеспыливание воздуха на дробильно-сортировочных фабриках железной руды. Харьков, Металлургиздат, 1957. 169 с. с ил.

Тетеревников Н. Н. Отопление и вентиляция заводов черной металлургии и металлообрабатывающей промышленности. М., Стройиздат, 1950. 280 с. с ил.

Тополькая И. М., Дорогин П. В. Сборник научных трудов институтов охраны труда ЦВСПС, вып. 64, М. Профиздат, 1970, с. 10—22 с ил.

Указания по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ (СН 369—67). Л., Гидрометиздат, 1967, 46 с.

Фиалковская Т. Л. Сборник материалов семинара «Местная вытяжная вентиляция» М., МДНТП, 1969, с. 9—22 с ил.

Фильней М. И. Проектирование вентиляционных установок. М., «Высшая школа». 1966. 206 с. с ил.

Четков В. А., Энгель Л. К. Вентиляция цехов предприятий цветной металлургии. М., «Металлургия», 1968. 251 с. с ил.

Шепелев И. А. Сборник № 9. М., Стройиздат, 1961 (НИИСТ), с. 185—195.

Эльтерман В. М. Вентиляция химических производств. М., Стройиздат, 1967. 175 с.

Эрман И. М. Основы гигиены производственного микроклимата в горячих цехах. Л., «Медицина», 1964. 263 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3

Глава 1. Вентиляция на свинцовых заводах 6

Глава 2. Вентиляция на цинковых заводах 44

Глава 3. Вентиляция на медеплавильных заводах 65

Глава 4. Вентиляция на никелевых заводах 83

Глава 5. Вентиляция на алюминиевых заводах 101

Глава 6. Вентиляция на титано-магниевых заводах 124

Глава 7. Вентиляция на оловянных заводах 143

Глава 8. Вентиляционное оборудование 156

Вентиляторы 156
Калориферы 161

Глава 9. Эксплуатация вентиляции 167

Глава 10. Защита атмосферного воздуха от загрязнений вентиляционными газами 173

Приложения 194

Список литературы 200