

Б. С. МОЛЧАНОВ,
В. А. ЧЕТКОВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

ПОСОБИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВЩИКОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
Ленинград 1964 Москва

В книге рассматриваются вопросы проектирования промышленной вентиляции. Особое внимание обращено на определение количества удаляемого вентиляционного воздуха при локализации основных, наиболее часто встречающихся в практике вредностей. На конкретных примерах разобраны правильные и неправильные вентиляционные решения. Даны численные примеры, иллюстрирующие способы расчета воздухообмена, приведены данные о местных отсосах и укрытиях для различных случаев вентиляционной практики.

Книга является практическим пособием и предназначена для инженеров и техников, работающих по проектированию промышленной вентиляции. Она может оказаться полезной инженерам и техникам, эксплуатирующим вентиляцию на предприятиях.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленная вентиляция является одной из составляющих в сложном комплексе современного производства, направленной на удовлетворение двух самых главных принципов развития социалистической индустрии: создание условий работы, наиболее благоприятных для человека, и повышение производительности труда. В ряде случаев промышленная вентиляция обуславливает определенное состояние воздушной среды, нужное для технологического процесса. В подобных производствах промышленная вентиляция — прямая составляющая технологического процесса. В других случаях поддержание средствами вентиляции постоянной температуры и влажности предотвращает брак продукции.

В целях дальнейшего повышения эффективности промышленной вентиляции необходимы следующие основные условия:

- улучшение качества проектов;
- обеспечение крупных и сложных по производству строек авторским надзором;
- дальнейшее расширение ассортимента и улучшение качества вентиляционного оборудования;
- значительное улучшение эксплуатации вентиляции.

Предлагаемая книга является попыткой заполнить, хотя бы частично, пробел в литературе, посвященной проектированию вентиляции. Авторы не выдвигают новых теорий вентиляции, а лишь стремятся на конкретных примерах показать многообразие методов и приемов расчета воздухообменов. Кроме того, приводятся некоторые, не указанные в литературе практические и теоретические данные по ряду вопросов аспирации, по факельному выбросу и т. п.

Книга предназначена для инженеров и техников, знакомых с общими курсами вентиляции. Поэтому в ней отсутствуют неизбежные для учебников основные понятия. Подразумевается также, что читатель знаком с Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий СН 245—63, СНиП II-Г. 7-62, с

Указаниями по проектированию отопления и вентиляции производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий СН 7—57 и с иными ведомственными указаниями, а также с каталогами вентиляционного оборудования и со справочниками.

Книга мало затрагивает теоретические вопросы и не дает выводов каких-либо новых формул. Предлагая пользоваться формулами и данными, имеющимися в литературе, авторы тем не менее позволяют себе отнестись критически к некоторым положениям, изложенным в справочниках и официальных нормах.

Не имея возможности проанализировать вопросы вентиляции во всех отраслях промышленности, авторы ограничились рассмотрением лишь нескольких производств, дающих достаточную иллюстрацию методов и приемов, применяемых в промышленной вентиляции.

Главы с первой по восьмую написаны Б. С. Молчановым, а главы с девятой по одиннадцатую — В. А. Четковым.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

§ 1. ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ

Описание выпускаемых в СССР вентиляторов, их классификация и технические характеристики приведены в соответствующих справочниках и каталогах.

До недавнего времени пользовались большой популярностью центробежные вентиляторы типа ЭВР. Сейчас их производство прекращается. Тем не менее о них следует сказать несколько слов.

Достоинства вентиляторов типа ЭВР — легкость и компактность. Недостатки — низкий коэффициент полезного действия и малая прочность цельноштампованного колеса. Эти вентиляторы имеют большое количество лопаток, вследствие чего легко засоряются пылью и липкими осадками. Малая же жесткость колеса чрезвычайно затрудняет очистку. Вентиляторы типа ЭВР не пригодны для местной вытяжки из малярных и гальванических цехов (особенно при наличии хромовых ванн), а также для удаления дыма.

Центробежные вентиляторы типов Ц9—57 и Ц9—55 примерно равноценны по габаритам, числу лопаток и коэффициенту полезного действия. Благодаря более солидной конструкции колеса они могут работать при наличии в воздухе мелкой пыли (например, в системах аспирации после мокрой очистки воздуха). Однако удаление осадков с колеса ввиду значительного числа лопаток и их сложной формы также затруднительно.

Вентиляторы новой серии Ц4-70 характеризуются высоким коэффициентом полезного действия. Эти вентиляторы предназначены в основном для приточных систем и общеобменной вытяжки. Но они пригодны и для вытяжных систем с местными отсосами при отсутствии в удаляемом воздухе пыли. Относительно небольшое число лопаток облегчает их очистку. Но рекомендовать эти вентиляторы для вытяжки, скажем, от гальванических ванн не приходится. Вентиляторы типа Ц4-70 отличаются большим габаритом и весом в сравнении с вентилято-

рами ЭВР, но они значительно легче и компактнее, нежели вентиляторы типов Ц9—55 и Ц9—57.

Так называемые «пылевые» вентиляторы характеризуются прочным колесом с малым числом лопаток. Кроме своего прямого назначения — удаления загрязненного твердыми частицами воздуха, эти вентиляторы могут быть использованы для перемещения сред, образующих осадки. Очистка от осадков прочного шестилопастного колеса сравнительно проста и не грозит повреждением лопаток, как это может быть у вентиляторов других типов.

В группе пылевых вентиляторов особое место занимает серия Ц6—45 (ЦВА), изготавливаемая по ГОСТу 649—41. Эти вентиляторы (прежде они назывались «пылевые ЦАГИ»), хотя несколько устарели, тем не менее оказываются удобными именно для вытяжных систем, в которых есть опасность образования осадков на колесе. Вентиляторы типа Ц6—46 характеризуются малой прочностью рабочего колеса.

Как известно, осевые вентиляторы характеризуются относительно малыми давлениями при большой производительности. Этими свойствами определяется область их применения в промышленной вентиляции.

Преимущественное назначение осевых вентиляторов — вытяжные системы общеобменной вентиляции. Крупные осевые вентиляторы серии У-12 работают иногда и в качестве приточных.

В настоящее время изготавливаются осевые вентиляторы типа 06-320.

Установка малых осевых вентиляторов непосредственно в рабочих помещениях недопустима, так как они создают значительный шум, затемняют помещение, портят фасад и из-за больших диаметров выхлопных труб затрудняют выброс удаляемого воздуха выше кровли здания.

Если осевые вентиляторы устанавливаются в изолированных помещениях (камерах), никаких противопоказаний к их применению нет. Осевые вентиляторы вполне приемлемы в случае установки их в вытяжных шахтах на кровле, разумеется, при условии их доступности для обслуживания. Общеобменная вытяжная вентиляция горячих и сварочных цехов, гаражей и т. п. вполне может базироваться на осевых вентиляторах.

Из осевых вентиляторов специального назначения особый интерес представляют шахтные вентиляторы. Они с успехом используются в укрупненных центральных установках.

Осевой двухступенчатый шахтный вентилятор типа ВОКД-1,8 (изготавливается Каменским машиностроительным заводом) имеет рабочее колесо диаметром 1800 мм и при 750 об/мин дает производительность от 60 000 до 250 000 м³/ч, развивая полное давление от 90 до 260 кг/м². Потребляемая мощность — от 50

до 190 квт. При 1000 об/мин производительность—до 330 000 м³/ч давление — до 470 кг/м². Своим высоким давлением шахтные вентиляторы выгодно отличаются от осевых вентиляторов типа У-12.

Заканчивая краткий обзор вентиляторов, следует обратить внимание на отсутствие вентиляторов малой производительности (порядка 50—100 м³/ч). Потребность же в них очевидна.

Вентиляция боксов для расфасовки радиоактивных веществ требует расхода воздуха порядка 10—20 м³/ч на бокс, при одновременном создании разрежения в воздуховоде у бокса около 40—50 кг/м².

Для вентиляции боксов с малыми воздухообменами и большим сопротивлением при отсутствии малопроизводительных вентиляторов предлагается следующая схема.

Бокс присоединяется к обычному вентилятору с производительностью около 400—500 м³/ч. Часть воздуха засасывается из бокса (10—20 м³/ч), остальной воздух поступает из помещения через специальный обратный клапан, создающий в воздуховоде постоянное разрежение в 40—50 кг/м². Эскиз обратного клапана показан на рис. 1.

Отметим некоторые обстоятельства, которые следует учитывать при проектировании вентиляторных установок.

Как правило, вентилятор снабжается шибером или дроссель-клапаном (за исключением вентиляторов аварийной вытяжки). У центробежных вентиляторов шибер чаще всего устанавливается на напорной стороне, непосредственно у выхлопного отверстия. Это конструктивно, но в ряде случаев недопустимо по санитарным соображениям.

Даже лучшие конструкции клапанов и шиберов имеют неплотности, иногда весьма значительные. Через эти неплотности в помещение, где установлен вентилятор, выбрасывается воздух. Если в удаляемом вытяжной вентиляцией воздухе нет силь-

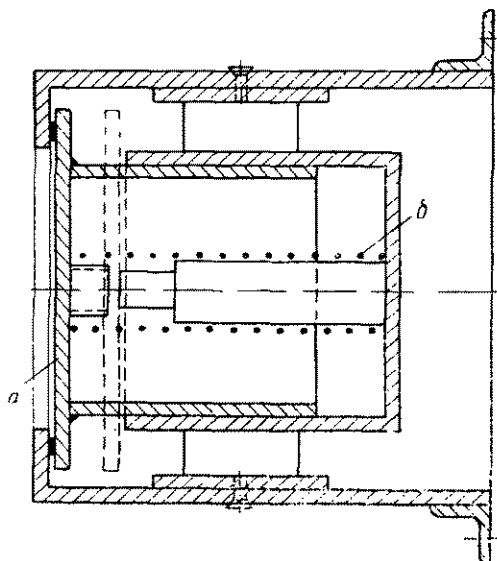


Рис. 1. Обратный клапан для создания в воздуховоде постоянного разрежения
а—подвижная часть клапана; б—пружина

но токсических веществ, выброс части воздуха в помещение может быть допустим. При наличии же в воздухе токсических веществ возможны тяжелые отравления.

Приведем следующий случай. В помещении одной типографии анализы обнаружили большое содержание свинца в воздухе (превышающее допустимое почти в сто раз). Обследование показало, что недавно смонтированная вентиляция с местными отсосами работает нормально и скорости в проемах укрытий соответствуют нормам. Но вытяжной вентилятор был установлен в том же помещении, что само по себе являлось ошибкой. Из щелей шибера вырывался воздух, насыщенный парами и аэрозолями свинца. Когда шибер перенесли на всасывающую сторону, вентиляция сразу стала эффективной.

Во всех случаях удаления токсических веществ (циан, мышьяк, селен, теллур, свинец, ртуть и т. п.) рекомендуется устанавливать шиберы на всасывающей стороне, независимо от места нахождения вентилятора, и заботиться о полной герметизации напорных воздухопроводов.

Из-за опасности проникновения токсических веществ категорически запрещается прокладка напорных воздухопроводов через рабочие помещения. В крайнем случае такая прокладка допустима с принятием особых мер предосторожности в части максимальной герметизации воздухопроводов.

Центробежные вытяжные вентиляторы, обслуживающие системы с факельным выбросом (или с мокрой очисткой воздуха), обязательно должны снабжаться устройством для удаления воды из кожуха. Обычно это сифонная трубка диаметром 20—50 мм с глубиной водяного затвора до 200 мм. Удаляемую через сифон воду желательно отводить в канализацию через трап. В больших вытяжных камерах устройство трапа в полу обязательно.

При установке вентилятора вне помещения устройство сифона невозможно. В этом случае отвод воды из кожуха может быть осуществлен обычным патрубком. Однако при этом надо помнить о возможном выбивании токсических вредностей.

При правильной эксплуатации вентиляторы редко выходят из строя, поэтому, как правило, они не дублируются. Только в особых случаях, когда недопустима даже кратковременная остановка вентиляции, дублирование вентиляторов диктуется необходимостью. При установке резервных вентиляторов, как правило, шиберы не устанавливаются.

Дублирование вентиляторов приточных систем не применяется. Исключением являются центральные приточные камеры. В этом случае необходим резервный приточный вентилятор.

Параллельная работа вентиляторов на одну сеть или даже на одну выхлопную трубу не рекомендуется, поскольку в этом случае почти неизбежно снижение производительности вентиляторов и уменьшение их коэффициента полезного действия. В не-

которых случаях, особенно при параллельном включении вентиляторов с разными характеристиками, возможны срывы работы отдельных вентиляторов.

Вопрос о том, где на промышленном предприятии следует располагать вентиляторы, решается в каждом конкретном случае по-разному, в зависимости от характера производства, местоположения промышленной площадки и размещения зданий на ней, а также с учетом эстетических требований. Тем не менее существуют некоторые принципиальные положения.

Располагать приточные установки неизолированно, а тем более вне зданий, — нерационально, а в ряде случаев и невозможно. Недопустимо, например, располагать приточную установку в цехе, в котором имеются токсические выделения. Подсос загрязненного воздуха в приточную систему (через неплотности ее всасывающей части) здесь просто опасен. Приточные установки — местные и центральные, — как правило, располагаются в изолированных помещениях — приточных камерах.

Со всех точек зрения (эстетической, эксплуатационной и санитарной) вытяжные вентиляторы следует устанавливать в изолированных вентиляционных камерах. Даже если вентиляторы устанавливаются вне здания, желательно их группировать и как-то изолировать от внешней среды (будки, навесы, кожухи). Установка вытяжных вентиляторов непосредственно в производственных помещениях допустима лишь как исключение, потому что любые вентиляторы непрерывно шумят, ухудшая тем самым условия работы в цехе.

Отметим совершенно справедливое замечание, изложенное в § 279 Указаний по проектированию отопления и вентиляции производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий СН 7—57. Этим замечанием запрещается размещение в общих помещениях (камерах) приточных систем с вытяжными, если последние удаляют токсические вредности (газы, пары, пыль и т. п.). Сказанное остается в силе даже при установке шиберов на всасывающей стороне вытяжных систем.

При удалении вытяжкой токсических веществ необходимо вентилировать вытяжные вентиляционные камеры. Желательно также создавать подпор в помещениях приточных камер, выпуская часть воздуха в эти помещения.

Приточные установки рекомендуется располагать на той же отметке, на которой находятся обслуживаемые ими помещения, или ниже их. Это особенно существенно при вредных и взрывоопасных выделениях. Если приточная установка расположена выше обслуживаемого ею помещения, то при ее бездействии вследствие самотяги возможно попадание в систему загрязненного воздуха. Предупредить это опасное явление возможно автоматическим устройством (блокировкой) утепленного клапана с вентилятором.

Вопрос о местах забора и выброса воздуха является спорным. Различные нормы дают разные рекомендации, порой противоречащие друг другу. Единственным конкретным указанием является примечание к § 200 СН 7—57, гласящее: «Устройство воздухозаборных шахт над кровлями зданий, из которых выделяющиеся вредности удаляются через фонари, не допускается».

В СН 111—60 рекомендуется (§ 40) принимать разность отметок воздухозаборного отверстия и устья вытяжной трубы не менее 6,0 м (воздухозабор располагается ниже выхлопа). По горизонтали же рекомендуется располагать воздухозабор в зоне, ограниченной радиусом, равным высоте вытяжной трубы; при невозможности устройства воздухозабора в указанной зоне допускается расположение его на расстоянии не менее 25 м от ближайшего выброса.

С этим нельзя согласиться. Если высота вытяжной трубы (от земли), скажем, равна 30 м, то согласно рекомендациям СН 111—60 воздухозабор следует располагать на горизонтальном расстоянии от выхлопа, колеблющемся от 0 до 30 м, лишь бы была соблюдена разность высот в 6 м. Такое произвольное расположение воздухозабора вряд ли логично.

В СН 155—61 по этому поводу сказано (§ 126): «Расстояние по горизонтали между местами расположения воздухозаборных и выбросных отверстий вентиляционных установок должно составлять не менее 12 м, а по вертикали — не менее 6 м». Это более конкретно и более приемлемо.

При выборе местоположения забора наружного воздуха и выброса загрязненного следует руководствоваться также СНиП II-Г. 7-62, § 4.50, изд. 1964 г.

Воздухозаборные отверстия, как правило, нужно располагать у поверхности земли, но не ниже 2,0—2,5 м от нее. Желательно располагать их в зоне от 3,0 до 6,0 м от уровня земли. Следует избегать забора воздуха над кровлей, а в случае невозможности соблюсти это условие, надо относить воздухозабор от места выхлопа (факельного) на расстояние не менее 10 м при нетоксических вредностях и не менее 15—20 м при вредностях токсических. При этом следует учитывать направление господствующих ветров.

§ 2. БОРЬБА С ШУМОМ И ВИБРАЦИЕЙ ПРИ РАБОТЕ ВЕНТИЛЯТОРОВ

При работе вентиляторных установок возникают два вида шума: аэродинамический — от вихрей, сбегających с лопастей колеса и образующих воздушные волны, и механический, возникающий от вибрации вентилятора и электродвигателя, а также от подшипников и передачи.

Механический шум тесно связан с вибрацией. Уменьшение вибрации как самого вентилятора, так и его основания одновременно уменьшает механический шум.

Вибрация вентиляторной установки вредна не только создаваемым шумом. Вызванные ею колебания строительных конструкций часто являются помехой технологическому процессу, не говоря уже о неприятном ощущении у людей. Например, в цехах точной механики или производства полупроводников, а также в лабораториях недопустима даже незначительная вибрация. В крайних же случаях, когда вибрация вентилятора ненормально высока, возможны даже разрушения строительных конструкций.

Основная причина вибрации вентилятора — неотбалансированное рабочее колесо. К сожалению, эта ненормальность наблюдается иногда и у новых вентиляторов. У бывших в работе, особенно подвергавшихся чистке вентиляторов разбалансировка рабочего колеса — явление частое.

Вибрация рабочего колеса наиболее ощутима при большом числе оборотов. Вентилятор, работающий «спокойно», скажем, при 600 оборотах в минуту, может оказаться совершенно нетерпимым при увеличении числа оборотов до 1000.

Установка вентиляторов непосредственно на металлических конструкциях или перекрытиях, даже при хорошо отбалансированном колесе неизбежно вызовет вибрацию строительных элементов здания, тем большую, чем выше число оборотов колеса.

Как правило, установка вентилятора без каких-либо амортизирующих устройств недопустима.

Наиболее простой способ уменьшения вибрации — эластичная подкладка под стойки вентилятора. Чаще всего применяют резину. Однако и эта простая конструкция требует вдумчивого подхода.

Если под стойку вентилятора положить резиновую (пробковую, войлочную) подкладку и затянуть фундаментный болт, то, возможно, окажется превзойденным допустимое удельное давление на подкладку, и она потеряет свои амортизирующие свойства. Практика показывает, что так в большинстве случаев и бывает.

Чтобы избежать «раздавливания» эластичной прокладки, следует помещать между стойкой вентилятора и прокладкой доску или металлическую пластину. В этом случае давление при затяжке болтов распределяется на большую площадь, и прокладка не теряет своих амортизирующих свойств. Еще лучше, если эластичная прокладка помещается между двумя досками или брусками: эластичность дерева создает добавочную амортизацию.

Простейшим амортизатором является конструкция, состоящая из деревянного (антисептированного) бруса (80—150 мм), резиновой прокладки (10 мм) и доски (40 мм). Такой амортизатор пригоден для установки на фундаменте, перекрытии и металлической конструкции.

Можно рекомендовать также так называемое «независимое крепление» (рис. 2). Здесь вентилятор крепится не к перекрытию или металлической конструкции, а к деревянному брусу, который в свою очередь прикрепляется к перекрытию. В данной конструкции деревянный брус также служит амортизатором.

Хороший виброизолятор — массивные железобетонные плиты, укладываемые на эластичных подкладках или пружинах. Вентиляторная установка крепится к плите. Плита же свободно лежит на перекрытии.

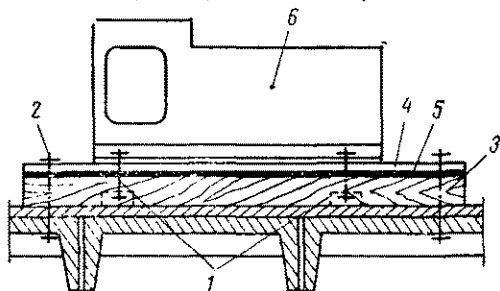


Рис. 2. Независимое крепление вентилятора

1—болт крепления вентилятора; 2—фундаментный болт; 3—брус; 4—доска; 5—резиновая прокладка; 6—станна вентилятора

Иногда установка вентилятора на массивной плите — единственный приемлемый способ. Это встречается при установке вентиляторов в подвалах с гидроизоляцией. В самом деле, при любом ином способе установки неизбежны фундаментные болты, то есть нарушение целостности гидроизоляции.

При установке вентиляторов на массивных плитах необходимо учитывать, что чем массивнее будет плита, тем лучше.

На основе практических данных автор рекомендует принимать вес плиты в 3—5 раз большим веса располагаемой на ней вентиляционной установки. Здесь надо принимать во внимание тип вентилятора и его размеры, число оборотов, возможность разбалансировки колеса и т. п.

Установив вес плиты с механизмами, нужно определить требуемую площадь эластичных прокладок.

Площадь прокладок определяется по формуле

$$S = \frac{P}{\sigma} \text{ [см}^2\text{]}, \quad (1)$$

где P — вес плиты и вентиляционной установки в кг;
 σ — допустимое удельное давление в кг/см².

Величину σ следует принимать:

для резины	2,0—3,0 кг/см ²
пробки	1,50
войлока	0,50

Толщина подкладок обычно берется от 30 до 100 мм. Подкладки располагаются в специальных углублениях, предусматриваемых в плите.

Для удобства крепления вентиляционной установки толщина плиты принимается в пределах 200—300 мм.

Надежными амортизаторами являются виброизолирующие основания с резиновыми (ВИР) и пружинными (ВИП) амортизаторами. Основание с пружинными амортизаторами наиболее совершенное. Но пружинные амортизаторы хороши только тогда, когда они тщательно подобраны и хорошо выполнены. Резиновые амортизаторы в этом отношении менее капризны.

В частных случаях, когда требуется особенно тщательно погасить вибрацию вентиляторных установок, размещаемых в первом этаже и подвале, прибегают к сочетанию из нескольких виброизолирующих средств. На рис. 3 показана одна из возмож-

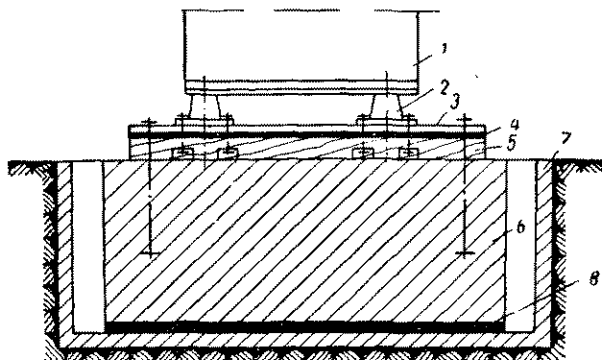


Рис. 3. Установка вентилятора при максимальной виброизоляции

1—рама вентилятора; 2—виброизолирующее основание типа ВИП; 3—доска; 4—резина; 5—брус; 6—фундамент; 7—прямой; 8—пробковая прокладка

ных комбинаций. Здесь имеется фундамент, установленный в специальном железобетонном прямке. Под фундаментом сплошная пробковая прокладка толщиной 30 мм. Вентилятор установлен на деревянных брусьях с независимым креплением, к которым крепятся пружинные виброизолирующие основания типа ВИП. Конечно, подобная установка — исключение.

Для уменьшения механического шума необходимы еще следующие мероприятия.

1. Во избежание передачи вибрации через воздуховоды следует предусматривать небольшую мягкую вставку (брезент, резина длиной 50 мм) между вентилятором и воздуховодами. Нет нужды делать из эластичного материала весь диффузор у вентилятора. Мягкий диффузор обычно не выполняет своего основного назначения из-за неправильной формы. Особенно это существенно для вытяжных систем, где мягкую вставку рекомендуется делать только на всасывающей стороне, осо-

бенно при токсических вредностях. В случае же необходимости иметь вставку на напорном воздуховоде, ее рекомендуется выполнять весьма тщательно (листовая резина, пластики).

2. Применять только клиновые ремни.

3. Устанавливать вентиляторы в специальных помещениях, огражденных звукоизолирующими перегородками.

4. При свободном входе воздуха в колесо вентилятора устанавливать коллектор обтекаемой формы или конус.

Аэродинамический шум зависит от конструкции колеса (числа и профиля лопаток), числа оборотов и режима работы вентилятора. Аэродинамический шум уменьшается при работе вентилятора с наивысшим коэффициентом полезного действия. Центробежные вентиляторы с лопатками, загнутыми назад, шумят меньше, нежели с лопатками радиальными или загнутыми вперед.

Самую большую зависимость величина аэродинамического шума имеет от окружной скорости колеса, то есть от числа его оборотов. Достаточно сказать, что при прочих равных условиях аэродинамический шум увеличивается пропорционально пятой степени изменения числа оборотов колеса. Поэтому во всех случаях, когда это возможно, следует уменьшать число оборотов до какого-то оптимального предела. Иначе говоря — не следует завышать давления, потребные для работы данной вентиляционной системы.

Не рекомендуется принимать сопротивления в приточных системах более 100 кг/м^2 .

Можно рекомендовать некоторые конструктивные мероприятия. Магистральный воздуховод выполнить из пористого материала и покрыть изнутри звукопоглощающей штукатуркой. Полезны в этом случае дополнительные повороты и разделения потоков. При необходимости более полного заглушения приходится прибегать к специальным шумоглушителям.

Следует учитывать, что шум от вентиляторных установок на промышленном предприятии ощущается, когда вентиляторы расположены в рабочем помещении или вне здания поблизости от окон. Если вентилятор при этом не укрыт звукоизолирующим кожухом, шум передается в помещение через раскрытые окна (в теплый период года). Не следует также размещать вентиляционные установки поблизости от конторских помещений, конструкторских бюро и тому подобных помещений.

§ 3. КАЛОРИФЕРНЫЕ УСТАНОВКИ

Необходимым элементом калориферной установки (независимо от теплоносителя) является обводный клапан. Существовавшая одно время тенденция обходиться без обводного клапа-

на при обогреве калориферов водой оказалась несостоятельной. Даже при теплоносителе — воде и автоматическом регулировании подачи теплоносителя не удается держать постоянную температуру приточного воздуха. При теплоносителе — паре, нечего и говорить о достижении постоянной температуры воздуха при отсутствии обводного клапана.

В литературе почти не имеется указаний по расчету и подбору обводных клапанов. В некоторых альбомах типовых деталей одни и те же клапаны рекомендованы для одного калорифера и для двух-трех таких же калориферов. Это неправильно. Чтобы иметь возможность регулировать температуру воздуха, особенно в так называемый переходный период, обводный клапан должен иметь достаточный проход. Только тогда удастся большую часть воздуха пропустить мимо калориферов.

Сечение обводного клапана при полном его раскрытии должно быть не менее 70% от живого сечения калориферов. Однако при паровом обогреве этого оказывается недостаточно для точной регулировки, и приходится дополнительно перекрывать живое сечение калориферов.

Конструктивно обводные клапаны выполняются по следующим трем схемам (рис. 4). Вертикальный обводный клапан, обычно применяемый при числе калориферов не больше четырех. Горизонтальный обводный клапан, применяемый при любом числе калориферов. Двойной многостворчатый клапан. При открытии створок собственно клапана нижние створки закрывают калорифер. Подобные клапаны устанавливаются в системах приточной вентиляции, когда необходима точная регулировка температуры подаваемого воздуха (например воздушные души). Аналогичные клапаны несколько усложненной конструкции применяются в кондиционерах.

Типовые вертикальные клапаны обладают крупным конструктивным недостатком: полотно клапана не подвешено, а опира-

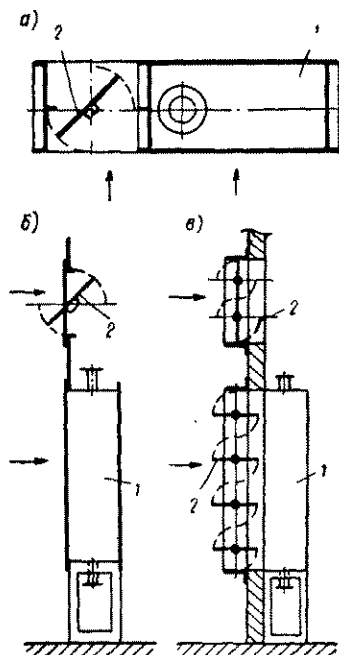


Рис. 4. Схемы установки обводных клапанов у калориферов

а—вертикальный обводный клапан; б—горизонтальный обводный клапан; в—двойной многостворчатый клапан; 1—калорифер; 2—обводный клапан

Сказанное относится только к общеобменной приточной вентиляции. Однако при больших кратностях обмена фильтрация приточного воздуха все же желательна.

Отметим необходимость фильтрации приточного воздуха по санитарным соображениям, независимо от состояния наружной среды, в следующих случаях.

1. Общеобменный приток в столовых и иных пунктах питания, в заводоуправлениях, конструкторских бюро, на предприятиях пищевой промышленности, в химических лабораториях и особенно в тех помещениях, где имеются радиоактивные вещества.

2. В системах местной приточной вентиляции — при воздушном душировании, при вентиляции кабин крановщиков, при создании «оазисов» и во всех аналогичных случаях, когда приточный воздух подается непосредственно на человека или вблизи от него.

3. Во всех случаях — на промышленных предприятиях, загрязняющих воздушный бассейн технологическими выбросами (например, металлургические, гидролизные заводы).

На некоторых заводах цветной металлургии запыленность атмосферного воздуха в сотни раз превышает допустимую. Для уборки пыли, оседающей на территории предприятия, приходится содержать специальные цехи, оснащенные пылеуборочными машинами. На таких предприятиях, помимо устройства пылеулавливающих установок, фильтрация приточного воздуха необходима даже в тех случаях, когда воздухозабор отнесен на 200—300 м от территории завода.

Масляные фильтры, обычно применяемые для санитарно-гигиенической очистки воздуха, дают вполне удовлетворительную степень очистки. В зависимости от местных условий и количества очищаемого воздуха применяются ячеиковые масляные фильтры, а также фильтры самоочищающиеся.

В ряде случаев фильтрация воздуха диктуется производственным процессом. Для некоторых производств (гальванические и малярные цехи, цехи сборки) достаточной является фильтрация при помощи масляных фильтров. Для иных требуется более тонкая фильтрация (например, цехи производства полупроводников, цехи точной механики и приборостроения). Для более тонкой фильтрации применяются бумажные ячеиковые фильтры, а также электростатические фильтры из специальной ткани ФПП-15 (так называемые фильтры «Лайк»).

На рис. 6 показана ячейка фильтра «Лайк» производительностью 2000—2500 м³/ч при сопротивлении 20—25 кг/см². Вес ячейки 14 кг, расходы ткани ФПП-15—22 м.

Фильтры из ткани ФПП-15 применяются, в частности, для улавливания радиоактивной пыли. В этом случае запыленные фильтры подлежат захоронению.

В установках с масляными фильтрами необходимо предусматривать регенерацию ячеек (при ячейковых фильтрах) и смену масла (при самоочищающихся фильтрах).

Регенерация ячеек относительно проста. Разработаны типовые баки для содового раствора и масла (альбом типовых деталей). Надо иметь в виду, что работа по регенерации ячеек грязная. Транспортировать запыленные ячейки куда-либо от места их установки затруднительно.

Следовательно, необходимо проектировать установку для регенерации в помещении самой приточной камеры. Также необходимо предусматривать 5—6 штук запасных ячеек.

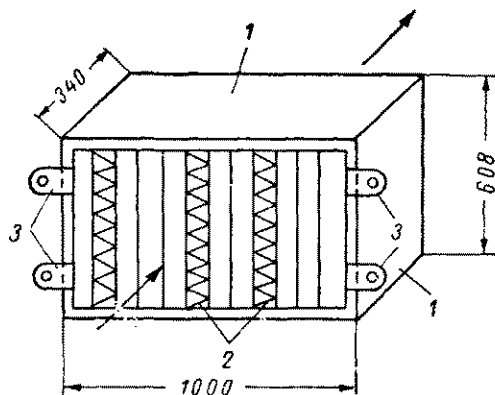


Рис. 6. Ячейка фильтра «Лайк»

1—стягивающая доска; 2—рамки с тканью; 3—ушки для крепления

Каждая панель самоочищающегося фильтра содержит около 180 л масла. Периодически это масло нужно менять. Из ванны оно спускается самотеком в специальный приямок — отстойник, из которого насосом (чаще всего ручным) перекачивается в какую-либо тару вне цеха. Чтобы не усложнять условия работы установки, приямки и насосы для масла следует предусматривать при проектировании.

Приводим пример подсчета периода между сменами масла в самоочищающемся фильтре. Пусть имеется одна панель с емкостью ванны 180 л. Производительность фильтра 20 000 м³/ч, начальная запыленность 8,0 мг/м³. Коэффициент очистки принимаем 0,95. Допустимая пыленасыщенность масла 0,20 кг/л (может быть и до 0,30 кг/л).

Тогда период между сменами масла составит:

$$\frac{1000 \cdot 0,20 \cdot 180}{0,008 \cdot 20\,000 \cdot 0,95} \approx 240 \text{ ч,}$$

т. е. менять масло нужно через 10 суток.

Обычно применяемые у нас веретенное и парфюмерное масла становятся густыми и вязкими (замерзают) при температуре ниже —30°. Для районов с низкими зимними температурами это обстоятельство очень существенно. В этих случаях приходится или применять специальное приборное масло (ГОСТ 1805—51), замерзающее при —60° С, или устанавливать фильтры за кало-

риферами (по ходу воздуха), или принимать меры по разогреву масла в ваннах фильтров. Надо иметь в виду, что при значительной запыленности наружного воздуха и установке фильтров за калориферами последние заносятся пылью, и их трудно чистить.

Увлажнение приточного воздуха, как правило, производится лишь с целью снижения его температуры. Воздух обрабатывается распыленной водой по адиабатическому циклу. Такая обработка применяется, в частности, при местной приточной вентиляции (воздушные души и т. п.). Обработка воздуха циркулирующей водой выгодна для местностей с жарким и сухим климатом. В местностях с влажным климатом она малоэффективна, в чем нетрудно убедиться, построив линию процесса в $I-d$ диаграмме.

Увлажнение воздуха рекомендуется осуществлять в оросительных камерах, изготовляемых по каталогам Московского совнархоза и Харьковского завода кондиционеров. Весь процесс увлажнения и поддержания температуры приточного воздуха обеспечивается заводской автоматикой.

Отметим частный случай местной приточной установки, предложенной автором в одном из проектов.

В помещении неотопливаемого склада сыпучих материалов работает небольшой бульдозер. Помещение пыльное, и аспирировать его не представляется возможным. Невозможно также и гидрообеспыливание.

В этом случае предлагается следующее решение (рис. 7).

Бульдозерист помещается в кабину с рабочим проемом для досмотра (аналогично кабине крановщика). На кровле кабины монтируется агрегат, состоящий из электрокалорифера, масляного фильтра и вентилятора. Воздух забирается из помещения, очищается от пыли в фильтре, нагревается в калорифере и нагнетается вентилятором в кабину. Производительность установки $1500 \text{ м}^3/\text{ч}$. Электроэнергия к калориферу и электродвигателю подается с помощью гибкого бронированного кабеля.

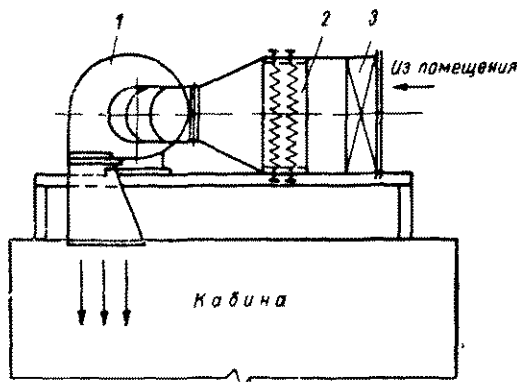


Рис. 7. Схема обеспыливающей приточной установки

1—вентилятор; 2—электрокалорифер;
3—масляный фильтр

Сравнительно недавно приточные вентиляционные установки, как правило, проектировались с ручной регулировкой. Лишь за последний период широко начинает внедряться автоматическое регулирование температуры приточного воздуха. Оно позволяет постоянно обеспечивать температурный режим и дает значительную экономию в тепле.

Наиболее эффективна автоматика при теплоносителе—воде.

Автоматика проектируется ручной, пневматической и электрической, подробно разработанной для практического применения в типовых каталогах и типовых схемах автоматизации систем вентиляции жилых, общественных и промышленных зданий (Типовой проект ОВ-02-101 Сантехпроекта).

Автоматика полностью себя оправдывает при наличии технически грамотной эксплуатации.

Пылящее технологическое оборудование блокируется с вытяжными вентиляторами и мокрыми циклонами (включение и выключение воды).

Гальванические и травильные автоматы и полуавтоматы с цианистыми и хромовыми выделениями также блокируются с вытяжными вентиляторами.

Отдельно стоящие заточные и точильные станки блокируются с индивидуальными пылеотсасывающими агрегатами типа ЗИЛ-900.

На наиболее вредных участках вытяжные вентиляторы блокируются с приточными.

§ 6. ОЧИСТКА ВЫБРАСЫВАЕМОГО ВОЗДУХА ОТ ПЫЛИ

Пылеотсасывающие установки с местными отсосами (аспирационные) удаляют иногда весьма значительные количества пыли. На крупных предприятиях количество удаляемой аспирацией пыли измеряется тоннами в час. Выбрасывать пыль наружу невозможно, так как это загрязнило бы воздушный бассейн.

Новые санитарные нормы СН 245—63 следующим образом регламентируют необходимость очистки воздуха от пыли:

Степень очистки выбросов, содержащих пыль, устанавливается в зависимости от предельно допустимой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений:

Предельно допустимая концентрация
пыли в воздухе рабочей зоны про-
изводственных помещений в мг/м³

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

2 и менее	30
более 2 до 4	60
" 4 " 6	80
" 6 " 10	100

Выбросы, удаляемые в атмосферу и содержащие пыль в количестве, не превышающем указанного выше допустимого предела, разрешается не подвергать очистке.

Выбор устройств для очистки выбросов от пыли надлежит производить в зависимости от начального пылесодержания, дисперсности пыли и допустимого содержания пыли в выбросах в атмосферу.

Содержание пыли в воздухе, удаляемом аспирационными системами, весьма различно. Оно зависит от свойств пыли, совершенства укрытия, влажности обрабатываемого материала, отсутствия или наличия гидрообеспыливания и от многих других причин. Количество пыли в удаляемом воздухе обычно колеблется между 500 и 20 000 мг/м³ (иногда доходит до 30 000 мг/м³). Содержание пыли редко падает ниже указанного предела, которым и следует руководствоваться как минимальным, ведя расчеты по пылеочистке.

Приводим некоторые данные по содержанию пыли в воздухе, отсасываемом от оборудования (по данным МИОТа и другим источникам):

От выбивных решеток литейных и из бункеров	1 000—2 500 мг/м ³	
• кожуха элеватора:		
в литейных	1 000	•
на дробильных фабриках	до 8 000	•
От укрытий пересыпок	2 000—4 000	•
• дробильно-размольного оборудования		
при сухом процессе	до 20 000	•
• дробестного барабана	2 000	•
• очистного барабана	4 000—7 000	•
• сплошных укрытий ленточных транспортеров	1 000—2 000	•
• бегунов и дробильных валков	1 000—2 000	•
• шаровых и трубчатых мельниц (отсос из барабана)	15 000	•
• кожуха — укрытия шаровой мельницы	500—800	•
• пескоструйных камер	4 000—8 000	•
• мешалок, шнеков, бункеров	500—1 000	•
• обдирочных, шлифовальных и полировочных кругов	500—800	•
• столов обрубщиков в литейных	1 000	•
• дробеструйных камер	1 000—3 000	•
Пневмотранспорт (после продуктоотделителя)	10 000	•

Приведенные цифры относятся к сухим материалам при отсутствии гидрообеспыливания. При влажных материалах и наличии пневмогидрообеспыливания содержание пыли в удаляемом воздухе резко снижается (по данным некоторых авторов, в 10—15 раз). Отсутствие проверенных данных о содержании пыли в удаляемом воздухе при наличии гидрообеспыливания не позволяет привести конкретные цифры.

Содержание пыли в отсасываемом воздухе резко меняется в зависимости от того, является ли пыль отбросом или, наоборот, представляет ценность. В первом случае стараются удалить вен-

тиляцией наибольшее количество пыли, во втором—наименьшее. Конструкция и размеры аспирационных воронок непосредственно влияют на эффективность пылеудаления.

Кроме процессов с интенсивным пылеобразованием (размол, дробление, транспортировка, перемешивание), требующих укрытия пылящих мест и отсосов воздуха от укрытий, в ряде отраслей промышленности имеют место производственные операции с малым пылеобразованием. Это обычно ручные процессы — разборка и сортировка (например, разборка электродвигателей), шкуровка и зачистка перед малярными работами, расфасовка продуктов и т. п. Такие операции чаще всего проводятся в укрытиях типа кожухов, шкафов или так называемых витрин.

Вследствие относительно малого пылевыделения ($10-50 \text{ г/ч}$) и относительно большого объема удаляемого воздуха ($1000-2000 \text{ м}^3/\text{ч}$) содержание пыли в отсасываемом воздухе незначительно. В самом деле, пусть в укрытии распыляется и уносится воздухом даже 100 г/ч какого-либо нетоксического вещества. Объем отсоса составляет $1200 \text{ м}^3/\text{ч}$. Тогда содержание пыли в удаляемом воздухе составит:

$$\frac{100 \cdot 1000}{1200} \approx 80 \text{ мг/м}^3.$$

То есть содержание пыли в воздухе меньше допустимого СН 245—63, и воздух может выбрасываться наружу без очистки.

Как правило, на практике не очищают от пыли воздух, отсасываемый от вытяжных шкафов, кожухов и витрин, внутри которых производятся ручная резка, шлифовка, шкуровка, расфасовка и т. п. Но и здесь возможны исключения. Например, сортировка пыльного тряпья, набивка изделий ватой или стружкой, расфасовка больших количеств сильно пылящих веществ, — все эти процессы требуют очистки удаляемого из укрытий воздуха.

При удалении пыли с помощью зональной вентиляции (щелевидные отсосы, воронки) в подавляющем большинстве случаев очистка воздуха не нужна. При наличии направленного пылевого факела проектируются отсосы-воронки с очисткой воздуха от пыли.

Выбрасывать наружу токсическую, а особенно радиоактивную пыль недопустимо даже в самых малых количествах. При наличии такой пыли воздух, удаляемый местными и зональными отсосами, обязательно должен подвергаться тщательной очистке независимо от количественного содержания пыли. Степень очистки воздуха должна быть несравнимо более высокой, нежели для нейтральной пыли.

К токсическим пылям можно отнести пыль свинца и его соединений, ртутных препаратов, висмута, теллура и селена и их соединений, пыль мышьяковистых соединений, окиси марганца и некоторые другие.

Степень очистки воздуха, выносящего в атмосферу токсическую пыль, должна быть порядка 99,0—99,5%. В этих случаях прибегают к двойной и тройной очистке воздуха.

При малом количестве особо токсической пыли (лабораторные или полужаводские установки) и значительных воздухообменах (отсосы от вытяжных шкафов) очистка удаляемого воздуха затруднительна и чрезмерно удорожает эксплуатацию вентиляции. В таких случаях приходится отказываться от очистки, но удалять воздух в более высокие слои атмосферы (50—60 м) при помощи высоких выхлопных труб или факельного выброса. Еще лучше — комбинацией того и другого.

Радиоактивная пыль должна полностью улавливаться во всех случаях. В Санитарных правилах работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений записано (§ 114): «Для улавливания радиоактивных аэрозолей, как правило, должна осуществляться двухступенчатая очистка удаляемого воздуха; для первой ступени рекомендуется применять фильтры грубой очистки, а для второй — тонковолокнистые фильтры, например из ткани ФПП».

Перейдем к критической оценке некоторых способов очистки воздуха от пыли.

Как известно, степенью очистки называют отношение в процентах веса уловленной пыли к весу пыли, содержащейся в воздухе до его очистки. Коэффициент очистки ε выражается формулой:

$$\varepsilon = \frac{K_1 - K_2}{K_1} \cdot 100, \quad (2)$$

где K_1 — количество пыли в воздухе до очистки в $\text{мг}/\text{м}^3$;

K_2 — количество пыли в воздухе после очистки в $\text{мг}/\text{м}^3$.

При двух ступенях очистки общий коэффициент очистки в долях единицы выражается:

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \varepsilon_2, \quad (3)$$

где ε_1 и ε_2 — коэффициенты очистки для первой и второй ступеней в долях единицы.

Пылезадерживающие устройства по принципу действия делятся на две группы: пылеуловители сухие и мокрые. Первые задерживают и собирают пыль в сухом состоянии, вторые — соответственно во влажном или мокром. Промежуточными между указанными группами являются так называемые масляные фильтры, в которых пыль приходит в соприкосновение с вязкой жидкостью — маслом.

Универсальных пылеуловителей, пригодных для любых видов пыли и для любых начальных концентраций, не существует. Каждый тип пылеуловителя предназначается для определенного

вида (или видов) пыли и для определенного диапазона начальных ее концентраций.

Не будем останавливаться на общеизвестных пылеуловителях — они достаточно хорошо освещены в справочной литературе. Коснемся только некоторых случаев пылеулавливания и рассмотрим несколько частных конструкций пылеуловителей.

Разберем часто встречающийся случай пылеулавливания мелкой абразивной пыли, образующейся при сухой шлифовке и заточке инструментов. Нередко проектировщики принимают здесь сухую очистку в циклонах типа ЛИОТа, СИОТа или НИОГАЗа. При этом руководствуются следующим расчетом.

Начальное содержание пыли не более 600 мг/м^3 , коэффициент очистки в циклонах малого диаметра в среднем 90%. Следовательно, остаточное пылесодержание равно

$$90 = \frac{600 - K_2}{600} \cdot 100,$$

откуда $K_2 = 60 \text{ мг/м}^3$, т. е. лежит в пределах требуемого нормами остаточного содержания пыли при ее допустимой концентрации в воздухе помещения в 4 мг/м^3 .

Казалось бы, все в порядке, и сухая очистка в циклонах допустима. Но это не так. Дело в том, что сухие циклоны действительно способны улавливать до 90% пыли, но пыли относительно крупной (с преобладающим количеством частиц, имеющих поперечник больше 60 мк). Мелкая же пыль очень плохо задерживается циклонами. А при указанных выше процессах в основном образуется мелкая пыль (в частности, размерами от 2 до 10 мк). Следовательно, степень очистки в циклоне для данной пыли будет значительно ниже указываемой в справочниках. Для очень мелкой пыли коэффициент очистки циклона падает до 50% и даже до 30%. Вот почему для пылеулавливания при шлифовке и заточке, как правило, применяется мокрая очистка воздуха в скрубберах ВТИ, циклонах-промывателях СИОТ или циклонах ЛИОТ с водяной пленкой.

Некоторые проектировщики допускают иную, в принципе схожую ошибку. Они проектируют двухступенчатую очистку воздуха при начальной запыленности порядка 4000 мг/м^3 , принимая для первой ступени циклон с $\epsilon = 85\%$, а для второй ступени ... такой же циклон. Эффективность пылеулавливания вычисляется ими следующим образом:

$$\epsilon_{\text{общ}} = 0,85 + 0,85 - 0,85 \cdot 0,85 = 0,98,$$

т. е. получается общая степень очистки 98% и остаточное пылесодержание $K_2 = 80 \text{ мг/м}^3$, что, мол, допустимо.

Совершенно очевидно, что подобная очистная установка будет малоэффективной, а приведенный расчет — неверен. Мелкая пыль, которая проскочит через первый циклон, почти так же

проскочит и через второй. Эффективность двухступенчатой очистки в данном случае почти не будет отличаться от эффективности очистки одноступенчатой.

Из сухих пылеуловителей наиболее эффективны матерчатые фильтры, способные задерживать мелкую пыль при высоком коэффициенте очистки (до 98—99%). Последний в значительной мере зависит от вида применяемой ткани. Результат очистки зависит также от удельной нагрузки фильтра, которую рекомендуется принимать в пределах от 70 до 100 $\text{м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$, в зависимости от рода пыли и ее начальной концентрации.

Матерчатые фильтры работают хорошо при сухой, нелипкой и неволокнистой пыли. Но они совершенно не пригодны для влажного воздуха. К их недостаткам надо отнести большой подсос воздуха, доходящий до 25%.

Сетчатые фильтры, применяемые иногда для волокнистой пыли, на практике себя не оправдывают. В периоды отслаивания волокнистого слоя от сетки наблюдается значительный проскок пыли наружу. Применять эти фильтры для улавливания волокнистой пыли от войлочных и матерчатых кругов не рекомендуется.

Для полноценного улавливания волокнистой пыли наиболее приемлема мокрая очистка. Укажем на специально сконструированный для очистки от волокнистой пыли оросительный фильтр (конструкции Б. С. Молчанова, впервые разработана Ленинградским отделением Металлохимзащита в 1940 г.). Эксплуатация оросительного фильтра показала его надежное и эффективное действие. Эти фильтры сконструированы на производительность 3000, 5000 и 8000 $\text{м}^3/\text{ч}$.

На рис. 8 показан оросительный фильтр малой модели производительностью 3000 $\text{м}^3/\text{ч}$. Запыленный воздух подводится через боковой патрубок со скоростью 15 $\text{м}/\text{сек}$ и, ударяясь о поверхность воды, меняет направление на 180°. Далее воздух проходит через дождевое пространство, создаваемое при помощи сеток с мелкими отверстиями, затем пропускается сквозь отбойный слой фарфоровых колец и отводится к вентилятору через верхний патрубок. Скапливающийся в нижней части корпуса шлам периодически удаляется через люк. Мелкая же пыль, проходящая через сетку, непосредственно стекает в канализацию.

Сопротивление оросительного фильтра при нормальной нагрузке — около 45 $\text{кг}/\text{м}^2$. Расход воды 0,50—0,60 $\text{л}/\text{м}^3$.

Практика последних лет (данные к. т. н. П. В. Сидякова и наблюдения автора) показала возможность улавливания волокнистой пыли в циклонах ЛИОТ с водяной пленкой. Эти пылеуловители справляются с волокнистой пылью при условии повышенного расхода воды (примерно в полтора раза против расчетного).

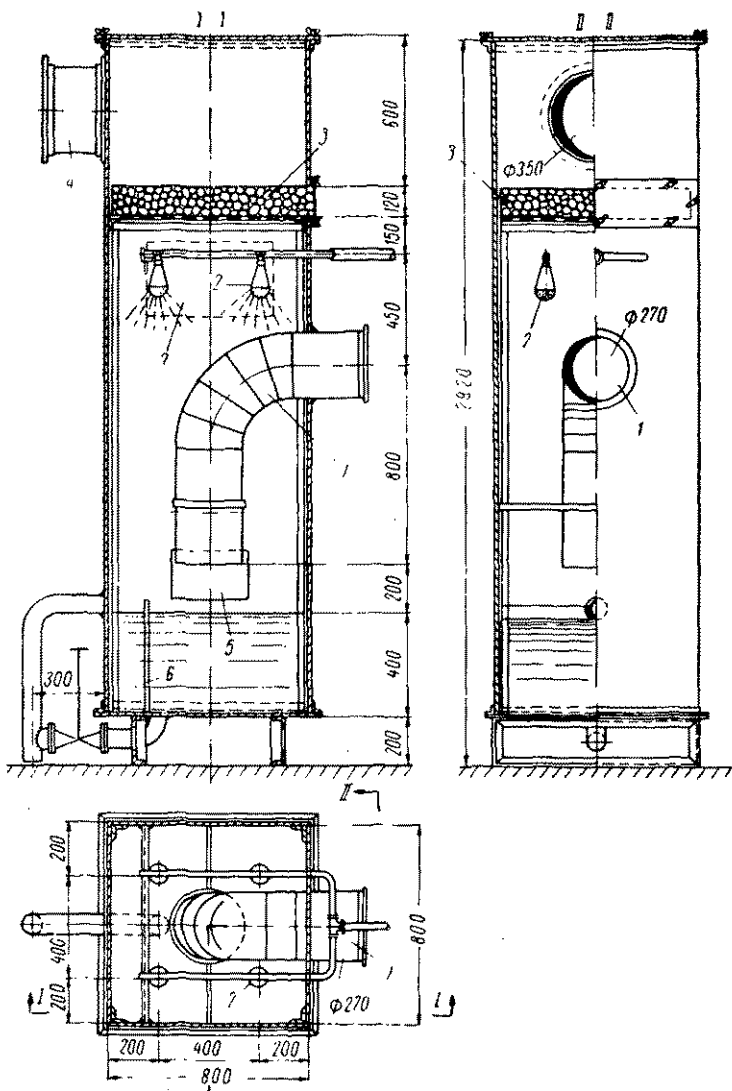


Рис. 8. Оросительный фильтр производительностью 3000 м³/ч
 1—входной патрубок; 2—оросительная сетка; 3—отбойный слой; 4—выходной патрубок; 5—люк размером 300×200; 6—сетка; 7—люк размером 500×500

Из мокрых пылеуловителей, кроме циклонов ЛИОТ с водяной пленкой, хорошо себя зарекомендовали центробежные скрубберы ВТИ. Они работают практически при любых пылях, за исключением волокнистых и схватывающихся. Их недостатком является относительно большой расход воды, а также значительная высота.

В последние годы стали пользоваться популярностью малогабаритные циклоны-промыватели СИОТ. Они свободны от недостатков скрубберов ВТИ и работают с малым расходом воды. Но циклоны СИОТ не могут быть использованы при очистке воздуха с мелкой пылью, способной коагулироваться. При значительном начальном пылесодержании и при способности пыли к коагуляции чрезмерно густой шлам может забить циклон и отводящие трубы и нарушить их работу. Кроме того, транспортировка густого шлама вообще затруднительна. Дополнительное же разбавление шлама водой (после циклона) лишает пылеуловитель СИОТ его основного преимущества — экономии воды.

Имеющиеся практические данные по работе циклонов-промывателей для ограниченного диапазона пылей и начальных пылесодержаний говорят об эффективной работе этих аппаратов.

Для очистки от волокнистой пыли циклоны-промыватели СИОТ непригодны.

Для очистки относительно небольших количеств воздуха и в случае несмачиваемой мелкой пыли могут быть рекомендованы фильтры-барботеры. В этих пылеуловителях воздух проходит через слой жидкости.

Принципиальное устройство фильтра-барботера показано на рис. 9. Воздух поступает через центральную трубу с небольшой скоростью (5—6 м/сек), разбивается на отдельные струи и прорывается через слой жидкости глубиной 60—80 мм. Затем воздух проходит через отбойный слой фарфоровых колец и поступает в вентилятор. Для предотвращения брызгоуноса и до-

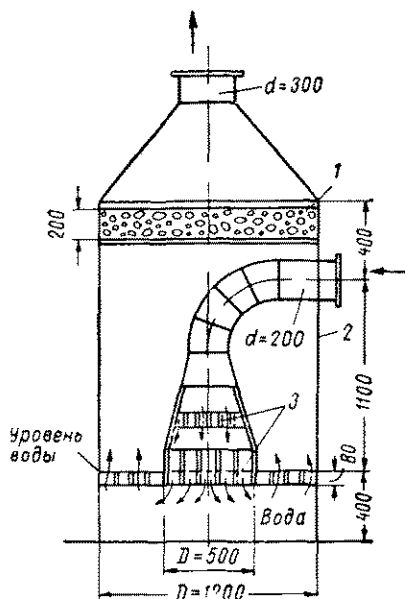


Рис. 9. Фильтр-барботер

1—отбойный слой фарфоровых колец;
2—корпус фильтра; 3—распределительная решетка

стижения высокой степени очистки (близкой к 99,5%) скорость воздуха в кольцевом сечении барботера не должна превышать 0,50 м/сек (лучше принимать 0,30 м/сек).

При выборе пылеуловителя в каждом частном случае приходится учитывать ряд обстоятельств. Главные из них — свойства пыли и требуемая степень очистки. Большую роль играет ценность пыли и необходимость ее возврата в производство. Существенно наличие или отсутствие воды и возможность шламоудаления. И, наконец, не всегда безразличны габариты пылеуловителя и стоимость его эксплуатации.

При недостатке воды для мокрой очистки и при затрудненном шламоотводе автором было предложено фильтровать получаемый шлам и возвращать осветленную воду вновь на мокрую очистку. Получающиеся влажные кэки или используются в производстве, или выбрасываются в отвал.

Дать готовые рекомендации по выбору способа очистки и типа пылеочистителя затруднительно. Приходится говорить лишь о принципиальных наметках.

Если пылевыделяющий процесс протекает в неотапливаемом помещении, очевидно, мокрая очистка трудноприменима. Она отпадает также при наличии схватывающейся пыли, например, цементной. Непригодна мокрая очистка и для пыли, реагирующей с водой, скажем, алюминиевой. И, наконец, мокрая очистка непригодна при необходимости возврата сухой пыли в производство.

С другой стороны, сухая очистка абсолютно неприемлема при значительной влажности запыленного воздуха, например, при наличии гидрообеспыливания очагов пыления. Сухая очистка малопригодна для слипающихся пылей (например, пыль стеклопластиков) и малоэффективна при мелкой пыли (за исключением матерчатых фильтров). Кроме того, разгрузка пылеуловителей и транспортировка сухой пыли — операции чрезвычайно затруднительные.

Для тонкой очистки в качестве второй или третьей ступени иногда применяются фильтры, служащие для очистки приточного воздуха — масляные, бумажные, из ткани ФПП. Эти фильтры настолько малопылеемки, что могут применяться лишь для очистки малозапыленного воздуха (остаточное пылесодержание 20—40 мг/м³). Пригодны они в качестве последней ступени лишь после сухих пылеуловителей. При мокрых — почти неизбежен брызгоунос, отрицательно сказывающийся на работе фильтров тонкой очистки.

Область применения пылеуловителей:

а) сухие циклоны всех типов. Как первая ступень очистки для сухой, неслипающейся пыли и единственная ступень очистки для той же пыли, не имеющей мелких фракций. Непригодны для волокнистой пыли и при гидрообеспыливании;

б) матерчатые фильтры. Как вторая или единственная ступень очистки для сухой неслипающейся и неволокнутой пыли при любой степени крупности. При гидрообеспыливании непригодны;

в) скрубберы ВТИ, циклоны ЛИОТ с водяной пленкой, циклоны-промыватели СИОТ, пылеуловители УСД. Как единственная или вторая ступень очистки практически для всех пылей, кроме схватывающейся, гидратирующейся и реагирующей с водой. Вполне пригодны для пыли, растворимой в воде. Возможно их применение для волокнутой пыли при условии повышенного расхода воды (кроме циклонов СИОТ и уловителей УСД). Единственно возможный способ очистки при одновременном выделении пыли и влаги, а также при гидро- и пневмогидрообеспыливании. Однако мокрые пылеуловители снижают степень очистки при плохо смачиваемой — гидрофобной пыли.

Говоря об эффективности тех или иных пылеуловителей, следует заметить, что приводимые в справочниках коэффициенты очистки часто бывают завышенными. Особенно это относится к сухим циклонам. Практически их эффективность следует принимать 80—85% для циклонов диаметром до 700 мм и 65—75% — для всех остальных.

Сравнительно недавно в СССР начали использовать вентиляторы в качестве пылеуловителей. Первые установки с подачей воды на рабочее колесо были получены из ГДР и работали в угольной промышленности. Затем вентиляторы-пылеуловители стали применяться в других отраслях производства, хотя до последнего времени их использование крайне ограничено. По неопубликованным данным ЛИОТа, вентиляторы-пылеуловители в некоторых случаях довольно эффективны. Они дают коэффициент очистки от 86 (свинцовая пыль) до 96% (угольная пыль). Недостатки этого способа пылеулавливания — быстрый износ колеса вентилятора и большой расход воды.

В заключение упомянем об индивидуальных рециркуляционных агрегатах типа ЗИЛ-900. Эти аппараты предназначены для очистки запыленного воздуха с последующим возвратом его в вентилируемое помещение.

Вентиляция с применением рециркуляции воздуха при наличии вредностей всегда менее эффективна, нежели проточная. Сказанное полностью относится и к борьбе с пылью. Рециркуляционные агрегаты могут быть рекомендованы только для обеспыливания станков, работающих периодически и кратковременно и расположенных рассредоточенно. Но их отнюдь не следует применять при постоянной работе пылевывделяющих станков или аппаратов, расположенных сосредоточенно. В этом случае надлежит проектировать проточную вентиляцию с выбросом воздуха после очистки наружу и с компенсацией вытяжки приточным воздухом.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ВРЕДНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ

§ 7. ВРЕДНЫЕ ВЫДЕЛЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Производственный процесс обычно сопровождается побочными явлениями, отрицательно влияющими на состояние воздушной среды. Эти побочные явления принято называть вредными выделениями, или вредностями.

К вредным выделениям относятся следующие:

Тепловыделения—выделения тепла в количестве, превышающем тепловые потери помещения.

Влаговыведения—выделения водяных паров в количестве, создающем ненормально высокую влажность воздуха.

Паровыделения и газовыделения—выделения паров и газов, вредно действующих на человека.

Пылевыведения—выделения пыли в количествах, обуславливающих чрезмерное запыление помещений.

Дымовыделения (аэрозоли)—выделения мельчайших твердых частиц, свободно витающих в воздухе.

Тумановыделения—образование в воздухе мельчайших частиц той или иной жидкости.

Полые капли—выделение в воздух помещения из жидкой среды пузырьков газа, покрытых тонкой пленкой жидкости.

Условия выделения вредностей на промышленных предприятиях многообразны как в качественном, так и в количественном отношении.

Качество вредностей, сопутствующих технологическому процессу, почти всегда удастся установить. Если бы мы знали точно количественную сторону дела, а также характер распространения вредных выделений по помещению, то определение воздухообмена при общеобменной вентиляции разрешилось бы просто. К сожалению, в подавляющем числе случаев мы не можем точно определить количество выделяющихся вредностей, а также динамику их выделений по времени.

Основной задачей при проектировании промышленной вентиляции является определение потребного воздухообмена. Однако

этому чрезвычайно важному вопросу уделяется мало внимания как в литературе, так и в практике проектирования.

Самая совершенная по конструктивному выполнению вентиляция не даст нужного эффекта, если неправильно определено количество воздуха, которое необходимо удалять из помещения, независимо от того, удаляется ли воздух местными отсосами или общеобменной вытяжкой.

Чтобы правильно и экономично определить воздухообмен, достаточный для локализации вредностей, необходимо самым тщательным образом проанализировать процесс их выделения.

Анализируя указанный процесс, необходимо останавливать внимание на следующих факторах:

а) сколько выделяется вредностей и каких именно в единицу времени и какова степень неравномерности их выделения;

б) каким образом поступает вредность в воздух помещения;

в) точное местоположение очагов выделения вредностей как в масштабе помещения, так и в пределах отдельной машины или аппарата;

г) как распространяется вредность по помещению, где создается ее наибольшая концентрация (конвективные потоки, струйное движение воздуха, возвратные токи);

д) возможность образования застойных зон, где та или иная вредность может накапливаться в недопустимых концентрациях.

Недоучет при проектировании хотя бы одного из перечисленных факторов приводит к неудовлетворительному действию вентиляции даже при значительных воздухообменах. Проектировщик вентиляции обязан знать технологический процесс, протекающий в помещении, подлежащем вентилированию. Он должен разбираться в частностях технологического процесса даже лучше технолога, которого обычно не интересуют побочные явления, связанные с загрязнением воздуха. Эти побочные, порой кажущиеся мелкими явления и должны стать предметом самого пристального внимания специалиста по вентиляции. Например, в металлургии незначительная примесь мышьяка в руде не играет существенной роли с точки зрения технологии. С санитарной же точки зрения это может оказаться фактором, определяющим воздухообмен и даже принцип вентиляции помещения.

Тесный контакт технолога и специалиста по вентиляции особенно ценен в начальной стадии проектирования, когда решается основной вопрос: с какими вредностями и при каких условиях придется бороться. Без четкого представления об этом нельзя составить грамотный и полноценный проект вентиляции.

Примером недоучета условий выделения вредностей могут служить зонты, запроектированные над горячими аппаратами

для гидролиза древесины. Принципиально это правильно, так как в момент выделения горячих паров люди у аппаратов не находятся. Но проектировщики недоучли, что периодическое выделение паров из горловины аппарата протекает бурно. За короткий промежуток времени выделяется большой объем паров, затем выделение прекращается. Запроектированные зонты паров не вмещают, и последние растекаются в рабочую зону, непосредственно на людей. Вместо пользы такая вентиляция приносит вред. Взамен зонтов нужно было предусмотреть емкую ширму (завесу).

Определение характера выделения вредностей и потребного воздухообмена базируется главным образом на эмпирических данных. Рассчитать потребный воздухообмен точно во многих случаях невозможно. Здесь на первое место выдвигается инженерная эрудиция проектировщика.

Рассмотрим подробнее различные промышленные вредности.

Тепловыделения — наиболее часто встречающаяся вредность. Теплоизбытки не создают тяжелых последствий для здоровья человека, но снижают его трудоспособность. Поэтому санитарные нормы регламентируют (порой чрезмерно жестко) определенные пределы повышения температуры в помещении.

Рассмотрим источники промышленных тепловыделений и условия перехода тепла в воздушную среду. Эти тепловыделения можно разбить на две группы по экономическому признаку: тепловыделения неизбежные, которые нельзя регулировать, и тепловыделения, поддающиеся регулировке.

К первой группе относятся: тепловыделения от людей, а также от станков и машин в результате сил трения, электродвигателей (силы трения, гистерезис), освещения, солнечной радиации, остывания нагретых изделий и т. п.

Ко второй группе, пожалуй, наиболее существенной по количеству выделяемого тепла, относятся тепловые потери промышленной аппаратуры, работающей при повышенной температуре. Это тепло действительно потерянное. Кроме того, для борьбы с ним приходится дополнительно затрачивать тепло на подогрев вентиляционного воздуха (если невозможна аэрация).

Тепловыделения второго рода можно и нужно уменьшать. Специалисты по вентиляции должны активно вмешиваться в промышленную теплотехнику, настаивать на улучшении тепловой изоляции аппаратуры и трубопроводов. Промышленные аппараты (печи, сушила, реакторы, чаны и т. п.) теряют чрезмерно много тепла, что влечет за собой громоздкие вентиляционные установки и ухудшает условия работы.

Методы определения количества тепла, переходящего в воздух помещения, изложены в учебниках и справочниках, а также

регламентированы Указаниями СН 7—57. Поэтому остановимся здесь только на двух случаях тепловыделений.

Тепловыделения от станков обычно подсчитываются по формуле

$$Q = N_y \cdot 860 \cdot \mu_1 \mu_2 \mu_3 \mu_4 \text{ [ккал/ч]}, \quad (4)$$

где N_y — установленная мощность электродвигателей;

μ_1 — коэффициент использования установленной мощности (обычно 0,90—0,70);

μ_2 — коэффициент загрузки, учитывающий разность между среднечасовой потребляемой мощностью и максимальной (колеблется от 0,90 до 0,40);

μ_3 — коэффициент одновременности работы оборудования (колеблется от 1,0 до 0,30);

μ_4 — коэффициент перехода тепла в помещение (колеблется от 0,10 до 0,95).

Для механических цехов при постоянной работе и нормальной загрузке, при работе без эмульсии

$$Q = N_y \cdot 860 \cdot 0,80 \cdot 0,75 \cdot 0,70 \cdot 0,60 \approx N_y \cdot 860 \cdot 0,25 \text{ ккал/ч.}$$

Для тех же цехов, но при работе с эмульсией, часть тепла расходуется на испарение. С достаточной для практики точностью можно считать

$$Q = N_y \cdot 860 \cdot 0,20 \text{ ккал/ч.}$$

Для инструментальных, механосборочных и ремонтных цехов ввиду обычно меньшей загрузки оборудования следует считать соответственно

$$Q = N_y \cdot 860 \cdot 0,22 \text{ ккал/ч; } Q = N_y \cdot 860 \cdot 0,18 \text{ ккал/ч.}$$

Для экспериментальных механических цехов, где коэффициент одновременности в среднем около 0,40

$$Q = N_y \cdot 860 \cdot 0,15 \text{ ккал/ч; } Q = N_y \cdot 860 \cdot 0,12 \text{ ккал/ч.}$$

Для прессовых цехов при обработке металла, принимая μ_2 в пределах от 0,60 до 0,40, получаем:

$$Q = N_y \cdot 860 \cdot (0,20 \div 0,13) \text{ ккал/ч.}$$

Приведенные цифры следует рассматривать как средние. В отдельных случаях возможны отклонения в ту или иную сторону.

Тепловыделения от нагретых поверхностей с малой криволинейностью удобнее всего определять по формуле

$$Q = \alpha F \cdot (t_{ст} - t_{в}) \text{ ккал/ч}, \quad (5)$$

где α — суммарный коэффициент теплоперехода;

F — площадь поверхности в m^2 ;

$t_{ст}$ — температура поверхности в $^{\circ}C$;

$t_{в}$ — температура воздушной среды помещения в $^{\circ}C$.

Коэффициент α равен:

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_{\lambda} \text{ ккал/ч} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{град}. \quad (6)$$

Коэффициент теплоперехода конвекцией α_k с достаточной для практики точностью вычисляется по формулам:

— для горизонтальной поверхности при направлении теплового потока снизу вверх:

$$\alpha_k = 2,80 \cdot \sqrt[4]{t_{\text{ст}} - t_n}; \quad (7)$$

— для горизонтальной поверхности при направлении теплового потока сверху вниз:

$$\alpha_k = 1,40 \cdot \sqrt[4]{t_{\text{ст}} - t_n}; \quad (8)$$

— для вертикальной поверхности:

$$\alpha_k = 2,20 \cdot \sqrt[4]{t_{\text{ст}} - t_n}. \quad (9)$$

Коэффициент теплоперехода лучеиспусканием α_{λ} вычисляется по известной формуле:

$$\alpha_{\lambda} = \frac{(0,01 T_{\text{ст}})^4 - (0,01 T_n)^4}{t_{\text{ст}} - t_n} \cdot C_{\text{пр}}, \quad (10)$$

где $C_{\text{пр}}$ — приведенный коэффициент лучеиспускания в $\text{ккал/ч} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{град}$;

$$C_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_s}}; \quad (11)$$

$T_{\text{ст}}$ — абсолютная температура нагретой поверхности;

T_n — абсолютная температура тепловоспринимающей поверхности;

C_s — коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела;

C_1, C_2 — коэффициенты лучеиспускания нагретой и тепловоспринимающей поверхностей.

Значения коэффициентов $\alpha_k, \alpha_{\lambda}$ и α для горизонтальной поверхности при температуре воздушной среды $t_n = 15^\circ\text{C}$ приведены в табл. 1.

Для других значений коэффициента $C_{\text{пр}}$ величина α_{λ} может быть легко пересчитана путем умножения на величину $\frac{C_{\text{пр}}}{3,0}$. Для вертикальной поверхности табличные значения α_k нужно умножить на отношение $\frac{2,20}{2,80} \approx 0,78$.

Влаговыведения в воздух производственных помещений протекают в основном следующими путями:

а) непосредственное поступление водяного пара в помещение;

Значение коэффициентов α_K , α_L и α для горизонтальной поверхности

$t_{ст}$	α_K	α_L	α	$t_{ст}^{\circ}$	α_K	α_L	α
25	3,90	3,10	7,0	65	7,50	3,70	11,20
35	5,90	3,20	9,10	70	7,60	3,80	11,40
40	6,30	3,30	9,60	80	8,0	4,0	12,0
55	7,0	3,40	10,40	90	8,20	4,20	12,40
60	7,30	3,60	10,90	145	9,50	5,60	15,1

Примечание. Приведенный коэффициент лучеиспускания принят равным 3,0.

б) с воздухом более влажным, чем воздух помещения (в том числе при дыхании людей);

в) испарение с открытых водных поверхностей или из смоченных материалов за счет их собственного тепла или за счет тепла, подводимого извне;

г) испарение при кипении воды;

д) испарение с холодных смоченных поверхностей за счет тепла окружающего воздуха;

е) в результате химических реакций.

Этим исчерпываются все возможные случаи промышленных влаговыделений. Следует отметить процесс влаговыделения путем испарения с холодных смоченных поверхностей, когда тепло в виде теплоты испарения не поступает в помещение и не влияет на его тепловой баланс. Это типичный случай испарения с мокрого пола, где вода находится длительное время и принимает температуру мокрого термометра. Из помещения заимствуется явное тепло (сухое), а возвращается в помещение то же количество тепла, но в скрытом виде (тепло парообразования).

Определение количества испаряющейся влаги производится сравнительно просто по общеизвестным формулам. Методика расчета изложена с достаточной полнотой, например, в Указаниях по проектированию СН 7—57, § 165—169. Однако следует высказать некоторые соображения по поводу расчета количества испаряющейся влаги.

Наиболее существенно правильно определить величину поверхности испарения и задаться температурой этой поверхности.

Определить поверхность испарения открытых ванн или баков несложно. При постоянной температуре жидкости в ванне нетрудно определить и температуру поверхности испарения.

Сложнее обстоит дело, если поверхность жидкости неровная, например, при выделении газа из нее, при перемешивании или продувке воздухом. В этом случае поверхность испарения резко возрастает и должна быть увеличена в 1,5—2,5 раза. Темпера-

тура же испаряющейся жидкости принимается на 10—15%, ниже, чем в случае спокойной поверхности испарения.

Если неровную поверхность имеют смоченные материалы (например материя, дерево), рекомендуется увеличивать поверхность испарения в 2—3 раза. Для материи, имеющей складки, может быть принято максимальное увеличение поверхности. Для других влажных материалов (дерево, сыпучие) трехкратное увеличение поверхности может быть приемлемо лишь в исключительных случаях.

Нормы и справочники, рекомендуя значительное увеличение расчетной поверхности для влажных неровных материалов, не дают никаких указаний о расчетной температуре испарения. Пользоваться данными для спокойной поверхности жидкости в этом случае неправильно — температура испарения будет ниже. Насколько — сказать трудно, так как это зависит от структуры материала, действительной и расчетной степени неровности и т. п. С известной приближенностью можно считать, что температура испарения на 15—20% ниже приводимой в таблицах для спокойной жидкости, т. е. если температура смоченного материала 80°C и температура для спокойной поверхности жидкости 69°C, то расчетная температура для смоченной неровной поверхности будет: $69 \cdot 0,80 \approx 55^\circ\text{C}$.

При определении поверхности испарения не следует пренебрегать сравнительно незначительными поверхностями открытых лотков, вытекающих струй и т. п.

При вылипании горячей воды и стекании ее по полу бывает затруднительно определить и поверхность испарения и ее среднюю температуру (или же конечную температуру перед стоком в канализацию). Лучше всего базироваться на фактических замерах. Если же смоченная поверхность более или менее определенная, то температуру уходящей воды можно определить путем пробных подсчетов.

В формулу для определения количества испаряющейся влаги входит скорость воздуха над поверхностью испарения. Ни в справочниках, ни в нормах величина этой скорости не приводится. Поэтому предлагается принимать следующие значения скорости v :

— для «спокойного» воздуха, т. е. движущегося естественно,

$$v = 0,20 - 0,30 \text{ м/сек};$$

— для воздуха, движущегося принудительно (отсос воздуха, близость приточных струй и т. п.),

$$v = 0,50 \text{ м/сек.}$$

В табл. 2 указаны количества воды, испаряющейся с 1 м² зеркала ванны при спокойной поверхности ($t_n = 20^\circ\text{C}$; $\phi = 70\%$) и скорости $v = 0,30 \text{ м/сек}$.

При испарении с какой-либо поверхности холодной воды (с температурой мокрого термометра) рекомендуется пользоваться формулой:

$$G = \frac{3,70 \cdot (t_c - t_m) \cdot F}{585} [\text{кг/ч}], \quad (12)$$

где t_c — температура по сухому термометру;
 t_m — температура по мокрому термометру;
 F — поверхность испарения в м^2 .

Для кипящей жидкости подсчет испарения по обычной формуле дает неверные результаты. По данным проф. В. В. Батурина, при кипении жидкости с 1 м^2 зеркала испарения выделяется до $50 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$. При интенсивном кипении — даже больше. В этом случае количество испаряющейся воды вычисляют по количеству подводимого тепла.

Таблица 2

Количество воды, испаряющейся с 1 м^2 поверхности ванны

t жидкости	t расчетная	$P_{\text{ж}}$ мм рт. ст.	G кг/ч	t жидкости	t расчетная	$P_{\text{ж}}$ мм рт. ст.	G кг/ч
25	23	20,9	0,24	65	54	112,0	4,60
30	28	28,1	0,43	70	58	135,5	5,67
35	33	37,4	0,83	75	63	170,8	8,0
40	37	46,7	1,14	80	69	223,2	11,3
45	41	57,9	1,74	85	75	288,5	15,5
50	45	71,4	2,25	90	82	381,4	20,8
55	48	83,2	2,98	95	90	525,4	33,4
60	51	96,7	3,55	100	97	681,0	43,5

Паровыделения и газовыделения, вредно влияющие на человека, в современной промышленности чрезвычайно разнообразны.

Если вредные газы весьма многочисленны и различны по своим свойствам, то вредные пары во многом сходны между собой (за исключением паров ртути). Они, как правило, представляют собой пары легколетучих жидкостей. Обычно это углеводороды, спирты и эфиры жирного и ароматического ряда и их производные (нитрированные или хлорированные). Все эти вещества — легкокипящие жидкости, интенсивно испаряющиеся при температуре помещения.

Ртуть — единственный металл, заметно испаряющийся при комнатной температуре. Говоря о парах ртути, мы подразумеваем действительно пары металла. Все прочие металлы, заметно испаряющиеся лишь при относительно высоких температурах, одновременно окисляются воздухом, образуя окислы — твердые

вещества. Эти последние попадают в воздух в виде мельчайших частиц, создающих дымы — аэрозоли. Цинк, испаряясь, образует окись цинка «литейный дым», свинец — окись свинца, мышьяк — мышьяковый и мышьяковистый ангидрид и т. п. Пары металлов следует рассматривать как аэрозоли, состоящие из смеси окислов металлов и мельчайших металлических частиц.

Вредные промышленные газы классифицируются по характеру их действия на человека и разделяются на отравляющие, удушающие, раздражающие и наркотические. В каждой группе есть более или менее токсические газы. Степень ядовитости характеризуется предельно допустимым содержанием газов в воздухе помещений при длительном пребывании в них людей.

Предельно допустимые концентрации токсических газов, паров и аэрозолей в воздухе производственных помещений регламентированы нормами СН 245—63.

По степени токсичности вредные газы, пары и аэрозоли несколько условно могут быть разбиты на следующие группы:

относительно безвредные — с допустимой концентрацией до 100 мг/м^3 ;

маловредные — с допустимой концентрацией до 10 мг/м^3 ;

вредные — с допустимой концентрацией до $1,0 \text{ мг/м}^3$;

особо вредные — с допустимой концентрацией ниже $1,0 \text{ мг/м}^3$.

К первой группе относятся преимущественно пары растворителей; ко второй — некоторые растворители и нитросоединения, окись углерода, фурфурол, аммиак, сернистый газ, спирт метиловый и т. п.; к группе вредных относятся: серная кислота, фенол, хлор; к группе особо вредных нужно отнести ртуть, свинец и его соединения, фосфор, селенистый ангидрид, теллур и его окислы, соединения урана, цианистый водород и ряд других веществ.

Говоря о газах, парах и аэрозолях, следует упомянуть о динамике их распространения по помещению. Если при тепловыделениях и влаговыделениях местные превышения допустимых концентраций тепла или влаги безопасны для человека, то при выделениях газов, паров и аэрозолей местные повышенные концентрации могут оказаться опасными, а иногда — смертельными.

Газы, пары и аэрозоли почти никогда не распространяются по помещению равномерно как по горизонтали, так и по вертикали. Это, с одной стороны, хорошо, так как позволяет удалять вредности из зон их наибольшей концентрации (зональная вентиляция). С другой стороны, эта особенность может стать опасной, если человек окажется в зоне повышенной концентрации вредностей вследствие непродуманного размещения рабочих мест или неправильно сконструированной вентиляции. Простейшей иллюстрацией сказанного является зонт над чаном с легколетучей холодной жидкостью при условии, что голова человека находится под зонтом. Пары, имеющие тенденцию падать вниз,

увлекаются током воздуха вверх и попадают в зону дыхания рабочего, создавая в ней местную недопустимо высокую концентрацию.

При газовых, паровых и дымоподобных вредностях особо важно правильно представлять условия их выделения. Очень существенно различать, идет ли горячий или холодный процесс, имеет ли место струйное или поверхностное выделение газа, имеются ли направленные токи воздуха, создаваемые работой механизмов или движением материала, и знать точное местоположение источника вредностей по отношению к рабочему.

Вредные газы, пары и аэрозоли могут поступать в помещение различными путями. Основные из них — химические реакции в негерметичной аппаратуре, прорывы через неплотности трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением, испарение с открытых поверхностей, непосредственное поступление в помещение.

Определение количества поступающих в помещение газов, паров и аэрозолей с достаточной для практики точностью возможно, когда вредности являются продуктом химической реакции, или в случае испарения в помещение растворителя, или при испарении с открытых поверхностей. Но во многих отраслях химической технологии, когда реакции происходят в закрытой аппаратуре, при неорганизованных прорывах газов, при их транспортировке и хранении, количество поступающих в воздух вредностей почти не поддается учету. Помочь проектировщику здесь могут лишь опытные данные и его собственная эрудиция.

Иногда количество поступающих в воздух вредностей определяется по данным материального баланса производства. Если известны происходящие реакции или имеются практические данные об утруске, угаре, испарении обрабатываемых материалов, то по данным технологического баланса возможно определить количество выделяющихся вредностей. Например, в помещении производится промывка металлической ленты бензином. Расход свежего бензина известен, количество отработанного — тоже. Разность между ними и есть количество испарившегося в помещение бензина. Такой материальный баланс дает почти точные цифры, но это простейший случай.

Тем не менее проектировщик вентиляции, получающий от технолога сведения о вредностях, выявленные на основе материального баланса, всегда должен относиться к ним критически.

Количество жидкости (не воды), испаряющейся со свободной поверхности, может быть приближенно определено по формуле:

$$G = m (0,000352 \pm 0,000786v) PF \text{ [кг/ч]}. \quad (1)$$

где m — молекулярный вес испаряющейся жидкости;

v — скорость движения воздуха над источником испарения в м/сек;

P —упругость паров жидкости, насыщающих воздух при температуре жидкости, в мм рт. ст.;

F —поверхность испарения в м^2 .

Небезынтересно отметить некоторое своеобразие испарения слабой соляной кислоты. При нагревании раствора хлористого водорода, казалось бы, более интенсивно должен выделяться именно хлористый водород. Но вследствие его гидрофильности при концентрации ниже 20% испаряется преимущественно вода. При концентрации хлористого водорода выше 20% испарение происходит пропорционально, т. е. получающийся пар содержит примерно столько же процентов хлористого водорода, сколько его содержится в растворе.

Наиболее сложно учесть количество паров и газов, поступающих в помещение через неплотности аппаратуры и трубопроводов, работающих под давлением. В литературе по этому поводу можно встретить разноречивые данные.

Для определения количества газов, прорывающихся в помещение, существует приближенная формула, а именно:

$$G = KCV \sqrt{\frac{m}{T}} [\text{кг/ч}], \quad (14)$$

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

C —коэффициент, зависящий от давления газов. Значения C принимаются: до 2 ати —0,120; от 2 до 7 ати —0,18; от 7 до 17 ати —0,20; от 17 до 40 ати —0,250; от 40 до 160 ати —0,30; от 400 до 1000 ати —0,350;

V —внутренний объем аппаратуры и коммуникаций, находящихся под давлением в м^3 ;

m —молекулярный вес газа или пара;

T —абсолютная температура.

Произведем расчет по этой формуле для окиси углерода при следующих условиях: $K=2,0$; $C=0,350$ (давление около 400 ати); $V=1,0 \text{ м}^3$; $T=400^\circ$; $m=28,0$.

$$G = 2,0 \cdot 0,35 \cdot 1,0 \sqrt{\frac{28,0}{400}} \approx 0,19 \text{ кг/ч.}$$

При объемном весе окиси углерода (при 20°C), равном $\approx 1,17 \text{ кг/м}^3$, выделившееся количество газа занимает объем около $0,16 \text{ м}^3$. То есть для данного случая прорыв газов составляет 16% от объема аппаратуры.

То же для давления 3 ати и $T=280^\circ$:

$$G = 2,0 \cdot 0,18 \cdot 1,0 \sqrt{\frac{28,0}{280}} \approx 0,12 \text{ кг/ч,}$$

что соответствует объему (при 20°C) $\approx 0,10 \text{ м}^3$, т. е. прорыв составляет 10% от объема аппаратуры.

В обоих случаях коэффициент запаса принят равным 2. Это завышено, так как для окиси углерода можно было бы принять $K=1,5$.

Приводим еще одну приближенную формулу для подсчета количества вредностей, выделяющихся через сальники насосов:

$$G = dK \sqrt{p} [\kappa\text{г/ч}],$$

где d — диаметр вала (или штока) в мм;

K — коэффициент, учитывающий состояние сальников и степень токсичности выделений, принимаемый равным от 0,0002 до 0,0003;

p — давление, развиваемое насосом в *ати*.

Подсчитаем количество вредностей, выделяющихся от насоса, перскачивающего фурфурол при следующих данных: $d=20$ мм, $p=4,0$ *ати*, $K=0,0002$.

$$G = 20 \cdot 0,0002 \cdot \sqrt{4} = 0,008 \text{ кг/ч.}$$

При допустимой концентрации фурфурола 0,01 г/м³ потребное количество воздуха для разбавления выделяющейся вредности

$$8 : 0,01 = 800 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

От таких насосов обычно отсасывают 700—1000 м³/ч.

К газовым вредностям и аэрозолям близко примыкают так называемые «полые капли» и туман. В некоторых случаях туман является следствием выделения полых капель.

Классическим примером выделения полых капель является электролиз в водных растворах. Пузырьки газа обволакиваются пленкой жидкости и поступают в воздух в виде миниатюрных воздушных шаров. В дальнейшем пузырьки лопаются, образуя мельчайшие брызги жидкости — туман. Так, в помещениях для зарядки кислотных аккумуляторов при отсутствии вентиляции можно наблюдать туман серной кислоты, образовавшийся из полых капель.

Иногда туман образуется при испарении и последующей конденсации малолетучих жидкостей, например масла, входящего в состав эмульсий, применяемых при скоростном резании металлов.

Пылевые выделения — часто встречающаяся и трудно локализуемая вредность. Промышленная пыль, как и промышленные газы, многообразна по составу и свойствам, условиям выделения и действию, оказываемому на человека.

Классификация промышленных пылей может быть проведена по различным признакам. Отметим некоторые из них.

По действию, оказываемому на человеческий организм, пыли можно разделить на три группы:

а) нейтральная — нетоксическая пыль, не оказывающая от-

равляющего действия на живой организм. Воздействие этой пыли в основном механическое;

б) токсическая — пыль ядовитых веществ, отравляющих организм;

в) силикозная и асбестовая — пыль, содержащая более 10% свободной двуокиси кремния (SiO_2) или асбеста. Эта пыль, хотя по существу и не ядовита, вызывает тяжелые легочные заболевания — соответственно силикоз и асбестоз.

По происхождению пыль несколько условно делят на органическую (животного и растительного происхождения), минеральную и смешанную.

По размерам пылевых частиц различают пыль очень мелкую (0,1—1,0 мк), образующую аэрозоли, мелкую (2,0—10,0 мк), долго витающую в воздухе, среднюю (60—100 мк) и крупную (более 100 мк) — быстрооседающую.

Условия выделения пыли самые различные. Она возникает при размельчении (дробление, размол), при транспортировке измельченного материала, при упаковке и расфасовке, при отделке поверхности (шлифовка, глянецовка, ворсовка), при механической обработке хрупких материалов, а также в результате иных процессов. Все эти виды пылеобразования можно назвать основными, или первичными.

В промышленности возникают и иные, вторичные пылеобразования. К ним в первую очередь относится запыленность, возникающая при уборке помещений. Если уборка производится сухим способом при отсутствии пылесосов, неизбежно значительное поступление пыли в воздух помещения. Иногда с вторичными пылеобразованиями бывает труднее бороться, нежели с основными.

Борьба с пылью при помощи общеобменной вентиляции почти не дает эффекта. Как правило, пыль должна улавливаться в месте ее образования при помощи местных отсосов или в крайнем случае зональной вентиляцией. Поэтому в большинстве случаев проектировщиков промышленной вентиляции не интересует количество выделяющейся пыли, по крайней мере с точки зрения подсчета нужного воздухообмена, тем более, что вычислить, сколько пыли поступает в воздух, почти невозможно.

Обычно оказывается достаточным знать степень интенсивности пылевыведения. Здесь оперируют не цифрами, а такими условными понятиями, как интенсивное пылевыведение (дробление и размол, пескоструйная очистка, перегрузка сыпучих материалов), значительное пылевыведение (обдирка и шлифовка, работа с пресс-порошками, расфасовка), незначительное пылевыведение (в текстильной, деревообрабатывающей и бумагоделательной промышленности).

Существеннее знать условия пылевыведения: направление пылевого факела, точное местоположение очага пыления, интен-

сивность воздушных струй вблизи пылевого облака (например, конвективных токов) и другие подобные обстоятельства. Конструирование местных укрытий, размещение отсасывающих воронок, местоположение зональных пылеприемников — эти вопросы могут быть решены лишь при учете всех факторов.

§ 8. МЕТОДЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ

Общеобменной вентиляцией эффективно и экономично удаляются только избыточные тепловыделения при отсутствии иных вредностей. Одновременное наличие влаговыведений, препятствующее аэрации в холодное время года, значительно снижает экономичность общеобменной вентиляции.

Другие вредности (газы, пары, пыль), выделяющиеся порознь или совместно с теплом и влагой, обычно требуют устройства смешанной вентиляции.

В так называемых горячих цехах тепловыделения достигают огромных величин, а источники тепла обычно крупногабаритны. Устройство укрытий с местными отсосами для таких теплоисточников (крупных печей — стскольных, мартеновских, вращающихся) невозможно да и не нужно. Тепловыделения, не сопровождающиеся вредными газами или пылью, хорошо удаляются общеобменной вентиляцией — аэрацией или механической вытяжкой. Для борьбы с теплом, независимо от возможности аэрации, укрытия и местные отсосы почти не применяются.

Тепловыделения в чистом виде редко встречаются в промышленности. Обычно они сопровождаются влаговыведениями, или газами и парами, или пылью, или несколькими из перечисленных вредностей вместе. В этих случаях в помощь общеобменной вентиляции часто устраиваются местные отсосы. Такая смешанная вентиляция, т. е. комбинирование местных или зональных отсосов с общеобменной вытяжкой, наиболее распространена в промышленности. Общеобменная вентиляция в чистом виде или вентиляция только с местными отсосами встречаются реже.

Общеобменная вентиляция применяется в особых случаях — при всех видах вредностей, за исключением пылевыведений. Лишь крайне редко при незначительном и рассеянном пылевыведении общеобменная вентиляция применяется и для борьбы с пылью (например, в типографиях, на картонажных фабриках). Но и в этом случае вентиляция является скорее зональной (с механической вытяжкой из определенных точек или зон помещения), нежели общеобменной.

При выделении газов и паров, аэрозолей и полых капель, влаги и водяного тумана общеобменная вентиляция в отдельных случаях является единственным приемлемым решением. Эти частные случаи характерны невозможностью устройства местных отсосов по условиям технологии. Примерами вынужденного

применения общеобменной вентиляции могут служить следующие:

а) гаражи-стоянки, где источники газовыделений — автомобили;

б) окрасочные цехи, когда кистевая окраска и сушка производятся по всему помещению;

в) механические цехи, в которых имеет место выделение тепла и паров (тумана) эмульсии от станков. Местные отсосы здесь нерациональны, неэкономичны и загромождали бы помещение;

г) большие зарядные кислотных аккумуляторов, в которых выделение вредности — тумана серной кислоты происходит равномерно по всему помещению.

Однако и при возможности укрытия очагов вредных выделений с устройством местных отсосов все же приходится иметь смешанную вентиляцию. Дело в том, что даже при полной капсюляции удалить вредности до конца не удастся — часть их прорывается в помещение. Вот почему и приходится пользоваться общеобменной вытяжкой.

В СН 7—57 по данному вопросу имеется прямое предписание (§ 148): «В цехах с выделением газовых вредностей, кроме устройства местных отсосов от производственного оборудования, необходимо предусматривать общеобменную вытяжку не менее чем в однократном объеме помещения».

Это предписание распространяется на те случаи, когда выделяются пары, туман и аэрозоли. Оно не распространяется на случаи выделения пыли, потому что общеобменная вентиляция здесь неэффективна.

Принципы организации общеобменной вентиляции вытекают из характера распространения вредностей по помещению. Равномерное выделение вредностей по площади производственного помещения или по его высоте встречается редко. Как правило, вредности выделяются в определенных зонах, по вертикали и по горизонтали. Токами воздуха газы и пары разносятся по помещению. Распространение вредностей по помещению также не бывает равномерным, за исключением случаев, когда воздух перемешивается искусственно за счет струй сосредоточенного притока. Естественное распространение вредностей по помещению всегда создает в нем относительно «чистые» и «грязные» зоны.

Наибольшую роль в этом играют конвективные потоки, вызывающие вертикальные, горизонтальные и возвратные струи. Конвективные потоки уносят вверх не только газы и пары независимо от их удельного веса, но и мелкую пыль. Таким образом, при наличии в помещении мощных теплоисточников большая часть вредностей выносится тепловыми струями к перекрытию цеха.

Если эти «грязные» потоки сразу же удаляются интенсивной вытяжкой, расположенной над местом наибольшей концентрации вредностей в струе, то дальнейшее растекание вредностей по помещению практически исключается. Если же удалить полностью восходящий поток не удастся, если он будет разбит приточными струями, то картина распространения вредностей усложняется. Возникают горизонтальные и вертикально-возвратные потоки (за счет охлаждения воздуха у холодной кровли), возвращающие вредности в рабочую зону, из которой они были удалены восходящим тепловым потоком.

Упрощая сложное явление, можно сказать, что при наличии тепловыделений (частный случай) наибольшие концентрации вредностей будут в верхней зоне, а наименьшие — в рабочей (верхняя зона — «грязная», нижняя, рабочая — «чистая»). Отсюда напрашивается схема общеобменной вентиляции по принципу «снизу — вверх», т. е. с подачей приточного воздуха в рабочую зону и вытяжкой его из верхней зоны. Совершенно ошибочной в данном случае будет подача притока в верхнюю зону с верхней же или нижней вытяжкой. Однако такие ошибки при проектировании встречаются чаще, чем можно было бы предполагать.

Основной принцип вентиляции гласит: «Подавай воздух в чистую зону и извлекай из грязной». Значит, при общеобменной вентиляции особо существенно определить, где будут «чистые» и «грязные» зоны.

Приведем пример неправильной организации вентиляции в трехэтажном цехе с тепловыделениями и нефиксированным выделением сильно токсических газов.

В данном цехе этажи сообщаются между собой технологическими проемами. Это, по-видимому, натолкнуло проектировщиков на мысль — использовать проемы для вытяжки. Загрязненный газами воздух, естественно поднимающийся к перекрытию первого этажа, разбавляется в верхней зоне приточным воздухом и через проемы поступает во второй этаж. Там воздух дополнительно загрязняется, снова разбавляется притоком под перекрытием и через проемы поступает в третий этаж. В третьем этаже происходят те же процессы. Снова разбавленный притоком загрязненный воздух наконец удаляется через фонарь.

Схема описанной вентиляции представлена на рис. 10. Как видно, «чистой» зоны в здании нет. Даже в первом этаже вследствие отсутствия нижнего притока и наличия возвратных струй воздух загрязнен газами. Во втором и третьем этажах рабочая зона едва ли не самое «грязное» место. Кроме сказанного, данная схема имеет еще два существенных недостатка. При аварийном прорыве газов в первом или втором этажах несомненно страдают люди, находящиеся на верхних отметках. С точки зрения экономической такая схема (при невозможности аэрации)

невыгодна, ибо в теплый период воздухообмен определяется из условий удаления тепла. Подача притока (без охлаждения) в верхнюю зону не позволяет использовать естественное повышение температуры по высоте помещения.

Правильно решить вентиляцию данного цеха можно путем подачи приточного воздуха в рабочую зону. Вытяжка же должна осуществляться из верхней зоны каждого этажа.

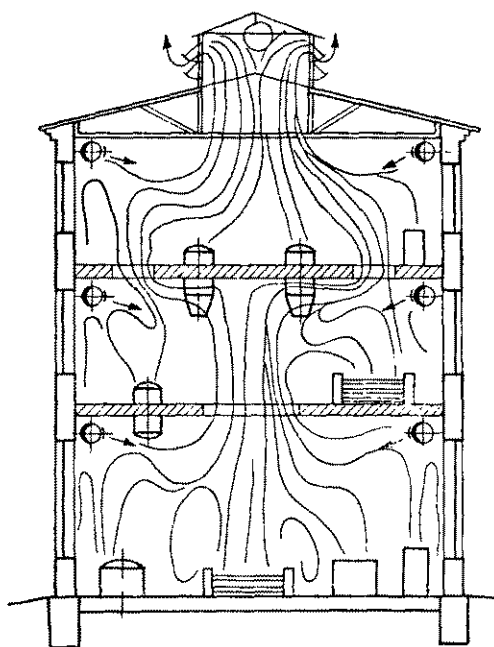


Рис. 10. Неправильная схема общеобменной вентиляции

Санитарные нормы СН 245—63 регламентируют подачу приточного воздуха следующим образом:

«Подача приточного воздуха системами механической вентиляции в производственных помещениях должна, как правило, производиться:

а) в рабочую зону в цехах с совместным выделением тепла и газов при устройстве общеобменной вентиляции;

б) в рабочую зону в цехах с пыле- и тепловыделениями при устройстве вытяжки из зоны с максимальными концентрациями пыли выше рабочей зоны (например, сварочные цехи и др.);

в) в верхнюю зону помещений с пыле- и газовыделениями, удаляемыми

местными отсосами, при отсутствии значительных избытков явного тепла;

г) в верхнюю зону помещений — при нижней вытяжке в помещениях с выделением паров летучих растворителей или пыли;

д) в верхнюю зону с подачей при необходимости части объема воздуха в рабочую зону — в помещениях с тепло- и влаговыведениями или только влаговыведениями».

В некоторых случаях рационально подавать воздух (полностью или частично) не в рабочую зону, а несколько выше ее — в так называемую среднюю зону, т. е. на высоте 2,5—3,0 м над полом. Обычно в этих случаях вытяжка производится из нижней и верхней зон. Типичным примером являются гальванические и малярные цехи.

Скажем несколько слов о сосредоточенном (или струйном) притоке. Вопрос этот спорный, еще не получивший достаточного практического разрешения. Тем не менее сторонники сосредоточенного притока применяют его без достаточного анализа. Автор считает сосредоточенный приток приемлемым при наличии тепловыделений и влаговыведений, но при отсутствии иных вредностей. Если имеются газовые выделения и пыль, сосредоточенный приток в большинстве случаев не рационален.

Выбор зоны отсоса при общеобменной вентиляции диктуется тем же правилом — забирать воздух из наиболее «грязной» зоны. При выделении пыли (особенно крупной), тяжелых газов и паров, при отсутствии конвективных токов такой зоной будет нижняя, у самого пола. При наличии же тепловых потоков зоной наибольшей концентрации вредностей, как правило, бывает верхняя. Если мощность тепловыделений недостаточна, такой зоной может оказаться средняя (например, в сварочных цехах).

Указания по проектированию СН 7—57 в § 203 следующим образом регламентируют выбор зоны отсоса:

«Выбор зоны отсоса при общеобменной вентиляции в цехах с выделением вредных газов или паров должен производиться с учетом их удельного веса и температуры:

а) если происходит выделение газов с большим удельным весом, чем удельный вес воздуха, то воздух должен удаляться из нижней и верхней зон помещения;

б) если удельный вес газов меньше, чем у воздуха, или если газы нагреты, то воздух должен удаляться из верхней зоны помещения;

в) если в помещение выделяется смесь газов, удельный вес которых и больше и меньше веса воздуха, то извлечение воздуха из помещения должно предусматриваться из двух зон — верхней и нижней».

При местной вытяжке ее зона определяется местоположением укрытий, от которых отсасывается воздух. При зональной вытяжке, являющейся промежуточной ступенью между местными отсосами и общеобменной вентиляцией, расположение приемников загрязненного воздуха диктуется в основном размещением очагов вредных выделений.

Зональная вытяжка пока еще распространена сравнительно мало. Тем не менее при неорганизованном выделении токсических газов (случайные прорывы) или при незначительных пылевыведениях в определенных точках, когда укрытие невозможно, применение зональной вытяжки вполне оправдано. Приемниками вредностей в этом случае обычно служат воронки и целевидные отсосы — прямые и изогнутые.

Для удаления газообразных вредностей и значительного количества пыли наиболее эффективны местные отсосы с полным или частичным укрытием очага выделений.

Во всех этих случаях следует стремиться к полному укрытию (капсюляции) машин или аппаратов, выделяющих вредности. Капсюляция — наиболее совершенный и экономичный способ локализации промышленных вредностей. Кожух, шкаф, разборное укрытие для сложной или громоздкой машины, наконец, заключение машины или аппарата полностью в кабину (без присутствия в ней людей) — лучший способ предотвращения попадания вредностей в помещение.

Капсюляция производственной аппаратуры, отвечающая санитарным и технологическим тре-

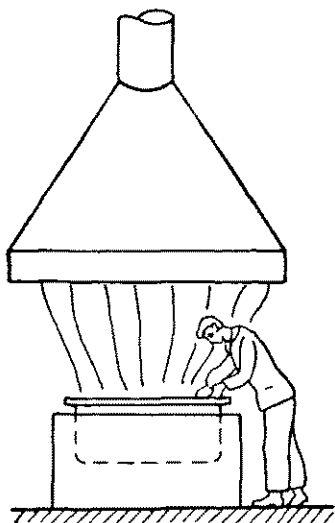


Рис. 11. Неправильная локализация вредности местным отсосом

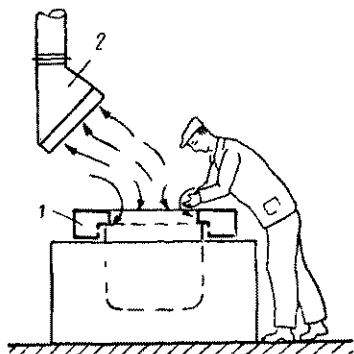


Рис. 12. Правильная схема удаления вредности «от рабочего»

1—бортовой отсос; 2—всасывающая панель

бованиям, — обширное поле совместной деятельности технологов и специалистов по вентиляции. Только в этом случае можно еще при проектировании аппарата или машины предусмотреть такую вентиляцию, которая органически бы входила в общую конструкцию, не затрудняла бы технологический процесс и была полноценной в санитарном отношении.

При невозможности полной капсюляции применяются менее совершенные местные укрытия и местные отсосы. К ним относятся зонты и ширмы, всасывающие панели, бортовые и щелевые отсосы, кожухи, построенные на принципе улавливания факела вредностей, воронки, основанные на том же принципе, витринные укрытия для ручных работ и т. п.

Местное укрытие или местный отсос должны препятствовать попаданию вредности в зону дыхания рабочего. Вредные выделения в данном случае удаляются по принципу «от рабочего».

Довольно часто источник вредностей (чан, печь и т. п.) «укрывают» зонтом, под которым постоянно находится рабочий. Это, конечно, недопустимо. На рис. 11 показано положение головы рабочего над источником вредности, укрытым зонтом, стимулирующим подъем вредностей в зону дыхания рабочего. Вытяжка такого типа с направлением потока вредности «на рабочего» не может быть рекомендована.

Если укрытие аппарата (чана, ванны, печи) невозможно и рабочий должен наклоняться над источником вредности, то здесь могут быть два решения: или бортовой отсос, или всасывающая панель, расположенная напротив рабочего и отклоняющая от него поток вредностей. В некоторых случаях возможна комбинация того и другого. Правильная схема местного отсоса для данного случая показана на рис. 12.

§ 9. УКРЫТИЯ И МЕСТНЫЕ ОТСОСЫ

Зонты (колпаки) и их емкие разновидности — ширмы (завесы) довольно распространенные местные укрытия. Впрочем, термин «укрытие» здесь не вполне точен, ибо зонт в лучшем случае может накрыть, но не укрыть источник вредности.

Зонты и ширмы применяются для локализации вредностей, имеющих тенденцию подниматься вверх.

При отсутствии в помещении ощутимых горизонтальных потоков и при интенсивной восходящей струе вредностей зонты и ширмы являются надежными местными укрытиями. Однако их можно рекомендовать только в двух случаях:

при нетоксических вредностях, т. е. при тепловыделениях и влаговыведениях;

при любых вредностях (кроме очень токсичных), сопутствующих тепловыделениям, создающими устойчивый восходящий поток, но при отсутствии постоянного рабочего места у источника вредностей.

По схеме исполнения зонты можно разделить на две группы: а) открытые со всех сторон (без свесов) и б) открытые частично. Зонты со свесами, особенно если последние прикрывают с боков источник вредности, приближаются к укрытиям. Они более совершенны, нежели зонты без свесов. Но основной недостаток — необходимость нахождения головы рабочего над источником вредностей — сохраняется и у зонтов со свесами.

Типы зонтов весьма разнообразны. Встречаются зонты круглые и прямоугольные, малые — типа воронок и большие, приближающиеся к ширмам, стационарные и подвижные (подъемные, поворотные, выдвижные, накатные). Конструкции всех этих зонтов приводятся в справочниках и альбомах типовых деталей. Остановимся только на накатном зонте.

Накатной зонт над ковшом для шлака, схема которого по-

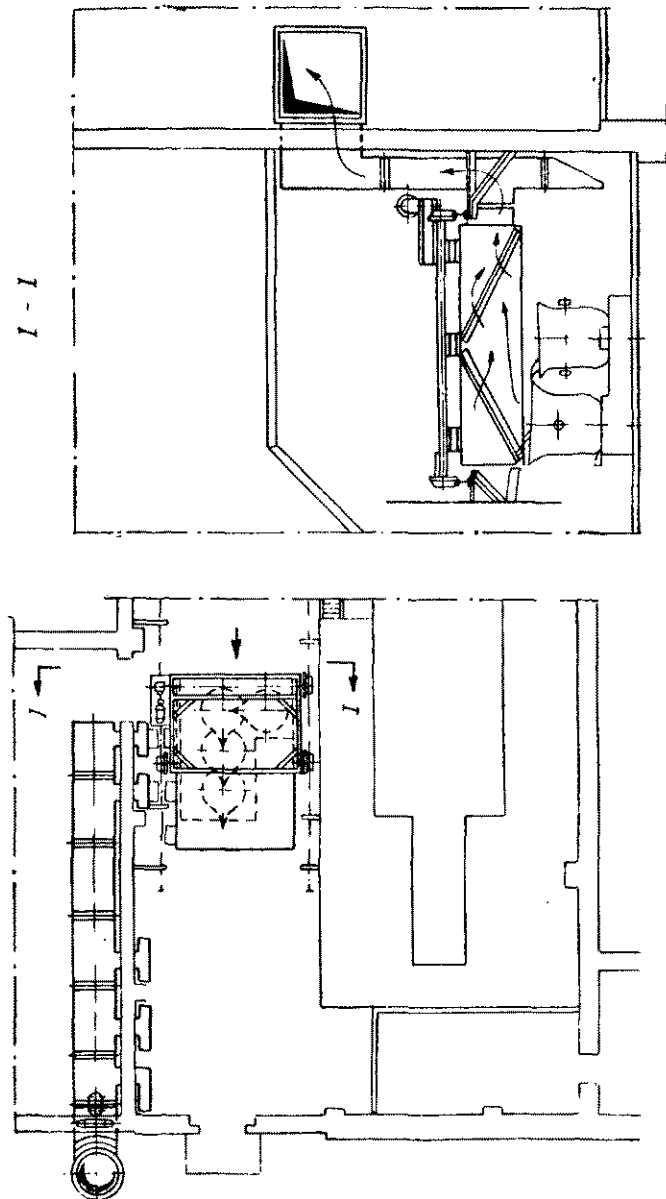


Рис. 13. Накатной зонт над ковшом для шлака

казана на рис. 13, представляет собой емкий колпак, чаще всего прямоугольной формы, передвигающийся по рельсам вручную или с помощью электродвигателя. Обычно такой зонт боковых свесов не имеет; однако не исключена возможность их устройства по сторонам, параллельным направлению движения. Применяется накатной зонт обычно в тех случаях, когда источник вредностей обслуживается краном.

Если источники вредностей многочисленны и расположены рядами, а также если наблюдается периодическое бурное выделение вредностей, вместо зонтов устанавливают ширмы.

Довольно эффективными местными отсосами являются всасывающие панели (например, типа Чернобережского). Они представляют собой прямоугольные зонты, открытая часть которых располагается вертикально или наклонно, с частично перекрытым живым сечением. Последнее состоит из ряда параллельных щелей, скорость засоса воздуха через которые в 4—8 раз превышает скорость засоса через открытое отверстие зонта.

Как правило, всасывающая панель осуществляет удаление вредностей по принципу «от рабочего». Она вполне пригодна для индивидуального отсоса (от одного рабочего места) при таких ручных операциях, как электросварка, газовая сварка, пайка, прессование пластмасс, выдувание стекла и т. п. Иначе говоря, всасывающая панель (особенно наклонная) вполне применима для удаления нагретых газов, дыма, тумана, паров. Панель значительно менее эффективна при удалении пыли, особенно относительно крупной, и совсем непригодна для удаления пылевого факела.

Всасывающая панель по своему действию аналогична щелевидному отсосу и может с успехом применяться вместо щелей, когда вредность выделяется несосредоточенно и зона ее выделения имеет высоту в 300—800 мм. Щелевидный отсос здесь непригоден; требуется несколько параллельных щелей, т. е. панель.

Приведем пример. Окрашенные изделия до их отправки в сушилку помещаются на передвижную этажерку, где происходит частичное испарение растворителя. Капсюляция этажерки затрудняет технологический процесс, зонт непригоден, щелевидных отсосов потребовалось бы несколько, воронки неэффективны. В данном случае вертикальная всасывающая панель, помещенная рядом с этажеркой, дает удовлетворительный эффект.

Если источник вредностей имеет большое горизонтальное протяжение при малой ширине, то для удаления газовых вредностей может быть использована вертикальная или слегка наклонная панель большой длины. Для равномерности отсоса, а также чисто конструктивно длинная панель составляется из нескольких секций. Получается «батарея» из панелей, иначе батарейная панель (рис. 14).

Длина отдельных ее секций обычно не более 1,0 м; количество панелей в батарее 6—10 шт.

Весьма распространенным отсосом является бортовой, представляющий собой разновидность щелевого отсоса. Бортовой отсос располагается вдоль длинной стенки, ограничивающей зеркало выделения вредностей, например, вдоль борта ванны, чана, желоба. Бортовые отсосы применяются также в комбинации со сдувками (передувками) разных типов.

Ввиду специфичности конструирования и расчета бортовых отсосов и сдувок им посвящена специальная глава.

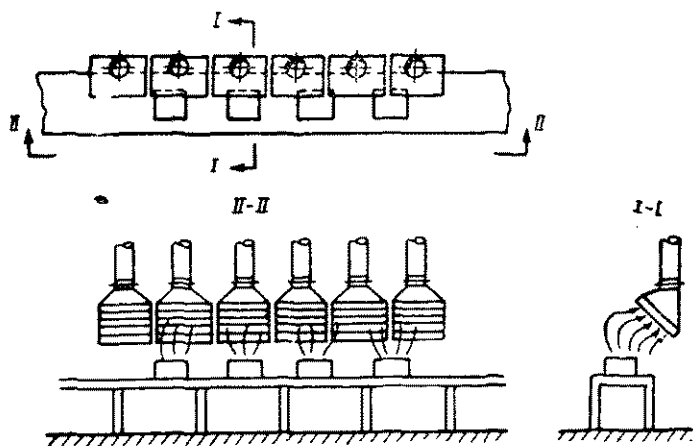


Рис. 14. Батарейная всасывающая панель

Наиболее совершенными типами укрытий являются всякого рода кожухи, полностью изолирующие источник вредностей. Укрытия-кожухи по принципу их действия и конструкции можно разбить на следующие группы:

а) укрытия-кожухи, полностью заключающие в себя машину или аппарат. Обслуживание машины или аппарата ведется через проемы;

б) укрытия типа шкафов, предназначенные для ручной работы с источником вредностей, заключенным внутри шкафа;

в) укрытия витринного типа — также для ручной работы с помещенными в них источниками вредностей, обычно малогабаритными по высоте;

г) укрытия-козырьки, не имеющие передней стенки. Укрытия предназначены для ручной работы с малогабаритными изделиями;

д) укрытия-боксы, не имеющие открытых проемов. Предназначены для ручной работы с помощью рукавов с перчатками, встроенных в переднюю стенку, или манипуляторов;

е) кожухи, укрывающие только ту часть машины или аппарата, где имеется источник вредностей.

С точки зрения вентиляционной наиболее совершенны кожухи, полностью укрывающие машину или аппарат. Опыт проектирования вентиляции во многих областях промышленности позволяет сказать, что в большинстве случаев удастся полностью укрыть даже сложные и громоздкие аппараты и машины.

Обратимся к текстильной промышленности. Здесь жизнь уже давно потребовала полной капсюляции некоторых пылящих агрегатов. Эти агрегаты заключаются в кожух, обслуживание ведется через рабочие проемы и люки. Если такое укрытие возможно в текстильной промышленности, оно возможно и в других отраслях производства. И к этому надо стремиться, конечно, если это вызывается необходимостью.

На рис. 15 приведен эскиз кожуха, полностью укрывающего полужаводскую печную установку. Разборная часть кожуха состоит из съемных щитов. Эти щиты и дверцы должны быть выполнены из прозрачной пластмассы. Кожух имеет каркас из угловой стали, на который опирается его стационарная крышка. В данном случае кожух делается разборным для возможности ремонта и перемонтажа печи в процессе эксплуатации.

Разборные кожухи с подвесными шторками (щитами) хорошо себя оправдали для укрытия таких аппаратов, как нутч-фильтры. Здесь кожух должен быть разборным для возможности смены фильтрующего полотна. В разборный кожух можно заключать также фильтр-прессы и вакуум-фильтры. Так как обслуживание фильтр-прессов ведется по окончании процесса фильтрации и прекращения выделения вредностей, то к этому моменту кожух разбирается.

Весьма разнообразны в зависимости от назначения конструкции вытяжных шкафов. Эти конструкции приведены в справочниках по вентиляции, останавливаться на них не будем. Однако отметим одно существенное обстоятельство.

Независимо от конструкции и назначения вытяжного шкафа его проемы должны быть выполнены таким образом, чтобы обслуживающий персонал никоим образом не мог попасть головой внутрь шкафа. В противном случае в зону дыхания рабочего попадут концентрированные вредности. Вследствие сказанного глубина шкафного укрытия не должна превышать 700 мм, т. е. длины рук человека.

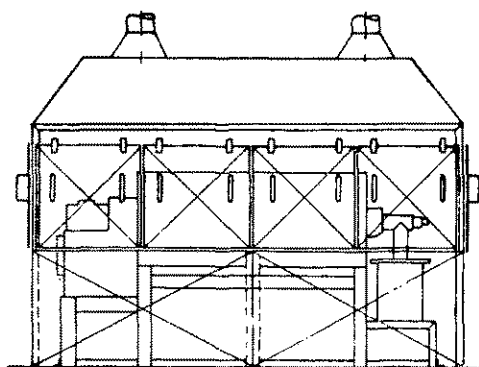
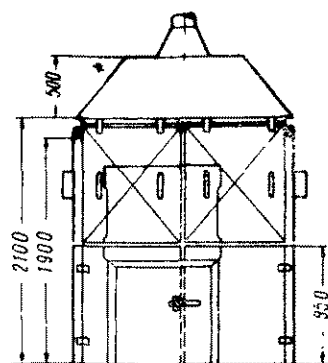
В практике автора встречались случаи укрытия вредных ванн (травильных, обезжиривания) в шкафы с большими по высоте проемами. Так как ширина ванн была порядка 900—1000 мм, рабочий естественно наклонялся над ванной, и голова

его оказывалась в зоне токсических вредностей. Такая вентиляция приносит только вред.

Рассмотрим обычный лабораторный шкаф, имеющий две подъемные остекленные двери. Если объем удаляемого от шкафа воздуха рассчитывать на полное раскрытие обеих дверей, это приведет к чрезмерно большому воздухообмену, в особенности, если шкафов много. По условиям работы редко требуется полное открытие обеих дверей; следовательно, можно рассчитывать шкаф на открытие одного проема или на открытие обонх наполовину.

Фасад

Боковой вид



План

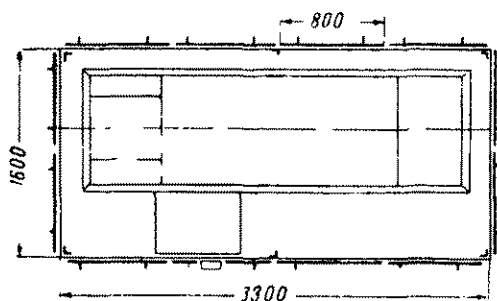


Рис. 15. Разборный кожух над полузаводской печной установкой

Однако очень часто по невниманию открывают обе двери. Это приводит к плохим последствиям, если не в данной лаборатории, то в соседних, при групповой вытяжке от шкафов.

Необходима хотя бы простейшая блокировка дверей, показанная на рис. 16. При подъеме одной дверки вторая автоматически опускается за счет собственной тяжести. Нужно добавить,

что Ленинградская городская санэпидстанция считает обязательной блокировку дверей лабораторных вытяжных шкафов.

Укрытия витринного типа (остекленные панели) представляют собой низкие вытяжные шкафы с остекленной верхней крышкой, расположенной ниже головы рабочего (рис. 17). Через остекленную поверхность (стекло может быть органическое) рабочий видит, что делается внутри витрины.

При конструировании витринного укрытия нужно тщательно продумать его размеры, чтобы было удобно работать—стоя или сидя, в зависимости от условий технологии.

Укрытия-козырьки (их иногда тоже называют витринными) не имеют верхней остекленной крышки. Рабочий смотрит внутрь укрытия через проем по всему фронту укрытия. Высота рабочего проема обычно принимается 400—600 мм.

На рис. 18 показано укрытие рассматриваемого типа конструкции МИОТа с отсосом «улитка». Это довольно распространенный тип укрытия для малых работ, пайки и т. п. операций.

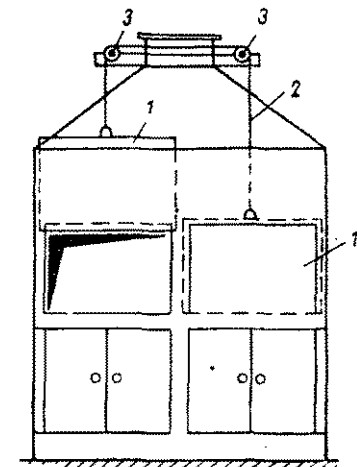


Рис. 16. Схема блокировки дверей лабораторного вытяжного шкафа

1—дверки; 2—металлический трос; 3—ролики

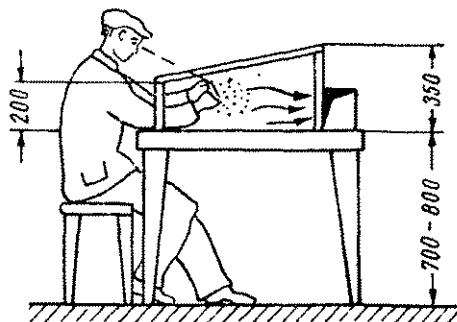


Рис. 17. Схема витринного укрытия

Укрытия-боксы, не имеющие открытых проемов, применяются для работ с радиоактивными пылящими веществами, а также при расфасовке особо токсических порошков. Характерной особенностью боксов являются встроенные в них резиновые рукава с перчатками (или манипулятор), а также наличие специальной форкамеры, служащей для загрузки бокса и удаления из него обрабатываемых материалов. Форкамеры отделены от бокса герметичной дверкой. Из форкамеры также производится отсос воздуха.

Схема бокса для работы с радиоактивными веществами показана на рис. 19.

Кожухи, укрывающие только часть машины или аппарата, наиболее характерны при борьбе с пылью. Примером может служить кожух, укрывающий обдирочно-шлифовальный абразивный круг.

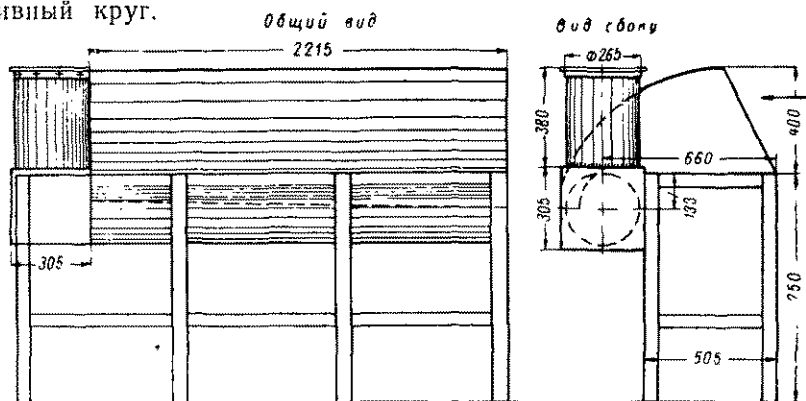


Рис. 18. Укрытие типа МИОТ с отсосом «улитка»

Полная капсюляция аппаратуры, выделяющей особо токсические вредности (или работающей под большим давлением), достигается помещением ее и соответствующих трубопроводов в

замкнутое помещение — кабину, в которую обслуживающий персонал заходит периодически, применяя средства индивидуальной защиты от вредностей. Управление аппаратурой выносится за пределы кабин в специальные коридоры, в которые подается приточный воздух.

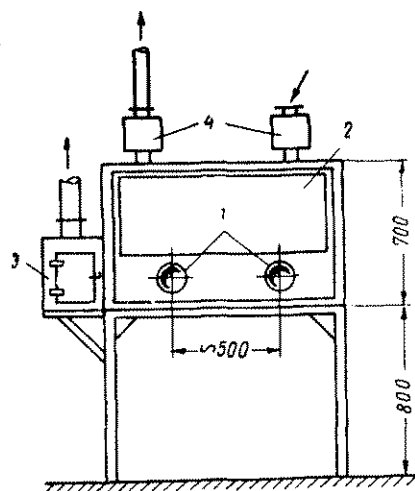


Рис. 19. Схема бокса для работы с радиоактивными веществами

1—рукава с перчатками; 2—смотровое стекло; 3—форкамера; 4—фильтры

Кабины для аппаратуры вентилируются. Вытяжная вентиляция — общеобменная или зональная (с местными отсосами). Кабины всегда должны находиться под разрежением; подача в них даже в малом количестве принудительного притока категорически противопоказана. Воздух, компенсирующий вытяжку из кабин, поступает в них за счет

вакуума через специальные самозакрывающиеся решетки или через обратные клапаны.

На рис. 20 показана примерная планировка кабин и «чистых» коридоров. Самозакрывающиеся решетки устанавливаются в дверях или стенках кабины. В некоторых случаях, если допустимо понижение температуры в кабине или имеются большие тепловыделения, возможно забирать воздух не из «чистого» коридора, а непосредственно снаружи.

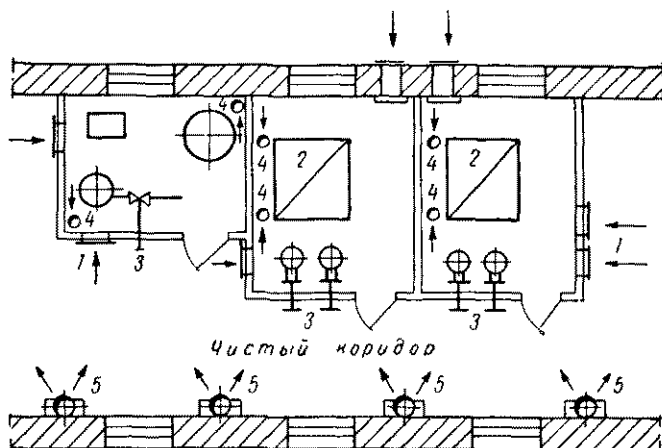


Рис. 20. Планировка кабин для аппаратуры при особо токсических вредностях

1—самозакрывающиеся решетки; 2—печи; 3—органы управления аппаратами; 4—вытяжная вентиляция; 5—приточная вентиляция

Одна из применяемых конструкций самозакрывающихся решеток показана на рис. 21. Решетка обычно выполняется из винипласта или легких металлических сплавов.

§ 10. СПЕЦИФИКА ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЫЛЕВЫДЕЛЕНИЙ

Как уже говорилось, эффективная борьба с пылевыведениями возможна только с помощью местных отсосов.

Из рассмотренных выше типов местных укрытий и отсосов при борьбе с пылью почти вовсе исключаются зонты. Они могут дать эффект лишь тогда, когда пыль является сопутствующей вредностью. Небольшое количество легкой пыли в интенсивном тепловом потоке (возможно, совместно с водяными парами) — типичный пример сопутствующей пылевой вредности. Мощный поток, увлекающий за собой легкую пыль, хорошо улавливается зонтом. В этом случае зонт применим как укрытие и местный отсос, однако с соблюдением оговоренных выше условий.

Всасывающие панели и бортовые отсосы сравнительно редко применяются при борьбе с пылью. Впрочем, они могут оказаться

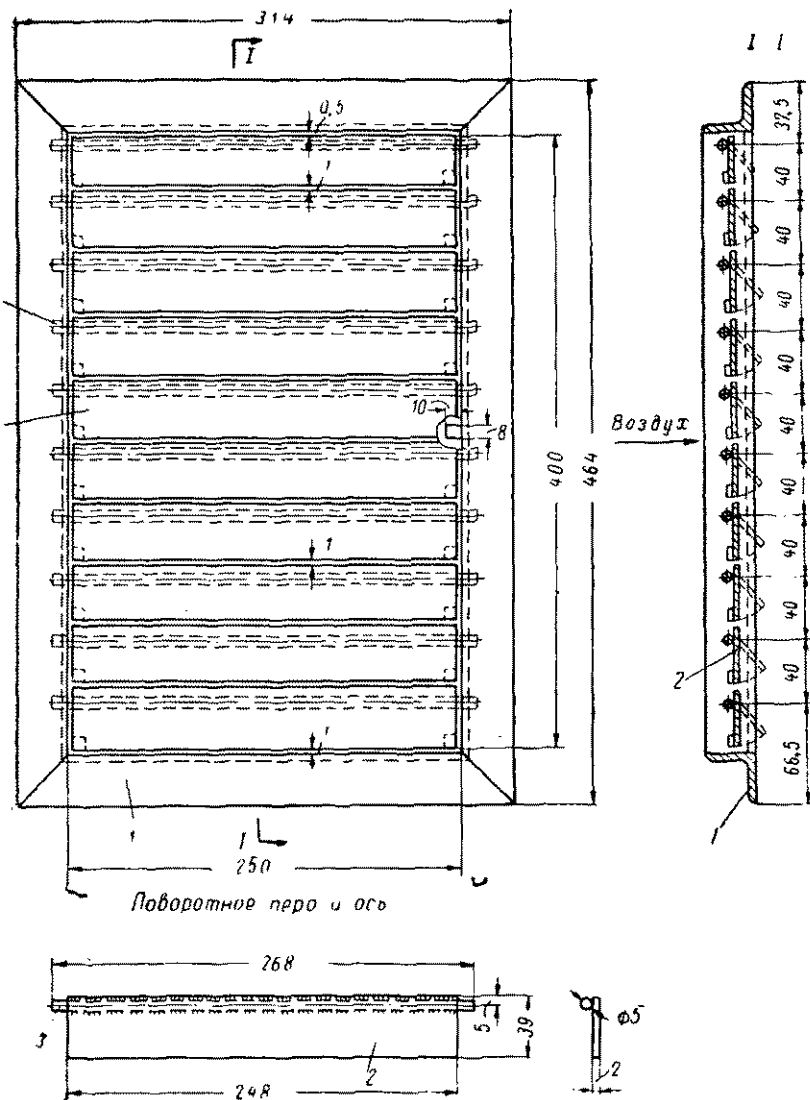


Рис. 21. Самозакрывающаяся решетка

1—рама решетки; 2—поворотное перо; 3—ось. Материал решетки — винипласт

эффективными при незначительных и ненаправленных пылевыведениях, при которых образуется пылевое облако, но не факел.

Щелевидные отсосы и особенно отсосы-воронки довольно широко распространены при борьбе с пылью. Воронка, поставленная на пути пылевого факела, почти полностью улавливает его. Если же факел, хотя бы частично, минует воронку, эффект пылеулавливания не достигается даже при значительном количестве отсасываемого воздуха. Отсосы-воронки применяют у шлифовальных и заточных станков, у токарных и фрезерных станков при обработке хрупких материалов (пластмассы), при загрузке пресс-форм порошками пластмасс и т. д.; с их помощью осуществляют отсос пыли у бумагорезательных машин, при размотке проволоки, при транспортировке и перегрузке сыпучих материалов в таре, при ручных пересыпках и т. п.

При интенсивных пылевыведениях единственными рациональными укрытиями являются всевозможные кожухи. Укрыть очаг пылеобразования и воспрепятствовать прорыву пыли через отверстия и неплотности укрытия — в этом заключается задача локализации пыли путем вентиляции.

В ряде случаев борьба с пылью ведется не только с помощью вентиляции. Известно, что влажные материалы пылят меньше, чем сухие. Если влажность обрабатываемого материала не существенна для технологии, всегда выгодно повысить ее до возможного предела. Искусственное увлажнение пылящих материалов носит общее название гидрообеспыливания. Однако, говоря о гидрообеспыливании, нужно различать два процесса: а) увлажнение всей массы материала путем поливки его водой, например, из перфорированных труб или при помощи форсунок; б) распыление воды до мелкодисперсного состояния в районе пылеобразования механическим или пневматическим путем с целью локализации пылевого облака за счет коагуляции пылинок и естественного осаждения их.

Создание водяного тумана в месте образования пылевого облака путем распыления воды воздухом носит название пневмогидрообеспыливания.

Борьба с пылью путем удаления ее с отсасываемым воздухом, как известно, носит название аспирации. При аспирации различают два случая капсюляции очага пылеобразования: а) полное укрытие в сплошном кожухе, не имеющем иных отверстий, кроме течек; б) неполное укрытие, когда в кожухах имеются щели и отверстия.

В первом случае, когда укрытия герметичны или близки к таковым, внутри кожуха создается вакуум. Подсосы через течки, через неплотность прокладок, через сальники и т. п. создают внутри кожуха воздухообмен и удаляют часть образующейся

пыли. Если вакуум достаточен и скорость в неплотностях не позволяет частицам пыли, движущимся со значительными скоростями, пробиться наружу, достигается полное обеспыливание. К аппаратам, имеющим сплошные кожухи, относятся элеваторы и шнеки, некоторые мельницы и магнитные сепараторы, автовесы, мешалки, а также иные механизмы, не требующие обслуживания.

Рассмотрим аспирацию кожуха элеватора (рис. 22). Стальной кожух обычно состоит из звеньев, соединенных между собой болтами, с прокладками между фланцами. При идеальном выполнении и тщательной эксплуатации кожух герметичен и сообщается с внешней атмосферой только через течки. Но идеального не бывает, между прокладками неизбежны щели, через которые при наличии в кожухе положительного давления выбивается пыль. Положительное давление (при отсутствии аспирации) создается в нижней части кожуха, в месте поступления в него материала, за счет воздуха, увлекаемого материалом.

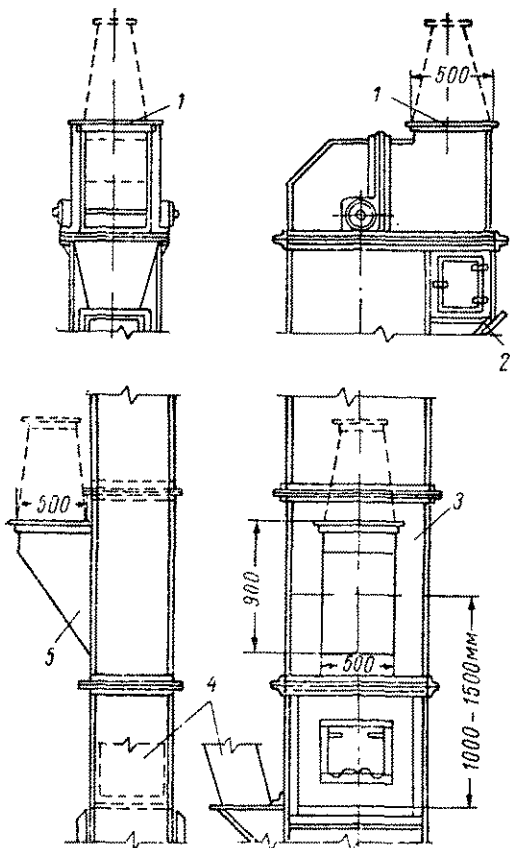


Рис. 22. Общий вид аспирации кожуха элеватора

1—фланец для присоединения местного отсоса; 2—разгрузочная течка; 3—щит с аспирационной воронкой; 4—загрузочная течка; 5—аспираторная воронка

Чем больше высота падения и чем более заполнена течка материалом, тем больше положительное давление.

Выбивание пыли происходит не только за счет давления. Частично пыль выбивается за счет сил инерции материала и его упругости. Пылевые частицы приобретают кинетическую энергию, за счет которой движутся в направлениях, не совпадающих с движением воздушного потока внутри кожуха. Сказанное лишь

схематично раскрывает физические явления, происходящие в кожухе элеватора. В действительности все сложнее.

Различают подачу элеватором холодного или горячего материала. При горячем материале протекающие в кожухе явления осложняются еще конвективным током нагретого воздуха. Однако бытующее среди специалистов мнение, что при горячем

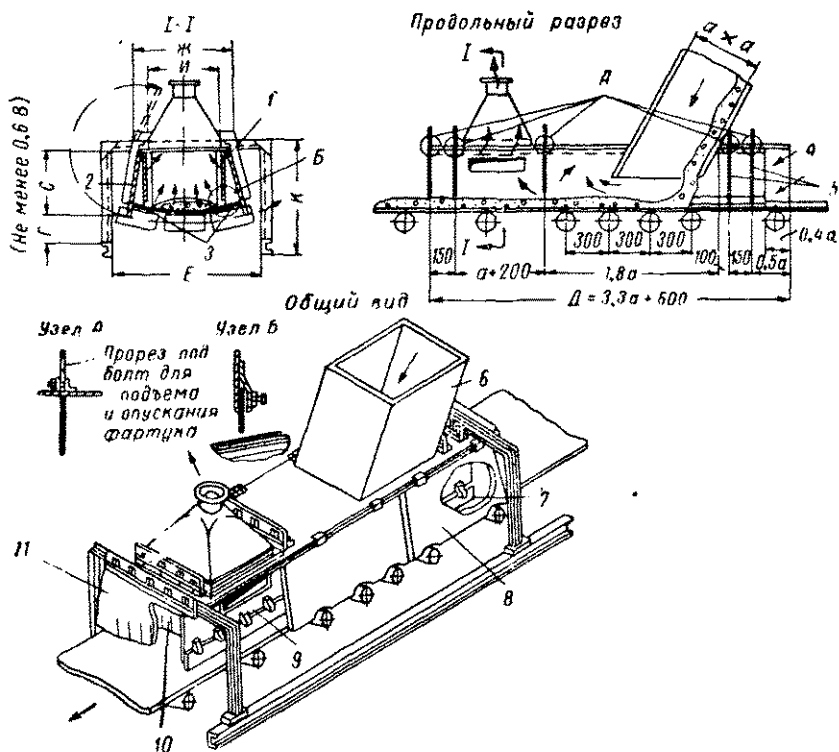


Рис. 23. Укрытие с боковыми вентилируемыми камерами типа СИОТ

1—отверстия, соединяющие боковые камеры с внутренней полостью; 2—площадь поперечного сечения камеры f_k (см. табл. 3); 3—стенка камеры с вырезами у роликов; 4—вход воздуха в камеры; 5—уплотняющие фартуки, перекрывающие внутреннюю полость; 6—течка; 7—уплотнение; 8—откидные стенки камеры; 9—направляющие борты; 10—фартук, перекрывающий внутреннюю полость (башмак); 11—фартук, перекрывающий все сечение укрытия

материале не следует делать отсоса от низа (башмака) элеватора, недостаточно обоснованно и опровергается практикой. Лишь для очень низких элеваторов (высота не более 8—10 м) возможно ограничиться отсосом только от головки. При элеваторах высотой более 10 м следует предусматривать отсос от башмака и от головки независимо от степени нагретости материала.

На рис. 22 показаны так называемые аспирационные воронки (воронки для местного отсоса). Они, как правило, устанавливаются у всех укрытий при отсосе пыли. Их назначение — уменьшить унос пыли. Это достигается путем создания в сечении воронки относительно малых скоростей. В некоторых случаях, когда пылеунос нарушает пропорцию смеси материалов, приходится делать аспирационные воронки максимально большими (скорость в сечении воронки всего лишь 0,30—0,50 м/сек). В этом принципиальное отличие отсосов пыли по сравнению с газами, аэрозолями и т. п.

Когда имеется неполное укрытие очага пыления или по условиям технологии требуются проемы, обеспыливание усложняется. При невозможности гидрообеспыливания требуется отсасывать значительные объемы воздуха, но и это не всегда достигает цели.

Конструкция укрытия и правильное присоединение к нему аспирационной воронки играют здесь решающую роль.

Типичным примером неполной капсюляции является укрытие места перепада с ленточного конвейера на конвейер или из дробилки (щековой, конусной) на ленточный конвейер. Такое укрытие типа СИОТ (с боковыми вентилируемыми камерами) показано схематично на рис. 23. Этот вид укрытия наиболее совершенен и может быть рекомендован для перепадов на ленту во всех случаях (при гидрообеспыливании или без такового).

Приводим табл. 3, заимствованную из СН 155—61, содержащую размеры укрытия и площади неплотностей.

Отметим особенность борьбы с пылью при «мокрых» процессах. До последнего времени считалось, что при мокрой шлифовке и заточке не требуется вентиляции с местными отсосами. Однако опыт показал значительное загрязнение помещений пылью при мокрой шлифовке металла абразивными кругами.

Явление вполне объяснимо. В факеле брызг эмульсии, вылетающем из-под круга, содержатся мельчайшие (самые вредные) частицы абразива — искры, видимые простым глазом. Частицы эмульсии или воды, попадающие в помещение, испаряются, а пыль витает в воздухе.

Шлифовка и заточка, протекающие во влажном состоянии, требуют местных отсосов при помощи воронок, как и аналогичные сухие процессы.

При некоторых ручных процессах (расфасовка, шкуровка) наблюдается заметное пылевыведение. Наиболее рационально проводить эти процессы в укрытиях типа витринных или с козырьками (например, типа МИОТа). Возможно, хотя и менее эффективно, использование столов с решетками и нижним отсосом.

Чтобы обеспыливать лари с сыпучими материалами, их закрывают крышками и снабжают вытяжкой непосредственно

Размеры укрытия в мм по рис. 23

Ширина ленты В	Сечение точки а × а	М	С	Ж	Д	Г	Е	К	Площадь сечения камеры f_k	Ориентировочная площадь неплотностей			
										непроходное укрытие		проходное укрытие	
										f_n	f_3	f_n	f_3
500	380 × 380	390	360	510	1850	204	770	674	0,019	0,013	0,004	0,021	0,021
650	440 × 440	480	400	600	2050	204	920	714	0,027	0,017	0,006	0,03	0,03
800	550 × 550	590	480	710	2420	204	1120	834	0,037	0,028	0,009	0,046	0,046
1000	720 × 720	770	600	890	2960	280	1360	1050	0,049	0,046	0,015	0,076	0,076
1200	820 × 820	870	720	990	3290	280	1620	1170	0,075	0,06	0,02	0,10	0,10
1400	950 × 950	1000	840	1120	3730	280	1820	1310	0,102	0,08	0,027	0,135	0,135

где f_k — площадь поперечного сечения боковых вентилируемых камер в м^2 ; f_n — площадь неплотностей в передней торцевой стенке укрытия в м^2 ; f_3 — площадь неплотностей в задней торцевой стенке укрытия в м^2 .

из-под крышки. В данном случае сам ларь является аспирлируемым укрытием.

На некоторых производствах приходится иметь дело с опорожнением бумажных мешков. Если пустые мешки бросать на пол, как это обычно делается, неизбежно сильное пыление, с которым трудно бороться.

Автор предлагает устанавливать возле мест разгрузки мешков специальные бункера, напоминающие большой почтовый ящик, со щелевидным отверстием сверху и отсосом воздуха. Опорожненные мешки либо непосредственно опускаются в щель бункера, либо спускаются туда по наклонному желобу. В бункере желательно устанавливать вибрационный механизм, хотя бы ручной. При помощи этого механизма порожние мешки встряхиваются перед их удалением через дверку в нижней части бункера.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ БОРЬБЕ С ГАЗАМИ, ПАРАМИ И АЭРОЗОЛЯМИ

§ 11. ПРИНЦИПЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ЦЕХОВ С ТОКСИЧЕСКИМИ ВЫДЕЛЕНИЯМИ

Основной принцип, которым надо руководствоваться при проектировании вентиляции помещений с токсическими выделениями, изложен в § 147 СН 7—57:

«В цехах с выделением вредных и взрывоопасных газов или паров для предупреждения их распространения по помещению следует предусматривать, как правило, местные отсосы; общеобменная вытяжная вентиляция допускается только в тех случаях, когда устройство местных отсосов невозможно».

Здесь своевременно указать, что Санитарные нормы (СН 245—63); Указания (СН 7—57) и т. д. регламентируют лишь минимально необходимые мероприятия по вентиляции. В таблице приложения 26 СН 7—57 приведены расчетные минимальные скорости всасывания в рабочих проемах укрытий. Следовательно, запрещается оперировать скоростями, меньшими указанных, но отнюдь не возбраняется повышать их, когда это действительно необходимо. Кроме того, в отдельных случаях указанные в таблице скорости несколько занижены. Об этом подробнее говорится дальше.

Внедрение местных укрытий и местных отсосов при вентиляции цехов с токсическими вредностями — одна из основных задач специалистов по вентиляции, особенно при проектировании новых производств химической промышленности.

Во многих случаях местные укрытия с соответствующими отсосами могут и должны быть сконструированы при создании машин и аппаратов, предназначенных для новых производств.

В предыдущей главе говорилось о полной капсюляции аппаратуры, выделяющей особо токсические вредности. Этот метод — заключение аппаратов в кабины без пребывания в них челове-

ка — уже давно использован в некоторых областях химической технологии. Остановимся на нем подробнее, пользуясь приведенным выше рис. 20.

Кабины, в которых капсьюлируется аппаратура, могут быть небольшими — площадью 4—6 м² и весьма крупными до 100 м². Размеры и планировка кабин диктуются удобством размещения аппаратуры и необходимостью вывода механизмов управления за пределы кабины. Если размещенная в кабине аппаратура работает автоматически и не требует вывода в коридор механизмов управления, то планировка диктуется только удобством размещения. Здесь, правда, есть одно условие, связанное с охраной труда.

Рабочие входят в кабины периодически и кратковременно и пользуются средствами индивидуальной защиты органов дыхания. Для этой цели используются респираторы (противогазы) разных конструкций, а также маски с подачей в них свежего воздуха. Последние применяются при наличии таких газов, как окись углерода, не поглощаемых промышленными респираторами.

Применяя респиратор, рабочий может свободно передвигаться по кабине. Если он надевает маску, в которую воздух подается шлангом, движения рабочего скованы и ограничены длиной шланга. Обычно длиннее 10—15 м шланг не делается. Этим и лимитируются размеры кабины.

Использование масок со шлангами нельзя признать безопасным, особенно в кабинах, насыщенных аппаратурой с выступающими частями (фланцы, вентили, болты). При поспешном выходе из кабины шланг может зацепиться за выступающие части и сорвать маску с лица рабочего. Гораздо рациональнее пользоваться аппаратом, предложенным автором еще в 1957 году, типа акваланга для подводного плавания. Человек несет на себе резервуар из легкого сплава или пластмассы со сжатым воздухом.

Как было указано выше, кабины вентилируются. Чаще всего вытяжка бывает общеобменной по зональному принципу. Однако в некоторых случаях рациональнее применить местные отсосы, например, от кожухов аппаратов, от сальников насосов и т. д.

Вытяжные установки, обслуживающие кабины, как правило, имеют резервные вентиляторы.

Рассмотрим здесь укрытие, специфическое для особо вредных цехов. Оно предназначается для напорных трубопроводов, подающих сильно токсические вещества или работающих под большим давлением. Укрытие изображено схематически на рис. 24 и носит название «труба в трубе». Оно применяется при трассировке напорных трубопроводов вне кабин — в чистых помещениях или во дворе.

Своеобразно разрешается отсос газов, аэрозолей и паров при работе в замкнутых отсеках (при окраске или сварке цистерн). Осуществить местный отсос здесь не удастся (за исключением «вакуумной вентиляции», применяемой при сварке в судостроении). Вентиляция замкнутого отсека большей частью осуществляется зональным отсосом (воронка на гибком шланге) по принципу «от рабочего» (рис. 25).

В начале процесса рабочий находится в глухом торце отсека. Всасывающая воронка удаляет вредности вблизи рабочего

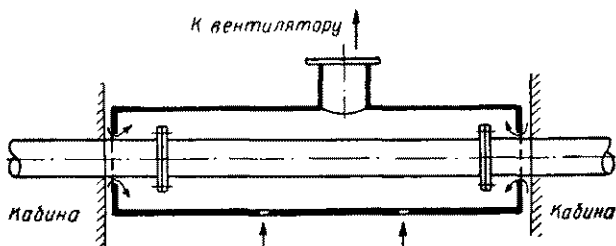


Рис. 24. Укрытие «труба в трубе»

места. Затем рабочий подвигается к открытому концу отсека и передвигает воронку (иногда помещаемую на тележку), все время ставя ее перед собой. Свежий воздух взамен удаляемого воронкой поступает через открытую сторону отсека и омывает рабочего. Воздух засасывается из помещения или подается принудительно специальной установкой. При диаметре гибкого шланга 120 мм объем отсасываемого воронкой воздуха может достигать до 900 м³/ч.

Газы и дым при точечной сварке, пайке, подкраске, прессовании пластмасс хорошо удаляются

щелевидными отсосами и воронками, однако при обязательном условии расположения приемника вредности близко (порядка 100—300 мм) от источника ее выделения.

Щелевидные отсосы — кольцевые и полукольцевые — могут с успехом применяться для удаления вредностей, выбивающихся из рабочих окон, печей и сушил, у вращающихся печей в месте соединения подвижной и неподвижной частей, возле крышек аппаратов, работающих под давлением и в иных аналогичных случаях.

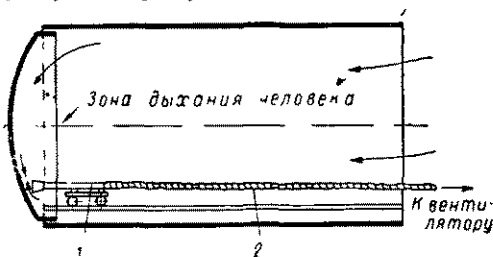


Рис. 25. Принцип вентиляции замкнутого отсека

1—тележка с воронкой; 2—гибкий шланг

Интересным примером локализации восходящего потока аэрозоли (мельчайшие частицы SiO_2), выделяющегося из печи при высокой температуре, может служить сконструированный в пятидесятых годах институтом Гипростекло щелевой (бортовой) отсос. Схема этого отсоса показана на рис. 26. Так как печь периодически наклоняется (в это время выделение аэрозоли прекращается), то патрубок отсоса сделан разъемным.

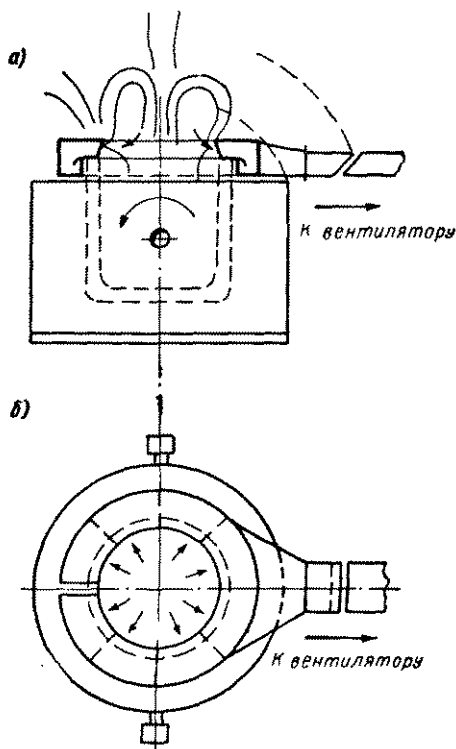


Рис. 26. Кольцевой щелевой отсос у периодически наклоняющейся печи
а—вид сбоку; б—вид сверху

Если невозможна вентиляция с местными отсосами,—а такие случаи встречаются,—приходится в виде исключения допускать общеобменную вытяжку и при борьбе с токсическими вредностями. Основная задача общеобменной вытяжки в данном случае—воспрепятствовать образованию в помещении зон повышенной концентрации. Поэтому во всех случаях вытяжка должна быть зональной. Следует изучить и выявить особо опасные по выделению вредностей зоны, а также зоны возможного застоя воздуха. Вытяжка должна производиться именно из этих зон.

При общеобменной вентиляции цехов с тепловыделениями и газовыми вредностями играют роль такие, казалось бы, посторонние факторы, как конструкция и теплоизо-

ляция кровли. Особенно существенна последняя. При чрезмерно «холодной» кровле неизбежны возвратные токи охладившихся газов в рабочую зону. Это следует учитывать при проектировании.

Отметим одно обстоятельство, касающееся выделения паров легколетучих жидкостей—таких, как эфир, спирты, бензол и бензин. Эти жидкости, интенсивно испаряясь при комнатной температуре, отнимают потребное для испарения тепло от окружающего воздуха и охлаждают его. Если в помещении нет зна-

чительных источников тепловыделений, то наибольшая концентрация вредных веществ будет в нижней зоне, из которой и следует извлекать воздух.

Принципы организации общеобменной вентиляции при борьбе с газами, парами и аэрозолями изложены в предыдущей главе. Добавим здесь некоторые соображения по организации притока. Это вопрос спорный. Есть сторонники верхней и нижней зон для подачи приточного воздуха, есть защитники средней зоны, некоторые предлагают сосредоточенный приток при помощи мощных струй, другие склоняются к рассеянному притоку.

Вопрос рациональной подачи приточного воздуха очень существен при борьбе с токсическими вредностями, особенно при общеобменной вентиляции.

Автор — категорический противник сосредоточенного притока в помещениях с токсическими вредностями, независимо от способа вытяжки. Сосредоточенный приток может быть оправдан только как местный, типа воздушных душей или иных направленных на рабочего струй. При токсических вредностях во всех случаях рекомендуется подавать приточный воздух в зону наименьшего загрязнения и, хотя бы частично, в рабочую зону. Подавать воздух в зону дыхания следует (кроме воздушных душей) рассредоточенно с помощью воздухораспределителей с равномерной раздачей. Скорость выхода воздуха из распределителя при подаче в рабочую зону рекомендуется в следующих пределах:

при температуре притока ниже температуры помещения на 3—5 °С, при выпуске воздуха вблизи рабочих мест	0,50—0,70	м/сек
то же, но при выпуске воздуха в достаточном удалении (2—3 м) от рабочего места	0,70—1,0	„
при температуре притока, равной температуре помещения соответственно	от 0,70—1,0 до 1,10—1,30	

Приведем несколько рекомендуемых схем взаимодействия притока и вытяжки:

а) вытяжка местными отсосами, расположенными в разных зонах, а также общеобменная из верхней зоны. Приток следует подавать в рабочую зону рассредоточенно и в местах наименьшего загрязнения, однако не слишком удаленно от постоянных рабочих мест;

б) смешанная или зональная вытяжка, в основном из верхней зоны. Приток следует подавать так же, как и предыдущий;

в) относительно низкое помещение, местные вытяжки в рабочей зоне, общеобменная вытяжка из верхней зоны, значитель-

ное загромождение аппаратурой. Приток следует подавать частично в рабочую зону, ближе к рабочим местам, и частично в среднюю зону (на высоте 2,5—3,0 м от пола) рассредоточенно. Избегать токов воздуха над источниками выделения вредностей;

г) значительные тепловыделения и газовыделения, частично локализуемые местными отсосами. Рабочие места не фиксированы, в обслуживании аппаратуры имеются перерывы. Приток, помимо общеобменного, например, через фрамуги, следует подавать в виде воздушных душей в чистые зоны на места отдыха рабочих;

д) вентиляция общеобменная и зональная с вытяжкой из нижней зоны (пары растворителей, тепловыделения отсутствуют). Приток следует подавать в чистые зоны на уровне 2,50—3,0 м от пола;

е) местные укрытия и отсосы невозможны. Вытяжка общеобменная. Рабочие находятся постоянно вблизи источников вредностей. Приток следует подавать направленно в виде воздушных душей, сдувающих вредности от рабочего.

При автоматизированном процессе и немногочисленных рабочих местах у пультов управления, кроме общего притока (иногда за счет аэрации), желательно устройство местных «воздушных оазисов» у пультов управления.

В любом случае организация притока должна приниматься в соответствии с Санитарными нормами СН 245—63.

Отметим специфичность компенсации местной вытяжки притоком в помещениях с переменным режимом вытяжки (объем ее может меняться от нуля до максимума). В такие помещения подавать приток принудительно не рекомендуется, ибо при уменьшении объема вытяжки возможно перетекание воздуха из «грязного» помещения в соседние «чистые». В этом случае рекомендуется подавать приточный воздух в коридор, откуда он будет засасываться в вентилируемое помещение за счет вакуума. Здесь рационально использовать самозакрывающиеся решетки. Их нужно установить в достаточном количестве, чтобы создать минимальное сопротивление проходу воздуха.

Помещения с выделением газов и паров в некоторых случаях взрывоопасны. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании вентиляции. Вопрос достаточно хорошо освещен в курсах вентиляции и справочниках, а также СН 7—57, раздел VI.

§ 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХООБМЕНОВ

При смешанной вентиляции воздухообмен в помещении обычно диктуется производительностью местных отсосов. Общая вытяжка, дополняющая местную, обычно не превышает двух-трех-

кратного обмена (согласно нормам — не менее одного обмена). В исключительных случаях — при очень большой кубатуре помещения и малопроизводительных местных отсосах общеобменная вытяжка превалирует над местной. Такая вентиляция уже приближается к чисто общеобменной.

Если совместно с газами, парами и аэрозолями выделяется значительное количество тепла, то иногда объем воздуха, потребный для удаления тепла, превышает необходимый для борьбы с упомянутыми вредностями. Тогда воздухообмен диктуется тепловыделениями, и при смешанной вентиляции общеобменная вытяжка может превышать местную. Обычно же при газах, парах и аэрозолях основная доля воздухообмена падает на местные отсосы.

Количество воздуха L , которое необходимо удалять от укрытий различного типа, а также от зонтов и ширм, определяется при помощи простой формулы:

$$L = 3600 \cdot Fv \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (15)$$

где F — расчетная площадь открытых проемов, щелей и неплотностей укрытия в м^2 ;

v — минимальная расчетная скорость воздуха в открытом проеме в $\text{м}/\text{сек}$.

Для зонтов и ширм расчетная площадь F представляет собой площадь приемного сечения (чаще всего горизонтального). Для укрытий типа кожухов, шкафов и т. п. площадь F представляет сумму площадей всех открытых проемов, щелей и зазоров. В общем случае в укрытии различают главный, или рабочий проем, вспомогательные проемы (смотровые, для взятия проб), зазоры и, наконец, щели, т. е. случайные неплотности, зависящие от конструктивного выполнения и материала укрытия.

Под минимальной расчетной скоростью v подразумевается наименьшее для данного случая значение условной средней скорости в проемах укрытия или зонта. Скорость v есть некоторая усредненная величина, отличная от средней скорости, скажем, в воздуховодах, так как ни в одном укрытии не удастся создать закономерного распределения скоростей по площади сечения одного и того же проема, не говоря уже о нескольких различных проемах. Значение скорости v , найденное опытным путем, учитывает имеющуюся в действительности неравномерность распределения скоростей в проеме или в приемном сечении зонта.

Простота приведенной выше формулы кажущаяся. Если определение площади F — вопрос тщательности и четкого представления о конструкции укрытия, то правильное определение скорости v много сложнее.

При данной конструкции укрытия и конкретной величине F (с учетом всех неплотностей, зависящих от структуры материа-

ла укрытия), величина расчетной скорости определяет количество воздуха, которое необходимо удалять из укрытия или от зонта, чтобы обеспечить невыбивание вредности. Нахождение величины v и расчетом — задача сложная.

Ток воздуха через раскрытый проем укрытия — процесс неустановившийся. Скорости в определенных точках сечения изменяются во времени и зависят в основном от совершающегося в укрытии процесса (движение рук, работа машины) и от движения воздуха вне укрытия (подача материала, движения человека).

Расчетное значение скорости v принимается в зависимости от многих причин. Главная из них — степень токсичности выделяющихся вредностей, определяющая возможность или недопустимость частичного выбивания вредностей из укрытия. Далее следует наличие или отсутствие явлений, стимулирующих выбивание вредностей. К ним относятся механические, тепловые и физико-химические.

Приведем примеры, иллюстрирующие сказанное. При спокойном процессе в укрытии и выделении малотоксичных паров (дым при пайке оловом) расчетная скорость рекомендуется в пределах 0,40—0,50 м/сек. При таком же процессе, но при выделении паров синильной кислоты, скорость берется порядка 1,5 м/сек. Как видно, расчетная скорость изменяется более чем в три раза. Рассмотрим теперь процесс окраски при условии, что растворители — уайт-спирит и скипидар (допустимая концентрация 300 мг/м³). При кистевой окраске (равномерное движение рук) расчетная скорость принимается 0,5 м/сек. При электростатической окраске, когда возникает принудительное движение частиц краски, скорость принимают 0,70—0,80 м/сек. Наконец, при пульверизационной окраске, когда возможно вылетание брызг краски за пределы кабины, скорость принимают 1,0—1,20 м/сек.

Расчетные скорости в открытых проемах различных укрытий регламентированы приложением 26 СН 7—57. Однако автор считает нужным внести некоторые коррективы к предлагаемым значениям скорости v , а также несколько дополнить и дифференцировать эти рекомендации.

Предлагаемые расчетные скорости для укрытий типа шкафов, кожухов, витрин и козырьков сведены в табл. 4.

При определении суммарной площади F для укрытий наиболее трудно поддаются учету всякого рода случайные неплотности. Даже в стационарном укрытии при его хорошем выполнении щели неизбежны. У деревянных укрытий вследствие рассыхания и коробления щели могут быть довольно значительными. Автор рекомендует учитывать неплотности введением некоторого коэффициента к суммарной площади всех рабочих проемов и щелей.

Расчетные скорости в проемах укрытий

Род операции	Вид укрытия	Выделяющиеся вредности	Минимальная расчетная скорость в м/сек
Плавка и разлив свинца $t = 400^\circ\text{C}$	Шкаф, кожух	Аэрозоль свинца и окислов	1,50—1,70
Гальваническое свинцевание	То же	Фтористый водород	1,50
Шоопирование	"	Аэрозоль окислов и металла	1,20—1,50
Пайка свинцом или третником	Шкаф, витринное укрытие, козырек	Аэрозоль свинца и дым	0,70
Пайка без свинца	То же	Аэрозоль металла и дым	0,40—0,50
Работа со свинцом при интенсивном движении в укрытии	Шкаф, кожух, витринное укрытие	Аэрозоль свинца и окислов	2,0—2,50
Работы с ртутью без нагрева	Шкаф, кожух	Пары ртути	0,80—1,0
То же, с нагревом	То же	То же	1,10—1,30
То же, при интенсивном движении	"	"	1,50
Лабораторные и ползаводские установки	Шкаф, кожух, разборное укрытие	Газы и пары при допустимой концентрации до 10 мг/м^3	0,50
То же	То же	То же, до $1,0 \text{ мг/м}^3$	0,70—1,0
"	"	То же, ниже $1,0 \text{ мг/м}^3$	1,20—1,50
Работа с эпоксидными смолами без нагрева	Шкаф, кожух	Эпихлоргидрин, пары дифенил-пропана	1,0

Род операции	Вид укрытия	Выделяющиеся вредности	Минимальная расчетная скорость в м/сек
Работа с эпоксидными смолами с нагревом	Шкаф, кожух	Эпихлоргидрин, пары дифенил-пропана	1,50
То же, при совместном наличии пыли	То же	То же	1,50—3,0
Операции с особо-вредными веществами	Шкаф, кожух, бокс с форкамерой	Радиоактивные вещества, теллур, бериллий	2,0—3,0
Электросварка мелких деталей (электроды ОММ-5, УОНИ).	Шкаф, кожух	Окислы металлов, газы	0,70
То же, электродами ЦМ-7	То же	То же	0,80
Ручная работа с выделением паров и газов	Витринное укрытие, укрытие-козырек	Газы и пары при допустимой концентрации до 10 мг/м ³	0,60—0,80
То же	То же	То же, до 1,0 мг/м ³	1,0—1,30
Закалка и отпуск в масляной ванне	Шкаф, кожух	Пары масла и продукты разложения	0,50
Закалка в селитровой ванне $t = 700^\circ\text{C}$	То же	Аэрозоль селитры	0,50
Закалка в соляной ванне $t = 800 \div 900^\circ\text{C}$	"	Аэрозоль соли	0,50
Цианирование $t = 700^\circ\text{C}$	"	Цианистые соединения	1,50
Цианистые покрытия (меднение, цинкование, кадмирование)	Шкаф, кожух, козырек	Пары синильной кислоты	1,50

Род операции	Вид укрытия	Выделяющиеся вредности	Минимальная расчетная скорость в м·сек
Травление в соляной и азотной кислоте	Шкаф, кожух, козырек	Хлористый водород, окислы азота	0,70—1,20
Травление в серной кислоте $t = 15-60^{\circ}\text{C}$	Шкаф, кожух	Туман серной кислоты	0,60—0,90
Хромирование	То же	Хромовый ангидрид	1,50
Электролитическое обезжиривание	"	Туман щелочей	0,60—0,80
Промывка в бензине	Шкаф, витринное укрытие, козырек	Пары бензина	0,50—0,60
То же, хлорированные углеводороды	То же	Пары хлорированных углеводородов	0,50—0,80
Плавка и разлив цветных металлов (цинк, кадмий, алюминий)	Шкаф, укрытие-козырек	Аэрозоль окислов металлов	0,70—1,0
Аппаратура с интенсивным выделением газов и паров	Кожух самого аппарата; разборное укрытие	Газы и пары при допустимой концентрации до 10 мг/м^3	0,70—1,0
То же	То же	То же, до $1,0 \text{ мг/м}^3$	1,20—1,50
Окраска кистевой или окунанием	Шкаф, витринное укрытие, козырек	Пары керосина, уайт-спирита, скипидара	0,50
То же	То же	Пары ксилола, толуола, бензола	0,70—0,80
Электростатическая окраска	Кабина с проемами	Пары керосина, уайт-спирита, скипидара	0,70—0,80

Род операции	Вид укрытия	Выделяющиеся вредности	Минимальная расчетная скорость в м/сек
Электростатическая окраска	Кабина с проемами	Пары ксилола, толуола, бензола	1,0—1,20
Пульверизационная окраска	Кабина	Пары керосина, уайт-спирита, скипидара	1,0—1,20
То же	То же	Пары ксилола, толуола, бензола	1,20—1,50

Этот коэффициент k можно принимать равным:

- для металлических стационарных укрытий — в зависимости от наличия разъемных соединений и дверей . . . 1,0 — 1,20
- деревянных стационарных укрытий (в частности, вытяжные шкафы) 1,20—1,40
- для металлических разборных укрытий — в зависимости от частоты разборки укрытия и количества разъемных частей 1,20—1,40
- деревянных разборных укрытий 1,40—1,60

Определение величины F для зонтов и ширм не представляет труда. Что касается расчетной скорости v для этих укрытий, то по СН 7—57 ее рекомендуется принимать:

- для зонтов без свесов 1,05—1,25 м/сек
- • • , открытых с трех сторон 0,90—1,05 •
- • • с двух • 0,75—0,90 •
- • • с одной стороны 0,50—0,75 •

Для зонтов-козырьков у дверей сушил, остывочных камер и т. п., где возможно выделение газов, скорость принимать 1,0 м/сек.

Для маловредных газов (с допустимой концентрацией до 10 мг/м^3) приведенные значения скорости даже несколько завышены и могут быть уменьшены процентов на 30. Так, по данным американской практики, скорости принимаются: для зонтов без свесов 0,70 м/сек; для зонтов с двумя свесами (открытых с двух сторон) 0,60 м/сек; для зонтов с тремя свесами 0,40 м/сек.

Для зонтов больших размеров, даже при скорости в горизонтальном сечении в 0,70 м/сек, получаются весьма значительные объемы отсасываемого воздуха. Если зонт имеет размеры в плане $6,0 \times 2,5 \text{ м}$, то объем отсоса ($F = 15,0 \text{ м}^2$).

$$L = 3600 \cdot 15,0 \cdot 0,70 \approx 38\,000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Автор считает возможным при расчете отсоса от больших зонтов без свесов принимать скорость в пределах 0,50—0,60 м/сек.

Что касается ширм (завес), то при расчете количества отсасываемого воздуха приходится подходить по-иному. Так как ширмы менее подвержены «выдуванию» из-под них вредностей, скорость в горизонтальном сечении может быть снижена даже в сравнении с большими зонтами.

При относительно безвредных газах (парах, аэрозолях) возможно принимать расчетную скорость воздуха в горизонтальном сечении от 0,12—0,20 м/сек для больших ширм (20—30 м²) до 0,20—0,30 м/сек для ширм меньших размеров.

При токсических вредностях ширмы не применяются.

Определение воздухообмена в кабинах, в которых капсულიруется особо вредная аппаратура, расчету не поддается. Количество выделяющихся вредностей, как правило, неизвестно. Допустимые концентрации вредностей в воздухе кабин не регламентируются. В случае выделения взрывоопасных газов и паров необходимо только обеспечить невозможность образования взрывоопасной смеси.

Объем воздуха, который следует удалять из кабин, определяется по кратности обмена. Однако никаких норм в этом случае не существует. Можно считать, что кратность ниже 10 обменов в час не принимается даже для больших кабин. С другой стороны, редко принимается кратность обмена выше 100 в час. В указанных пределах и лежат практически приемлемые кратности обменов.

В качестве первого приближения автор рекомендует принимать следующие кратности обмена в час в кабинах для капсულიации аппаратуры при отсутствии в них человека:

кабины малой величины (до 100 м ³) при значительном насыщении аппаратурой и при сильно токсических вредностях (концентрация 1 мг/м ³ и ниже)	60—100
то же средней величины (до 500 м ³)	50—80
„ „ большой „ (до 1000 м ³)	30—60

При менее вредных веществах, но при работе аппаратуры под большим давлением, кратности обмена можно принимать соответственно 40—80 для малых кабин, 30—60 для средних и 20—40 для больших.

При переработке в кабинах больших количеств металлической ртuti кратность обмена следует принимать не менее 60—100.

Расчет местных вытяжек, осуществляемых бортовыми отсосами, здесь не рассматриваем, т. к. этому посвящена специальная глава.

Определение объема воздуха, удаляемого с помощью всасывающих панелей, производится по той же формуле расхода:

$$L = 3600 \cdot f v \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (16)$$

где f — живое сечение панели в м²;

v —средняя скорость (действительная) в живом сечении панели.

По этой же формуле производится расчет щелевых отсосов и отсосов-воронок. Однако для этого вида местных (зональных) отсосов существуют и иные практические нормы.

Размеры всасывающей панели, щелевого отсоса или воронки выбираются в зависимости от характера выделения вредностей и от протяженности «фронта» выделения. Любой из перечисленных отсосов должен располагаться как можно ближе к очагу вредностей. Под термином «близко» будем подразумевать 150—200 мм; под термином «далеко» соответственно 250—350 мм. Располагать приемник вредностей на расстоянии, большем 350—400 мм, уже малоэффективно. Исключением являются всасывающие панели, которые располагаются на расстояниях от 300—400 мм и до 500—800 мм (возможно и более, например у литейных конвейеров).

Эффективность рассматриваемых местных отсосов, помимо их расположения, определяется скоростью засоса воздуха через живое сечение отсоса.

Для всасывающих панелей можно рекомендовать следующие расчетные скорости засоса (табл. 5).

Таблица 5

Расчетные скорости засоса (м/сек) для всасывающих панелей

Наименование и характер выделения вредности	Скорость при расположении	
	„близко“	„далеко“
Газы при пайке без свинца и газовой сварке	3,0	4,0—5,0
Аэрозоли при разливке и пайке свинца	6,0	7,0—8,0
Сварочный дым при электросварке	4,0—5,0	5,0—6,0
Маловредные (до 10 мг/м³) пары, газы и аэрозоли при холодном процессе	3,0	4,0—4,50
То же, при горячем процессе	4,50	5,0—6,0
Вредные пары, газы и аэрозоли (до 1 мг/м³) при холодном процессе	4,0	5,50
То же, при горячем процессе	5,0	6,0—7,0
Газы и пары при литье чугуна на конвейере	6,0	8,0
Пары растворителей (уййт-спирит, скипидар)	2,50	3,50

Примечание. Скорость засоса для всасывающих панелей при выделении дыма от электросварки определяется в зависимости от марки электродов.

Для щелевидных отсосов скорости воздуха в щелях можно брать такие же, как и для панелей, или несколько меньше, учитывая более близкое расположение к месту выделения вредностей. Для всасывающих воронок, наоборот, скорости следует брать несколько большими, чем для панелей и щелей. Для вредных паров и газов скорости засоса берут до 10—15 м/сек в зависимости от расположения воронки, ее размеров и характера выделения газов.

При зональной вентиляции производительность одной воронки обычно берут от 500 до 1000 м³/ч. Скорость засоса в данном случае роли не играет.

Для щелевидных отсосов при малоинтенсивном выделении вредностей можно принимать норму отсоса 700—1000 м³/ч на 1 пог. м протяженности щели. Это соответствует скорости около 4,0—6,0 м/сек, при ширине щели 50 мм.

Приведенные данные для определения объема воздуха, удаляемого местным отсосом, надо рассматривать как приближенные. В каждом частном случае необходимо анализировать условия выделения вредностей, конструкцию отсоса и его местоположение и на основе анализа принимать ту или иную производительность местной вытяжки.

Перейдем к определению воздухообмена при общеобменной вентиляции.

Если нельзя определить достаточно точно количество выделяющихся вредностей, но известны их качественные показатели, единственным методом определения воздухообмена является эмпирический: по назначенной кратности, зная кубатуру помещения, вычисляют воздухообмен, пользуясь расчетной формулой

$$L = Vn \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (17)$$

где V — внутренняя кубатура помещения в м³;

n — кратность воздухообмена в час, принятая на основе опыта и по аналогии с действующими цехами.

Кратности воздухообмена, установленные на основе опыта для различных цехов, приведены в соответствующих справочниках и нормах. Повторять их здесь не будем.

Отметим, что при определении воздухообмена по кратности нужно критически подходить к имеющимся в литературе данным. В первую очередь следует обратить внимание на условия выделения вредностей и правильно наметить схему их удаления (общеобменная или зональная вытяжка, места забора загрязненного воздуха, способ подачи притока). Затем необходимо учесть высоту помещения, от которой зависит величина V (является ли высота нормальной для данного производства, завышенной или заниженной). Только после всестороннего анализа возможно найти правильное значение n .

Если приведенная в литературе величина n найдена опытом для общеобменной вытяжки, то при применении зональной вентиляции целесообразно сократить n в полтора и более раза, что очень существенно при большой кубатуре цеха.

Не касаясь крупных цехов с тепловыделениями и естественным воздухообменом (преимущественно — аэрация), укажем некоторые примерные кратности обмена для цехов с токсическими вредностями.

Для помещений средней кубатуры (до 5000 м³) и при небольшой высоте (до 5,0 м), при выделении газов, паров и аэрозолей наименьшей кратностью обмена нужно считать 5,0. Такую кратность принимают для механических цехов при работе с эмульсией (пары, туман), окрасочных цехов при небольшом расходе растворителя, некоторых химических цехов при маловредных выделениях вроде аммиака, сернистого газа, уксусной кислоты и т. п.

Помещения с выделением тумана серной кислоты, паров соляной кислоты, окиси углерода, хлора и иных вредных веществ обычно имеют кратность обмена 7,0—9,0 (зональная вентиляция) и 10,0—12,0 (общеобменная вентиляция). Для помещений, где заряжаются кислотные аккумуляторы, принимают кратность обмена 12,0—14,0 (в зависимости от силы тока и высоты помещения).

В низких (4,0 м) и небольших помещениях при значительном насыщении их аппаратурой, особенно работающей под давлением (насосные), кратность воздухообмена в час принимается 20,0 и выше.

Если известно количество выделяющихся вредностей, то определение потребного воздухообмена при общеобменной вентиляции поддается расчету.

Расчетная формула для этого случая

$$L = \frac{\varphi G}{k_{\text{доп}}} [м^3/ч], \quad (18)$$

где G — количество выделяющейся вредности (газа, пара, аэрозоли) в г/ч;

$k_{\text{доп}}$ — предельная допустимая концентрация вредности в рабочей зоне помещения в г/м³;

φ — коэффициент, учитывающий неравномерность выделения вредностей и их распределения по помещению; будем называть эту величину коэффициентом неравномерности.

При этом подразумевается, что вводимый воздух не содержит газовых вредностей и, следовательно, $k_{\text{н.ч.}} = 0$.

Значения $k_{\text{доп}}$ регламентированы нормами СН 245—63.

Если бы вредности равномерно распределялись по помещению и выделение их было бы неизменным по времени, коэффициент φ был бы равен 1,0 и вышеприведенная формула могла бы претендовать на точность. В действительности равномерности ни в первом, ни во втором случае не наблюдается. Непосредственно у источников выделения вредности концентрация ее может во много раз превышать среднюю — предельно допустимую. В некоторых метрах от источника концентрация, наоборот, может быть значительно ниже, вплоть до нулевой. С другой стороны, при наличии мощных тепловых потоков газовые

вредности выносятся из рабочей зоны и собираются у перекрытия, откуда обычно и удаляются. При искусственном перемешивании, например, при подаче сосредоточенного притока, концентрации вредных выделений несколько выравниваются, что, однако, не исключает наличия отдельных зон повышенной (или пониженной) концентрации.

Как правило, вредности выделяются неравномерно по времени. Наиболее ярким примером этой неравномерности являются газовыделения от автомобилей в гаражах, случайные газовыделения — из неплотностей, пробных кранов и т. д. То же можно сказать о сушке и испарении при малярных работах, о газовыделении в литейном производстве и о многих других случаях.

Удаление вредностей из рабочей зоны в верхнюю тепловыми струями или иным способом, казалось бы, позволяет уменьшить потребный воздухообмен, рассчитываемый по допустимой концентрации в рабочей зоне. При вентиляции по схеме «снизу — вверх» концентрация вредностей в верхней зоне (т. е. в удаляемом воздухе) выше иногда в 1,5 раза, нежели в рабочей. Если в указанную выше формулу вместо $\kappa_{\text{доп}}$ подставить концентрацию вредностей в удаляемом воздухе $\kappa_{\text{ух}}$, то величина L получится меньшей. Некоторые специалисты предлагают определять воздухообмен именно таким образом.

С этим нельзя согласиться. Во-первых, мы не располагаем достаточными данными о концентрациях в верхней зоне при допустимой концентрации в рабочей. Во-вторых, возвратные струи из верхней зоны в рабочую могут создать в последней повышенные против допустимых концентрации. В-третьих, улучшение состояния воздушной среды рабочей зоны за счет уноса вредностей в верхние слои воздуха едва ли компенсирует неравномерность выделения вредностей по времени, не говоря уже о повышенных концентрациях в зонах наибольшего выделения вредностей.

Учитывая чрезвычайную сложность явлений, лишь схематично изложенных выше, автор предлагает пользоваться для расчета приведенной формулой, в которую входит $\kappa_{\text{доп}}$, а не $\kappa_{\text{ух}}$ (во многих случаях $\kappa_{\text{доп}} = \kappa_{\text{ух}}$). Коэффициент φ следует принимать больше единицы.

Рекомендуются следующие значения коэффициента неравномерности φ :

а) при естественном удалении вредностей из рабочей зоны (тепловые струи, малый удельный вес и т. п.):

для малотоксичных вредностей или для вредностей, не вызывающих тяжелых последствий при кратковременном повышении концентрации (окись углерода), независимо от неравномерности выделения:

$$\varphi = 1,20 - 1,30;$$

для токсичных вредностей (маловредные и вредные газы, пары) при относительно равномерном выделении по времени:

$$\varphi = 1,30 - 1,40;$$

то же, но при неравномерном выделении:

$$\varphi = 1,40 - 1,60;$$

б) при отсутствии естественного удаления вредностей из рабочей зоны:

для малотоксичных вредностей или для вредностей, не вызывающих тяжелых последствий при кратковременном повышении концентрации, независимо от неравномерности выделения:

$$\varphi = 1,30 - 1,50;$$

для токсичных вредностей при относительно равномерном выделении по времени:

$$\varphi = 1,50 - 1,70;$$

то же, но при неравномерном выделении:

$$\varphi = 1,70 - 2,0;$$

в) при зональной вентиляции с отсосом воздуха у мест возможного выделения вредностей:

для малотоксичных вредностей или для вредностей, не вызывающих тяжелых последствий при кратковременном повышении концентрации, независимо от неравномерности выделения:

$$\varphi = 1,10 - 1,20;$$

для токсичных вредностей при относительно равномерном выделении по времени:

$$\varphi = 1,20 - 1,30;$$

то же, но при неравномерном выделении:

$$\varphi = 1,30 - 1,40.$$

Данные для особо вредных веществ не приводятся, так как здесь общеобменная и зональная вентиляции неприемлемы.

Упомянем еще об одном частном способе определения воздухообмена при токсичных вредностях. Речь идет о практических нормативах, имеющих в некоторых областях промышленности и определяющих потребный воздухообмен (при общеобменной вентиляции) на единицу выпускаемой продукции или израсходованного материала. Такие нормативы имеются, например, для сварочных и литейных цехов.

Воздух, загрязненный вредными газами, парами и аэрозолями даже при удалении его местными отсосами, как правило, не очищается перед выбросом наружу. Во избежание загрязнения воздушного бассейна вблизи предприятия удаляемый вентиляцией воздух обычно отводят в возможно более высокие слои атмосферы.

Отведение извлекаемого из помещений воздуха в верхние слои атмосферы особенно существенно при значительном удельном весе удаляемых вредностей, которые, охлаждаясь снаружи, имеют тенденцию падать вниз. Этой тенденции в немалой мере способствуют применяемые еще до сих пор зонты над выхлопными вентиляционными трубами. Загрязненность вредными газами приземных слоев атмосферы промышленной площадки (эти слои нас интересуют) возрастает при безветрии, а также во время дождя, снегопада, тумана и изморози.

Если на предприятии имеется высокая труба (60—100 м), если возможно принять вентиляционные выхлопы в эту трубу, удаление загрязненного воздуха в верхние слои разрешается просто. Но большей частью это невозможно. Устройство же для каждой системы вентиляции отводящих труб высотой хотя бы 40—60 м вряд ли реально, ибо количество выхлопов на современных предприятиях достигает нескольких сотен.

Удаление загрязненного воздуха в верхние слои атмосферы наиболее просто осуществляется с помощью так называемого факельного выброса.

Идея факельного выброса не нова, но до последних лет не получила достаточного практического применения. В Ленинграде факельный выброс стал входить в практику проектирования (по предложению автора) в 1957—58 гг. (одной из первых проектных организаций, расставшейся с архаичным зонтом, был Гипроникель). В последующие годы факельный выброс широко пропагандировался Ленинградской городской санэпидстанцией. В настоящее время в ленинградских проектных организациях факельный выброс почти вытеснил шахты с зонтами.

Когда-то стальные дымовые трубы тоже снабжали зонтами. Потом, убедившись в полной их бесполезности, от зонтов отказались. Ныне все трубы имеют «свободный» выход, т. е. приближаются к факельному выхлопу с той разницей только, что в дымовых трубах отсутствует насадок, вследствие чего относительно мала скорость выхода газов, и факел как таковой не образуется.

Идея факельного выброса основана на свойстве выходящей из насадка струи — на ее дальнобойности.

Конструктивное оформление факельного выброса несложно. Вместо обычного зонта выхлопная труба снабжается плавным

конфузором и заканчивается цилиндрическим насадком (рис. 27). За счет уменьшения сечения скорость выхода воздуха соответственно повышается, что позволяет создать дальнобойную струю. В частном случае при короткой выхлопной трубе сужения можно не делать. Тогда вся труба будет иметь диаметр D_0 , необходимый для создания факела.

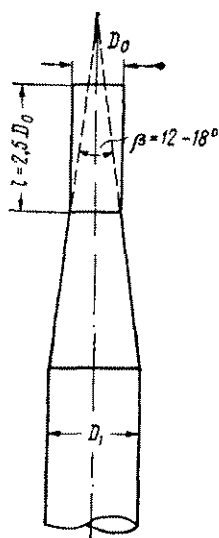


Рис. 27. Эскиз факельного выброса:
 D_0 — диаметр насадка;
 D_1 — диаметр трубы; β —
угол сужения

В общем случае при наличии конфузора длина насадка должна быть не менее $2,5 D_0$, как это указано на рис. 27.

Скорость выхода воздуха из насадка варьируется в широких пределах. Чем выше скорость, тем эффективнее при прочих равных условиях факельный выброс. Нижним пределом скорости выхода при наличии газовых вредностей следует считать $15,0\text{—}20,0$ м/сек. При отсутствии газовых вредностей, т. е. когда удаляются влага, тепло или пыль (после соответствующей очистки), возможно снизить скорость выхлопа до $10,0$ м/сек. Верхним пределом скорости автор считает 40 м/сек, так как дальнейшее ее повышение невыгодно экономически.

Потеря давления на факельный выброс складывается из динамического давления на выходе и из потери давления в конфузоре. Последняя, отнесенная к выходной скорости u_0 , не превышает 15% от динамического давления. Общий коэффициент сопротивления факельного выброса.

$$\zeta = 1,15$$

(по последним экспериментальным данным величина ζ даже меньше и равна в среднем $1,09$).

В табл. 6 указаны потери давления на факельный выброс при скоростях от $15,0$ до $40,0$ м/сек.

Как видно, при скорости выхода воздуха 40 м/сек потеря давления относительно велика. Расход энергии при производительности выхлопа $10\,000$ м³/ч и коэффициенте полезного действия вентиляционной установки $0,70$ составляет $4,40$ кВт/ч.

Кроме основного преимущества — отвода вредностей в более высокие слои атмосферы, факельный выброс обладает и иными положительными свойствами. Он компактен благодаря отсутствию громоздкого зонта, может быть выведен на большую высоту над кровлей (благодаря меньшему весу и меньшей «парусности») и, наконец, приятнее для глаз, нежели неуклюжий зонт.

Применяя факельный выброс, возможно выводить устье насадка на значительную высоту над кровлей — $10\text{—}20$ м. Труба

Потеря давления на факельный выброс

v_0' м/сек	$H_{п'}$ кг/м ²	v_0' м/сек	$H_{п'}$ кг/м ²	v_0' м/сек	$H_{п'}$ кг/м ²	v_0' м/сек	$H_{п'}$ кг/м ²
15	16	22	34	29	59	35	86
17	20	24	41	30	63	37	96
19	25	25	44	32	72	39	107
20	28	27	51	34	81	40	113

такой высоты, благодаря отсутствию «парусности» и относительно небольшому весу, легко устанавливается на железобетонной кровле и крепится двумя комплектами растяжек (труба высотой 20 м и диаметром 500 мм при толщине стенок 3 мм весит около 800 кг).

При выбросе воздуха, загрязненного токсическими веществами, всегда следует как можно выше выводить устье насадка над кровлей. Если принять высоту здания 10 м, возвышение трубы над кровлей 15 м и высоту подъема струи в 15 м, то общая высота от земли, над которой будут рассеиваться в атмосфере вредности, составит 40 м, что во многих случаях оказывается достаточным.

Автор полагает возможным применять факельные выбросы во всех случаях: не только в промышленной вентиляции, но и при вентиляции непромышленных зданий. Иначе говоря, рекомендуется вовсе отказаться от зонтов над выхлопными шахтами.

Напомним, что при факельном выбросе обязательно устройство для отвода влаги из кожуха вентилятора.

Определить высоту подъема вредностей над устьем насадка с достаточной точностью можно только при отсутствии ветра. Теоретический способ расчета при безветрии, основанный на закономерностях истечения «затопленной» струи из круглого насадка, был предложен автором в 1957 г. Для этого случая расчетная формула в соответствии со схемой, показанной на рис. 28, имеет вид:

$$h = 2,17v_0D_0 \text{ [м]}. \quad (19)$$

На основании этой формулы построен график (рис. 29) для определения активной высоты факела при безветрии для разных значений D_0 и скорости на выходе из насадка v_0 . На оси абсцисс отложены диаметры насадка в м (0,10—0,70), на оси ординат указаны величины активной высоты факела.

При наличии ветра явление чрезвычайно усложняется, а эффект факельного выброса значительно ухудшается. Ветер препятствует подъему струи. С другой стороны, ветер, размывая

выходящую струю, в сильной степени разбавляет и уносит вредности от места их выделения, что предотвращает загрязнение приземных слоев атмосферы промышленной площадки.

Вопросами рассеяния газовых вредностей в атмосфере, а попутно и вопросами высоты подъема газовой струи над устьем трубы занимались многие исследователи в конце 40-х и в начале 50-х годов. Наиболее серьезной нужно считать работу Б. В. Шафранова, В. Д. Кранцфельда, Л. Ф. Глебовой и Е. С. Таратута, посвященную исследованию вентиляционных выхлопов на производстве вискозного шелка, опубликованную в журнале «Гигиена и санитария», № 6 за 1949 г.

В указанном исследовании проводилось моделирование струи, выходящей из насадка в набегающем воздушном потоке. Экспериментами было установлено, что набегающий поток (ветер) сильно размывает струю; было найдено также, что наиболее устойчивые токи в струе оказываются на ее поверхности со стороны набегающего потока. Опыты проводились при соотношениях скорости на выходе из насадка v_0 к скорости набегающего потока c с равных 3,5; 5,0; 7,0 и 10,5.

Опытные пограничные кривые, построенные в условных координатах

$$\bar{h} = \frac{h}{D_0} \text{ и } \bar{l} = \frac{l}{D_0},$$

приведены на рис. 30. Из рисунка видно, что при отношении v_0 к c , равном 10,5, высота подъема струи над устьем насадка равна примерно 18 диаметрам трубы, т. е. $h \approx 18 D_0$.

С. А. Ключиным в 1952 г. была предложена эмпирическая формула, выведенная на основе экспериментальных данных вышеупомянутых исследователей, для определения условной высоты подъема основной массы вредностей над устьем насадка. Эта формула имеет вид:

$$h = 4,20 D_0 \left(\frac{v_0}{c} - 0,70 \right)^{0,63} [м], \quad (20)$$

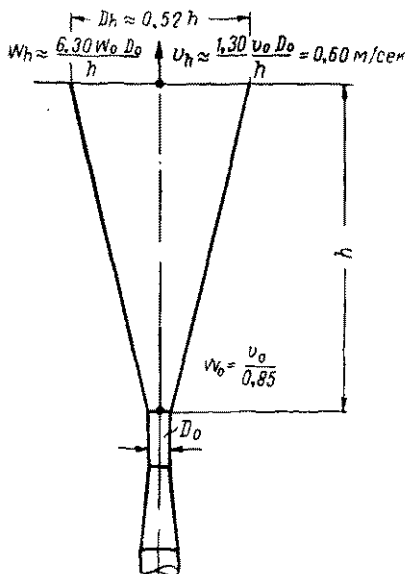


Рис. 28. Расчетная схема факельного выброса

Опытные пограничные кривые, построенные в условных координатах

где D_0 — диаметр насадка в м;
 v_0 — скорость выхода струи из насадка в м/сек;
 c — расчетная скорость ветра в м/сек.

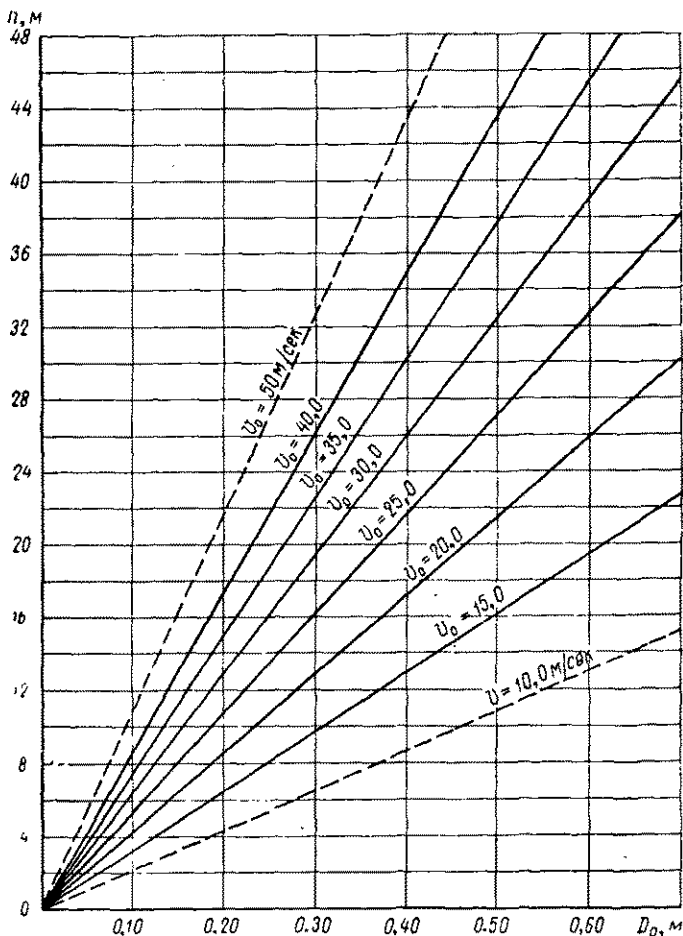


Рис. 29. Активная высота факела при безветрии

Теоретические формулы для определения высоты подъема потока — от устья насадка до оси изогнутой под действием ветра струи — были предложены несколькими исследователями, занимавшимися вопросами рассеяния в атмосфере промышленных выбросов (не вентиляционных). Среди них прежде всего надо упомянуть формулу П. И. Андреева, полученную на осно-

ве геометрического сложения скорости выходящей струи и ветра. По этой формуле высота h выражается:

$$h = \frac{0,05v_0 D_0}{ac \cdot \sin \alpha} [м], \quad (21)$$

где a — коэффициент турбулентности струи ($a \approx 0,08$);
 α — угол между направлением ветра и горизонтом.

П. И. Андреев, рассматривая промышленные выбросы (т. е. имеющие высокие концентрации вредных газов), принимал вели-

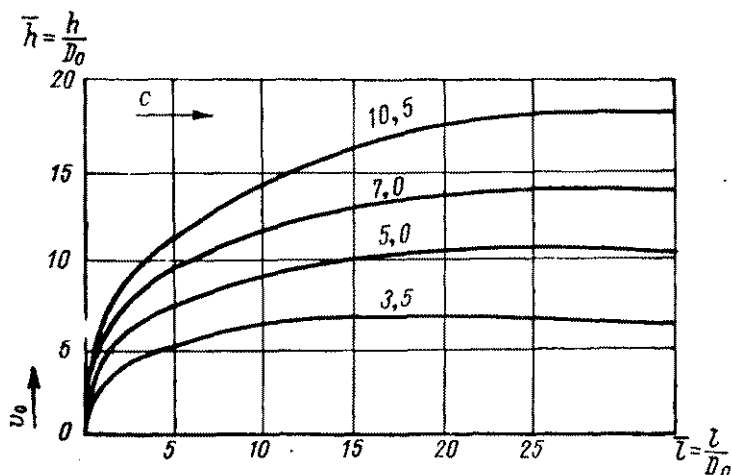


Рис. 30. Опытные пограничные кривые в условных координатах

чину угла α равной 20° . Автор, используя формулу Андреева для расчета вентиляционных факельных выбросов, предложил несколько меньшую величину угла α , а именно: $\alpha = 10^\circ$. При этом и при расчетной скорости ветра $c = 3,0$ м/сек была получена следующая формула:

$$h = 1,20v_0 D_0 [м]. \quad (22)$$

Опытные исследования, в частности работа Ю. В. Иванова, не подтвердили правильности принципа геометрического сложения скоростей. Оно и понятно: размыв струи настолько искажает теоретическую схему движения искривленного потока, что математические зависимости становятся неверными.

Не оправдалась на практике и другая теоретическая формула, выведенная на основе работ Г. Н. Абрамовича и Ю. В. Иванова и имеющая вид:

$$h = 1,95 D_0 \left(\frac{v_n}{c} \right)^{1,30} [м]. \quad (23)$$

В конце 1962 г. лабораторией отопления и вентиляции НИИ санитарной техники была проделана работа по теме «Исследование эффективности факельных выбросов» (работа не опубликована). В результате продувки в аэродинамической трубе подкрашенных струй получены весьма интересные снимки, показывающие степень размыва и искривления струи, выходящей из насадка. Один из снимков, заимствованный из упомянутой работы, приведен на рис. 31. Опыт, зафиксированный на снимке, проводился при отношении скорости выхода струи v_0 к скорости набегающего потока (ветра) c , равном $\approx 13,0$.

К сожалению, обрабатывая экспериментальные материалы (в частности, снимки), авторы работы совершенно игнорировали наиболее интересный диапазон отношений $\frac{v_0}{c}$, а именно от 8,0 до 15,0. Вследствие сказанного найденная авторами работы (руководитель В. Н. Талиев) кривая зависимости между высотой до оси искривленной струи h и отношением $\frac{v_0}{c}$ не может



Рис. 31. Искривление и размыв струи под действием ветра

быть практически использована для расчета факельных выбросов. Также нельзя рекомендовать для практического пользования и выведенную авторами эмпирическую формулу

$$\bar{h} = \frac{h}{D_0} = 1,95 \left(\frac{v_0}{c} \right)^{0,65}. \quad (24)$$

Пользуясь масштабом из рис. 31, легко найти отношение $\frac{h}{D_0}$ для этого случая. Оно равно примерно 20,0 (h — расстояние от устья насадка до оси размытой струи).

Найдем величину $\frac{h}{D_0}$ по формуле (24) (при $\frac{v_0}{c} = 13,0$):

$$\frac{h}{D_0} = 1,95 \cdot 13,0^{0,65} \approx 10,3.$$

Как видим, разница почти в два раза.

Отметим, что данная формула по своей структуре схожа с формулой Ключина. Разница заключается в численном коэффициенте (1,95 и 4,20), а также в наличии в последней формуле по-

стоянной величины 0,70, вычитаемой из отношения $\frac{v_0}{c}$. При значениях этого отношения 10,0 и выше (диапазон, который нас интересует) без большой погрешности можно пренебречь величиной 0,70. Если это сделать и не обращать внимания на незначительную разность показателей степеней (0,65 и 0,63), то по формуле Клюгина величина h будет примерно в два раза больше, нежели по формуле авторов цитируемой работы.

Эмпирические формулы выведены на основе экспериментов с установившимся набегающим потоком, т. е. не изменяемым по времени. Но такого «постоянного» ветра не бывает; он все время «пульсирует», изменяя и скорость и направление. Для трактуемого вопроса наиболее интересно изменение скорости. Когда мы говорим о ветре со скоростью 4,0 м/сек (наиболее частый случай), на самом деле имеем в виду ветер, периодически изменяющий скорость от нуля до максимума. Длительные наблюдения автора за дымовыми трубами (факельные выбросы с малой скоростью) подтверждают сказанное.

В вентиляционной технике всегда оперируют со среднечасовыми величинами. К этому можно прибегнуть и при расчете факельного выброса, принимая во внимание не максимальную скорость «пульсирующего» ветра, а какую-то среднюю. Для большинства местностей максимальная скорость «пульсирующего» ветра может быть принята равной $\approx 5,0$ м/сек. Следовательно, средняя скорость будет равна $\approx 2,5$ м/сек. Такую скорость рекомендуется принимать при расчете вентиляционных факельных выбросов.

Высота подъема вредностей над устьем насадка h не является чисто геометрической величиной. Эта величина условная, учитывающая не только фактическое возвышение струи (точнее той ее части, в которой содержится наибольшее количество вредностей), но и значительное снижение концентрации вредностей в струе за счет ее размыва. Следовательно, если учитывать полное количество вредностей, выносимое наружу данным выхлопом (g/τ), вполне логично принимать значение высоты h большим, чем ее действительная геометрическая величина.

И, наконец, последнее соображение, которое следует учитывать при расчете факельного выброса. Опыты показывают, что самая высокая концентрация вредностей в размытой струе находится не на оси ее, а как раз там, где наблюдаются наиболее устойчивые токи, т. е. на ее поверхности со стороны набегающего потока. Значит, если говорить о части размытой струи, приближающейся к горизонтальному положению, то наибольшая концентрация вредностей окажется на верхней границе факела. А это, в свою очередь, увеличивает величину h , так как даже чисто геометрически — это высота не до оси струи (как считают некоторые исследователи), а до верхней ее границы.

Учитывая вышесказанное, на основе обработки имеющихся опытных материалов автором предлагается следующая формула для определения условной высоты подъема вредностей h при факельном выбросе (расчетная скорость ветра 2,5 м/сек):

$$h = 2,60 D_0 \sqrt[3]{v_0^2} \text{ [м]}. \quad (25)$$

Приводим для сравнения результаты подсчета высоты h по разным формулам для следующего примера — $D_0 = 0,50$ м; $v_0 = 25,0$ м/сек; $c = 2,5$ м/сек; $\frac{v_0}{c} = \frac{25,0}{2,50} = 10,0$.

При безветрии	27,0
По формуле Клюгина	8,4
" НИИ санитарной техники	4,4
" старой формуле автора	15,0
" новой формуле автора	11,0

Из приведенных цифр видно, насколько занижен результат по формуле НИИ санитарной техники. Отношение $\frac{h}{D}$ равно:

$$\frac{4,40}{0,50} = 8,80,$$

что также не соответствует данным опыта, приведенным на рис. 31.

При сильном ветре, имеющем скорость 10,0—15,0 м/сек, факела как такового не образуется и не приходится говорить о каком-то осязательном подъеме струи над устьем насадка. Но при таком ветре струя настолько размывается, что концентрации вредностей уменьшаются в сотни раз. Таким образом, факельный выброс эффективен и при сильном ветре.

§ 14. ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ ТОКСИЧЕСКИХ ВРЕДНОСТЕЙ

Иногда при удалении местной вытяжкой значительных количеств токсических вредностей возникает необходимость в очистке воздуха перед выбросом его наружу. В вентиляционной практике такие случаи немногочисленны, так как, в отличие от технологических выбросов, здесь редко возникают высокие концентрации вредностей.

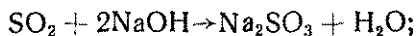
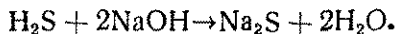
Вопросы очистки вентиляционных выбросов от газов, паров и аэрозолей решаются или местными органами санитарного надзора или самими проектировщиками вентиляции. Только для некоторых особо вредных веществ (например, для хрома, ртути и свинца) имеются прямые указания о необходимости очистки вентиляционных выхлопов.

Довольно часто применяется очистка вентиляционного воздуха, при которой газы и пары вступают в реакцию и обезвреживаются. Находит применение также абсорбционный способ, при котором вредности поглощаются твердыми веществами. Для очистки воздуха от твердых аэрозолей (свинца и его окислов) используются фильтры очень тонкой очистки (типа «Лайк» или из фильтровального картона типа ФМН).

Обезвреживание воздуха, содержащего газы и пары, — вопрос специальный. Проектированием очистных установок обычно занимаются специалисты по газоочистке. Поэтому остановимся здесь лишь на наиболее простых и часто встречающихся случаях.

Если вредности поглощаются растворами или водой, можно применить самое простое, хотя и громоздкое устройство. Здесь достаточно достичь надлежащего контакта загрязненного воздуха с поглощающей жидкостью, и задача разрешается. Для достижения такого контакта пропускают загрязненный воздух через скруббер, т. е. полый цилиндр с насадкой, орошаемой раствором или водой.

На рис. 32 показан орошаемый скруббер диаметром 1500 мм, пригодный для очистки воздуха от сернистого газа или сероводорода. В обоих случаях в качестве поглощающего газ раствора применяется раствор едкого натра NaOH. Реакция поглощения протекает по уравнениям:



Производительность скруббера 4000—5000 м³/ч.

Такой же скруббер, только с кислотоупорной футеровкой и насадкой, может быть использован для поглощения паров кислот.

Контакт загрязненного воздуха с водой или раствором достигается также при барботировании воздуха через слой раствора. Для этого можно воспользоваться фильтром-барботером, аналогичным приведенному на рис. 9.

Очистка воздуха от газов и паров, не поглощаемых водой и не реагирующих с растворами (окись углерода), весьма затруднительна. В настоящее время техника не располагает эффективными и надежными поглотителями окиси углерода. Применяемый для этой цели препарат окиси марганца (гопкалит), хотя и поглощает окись углерода, но быстро «срабатывается». Кроме того, при воздействии влаги поглотитель теряет свою активность.

Упомянем еще об очистке воздуха от легколетучих паров растворителей. При значительном испарении растворителя в

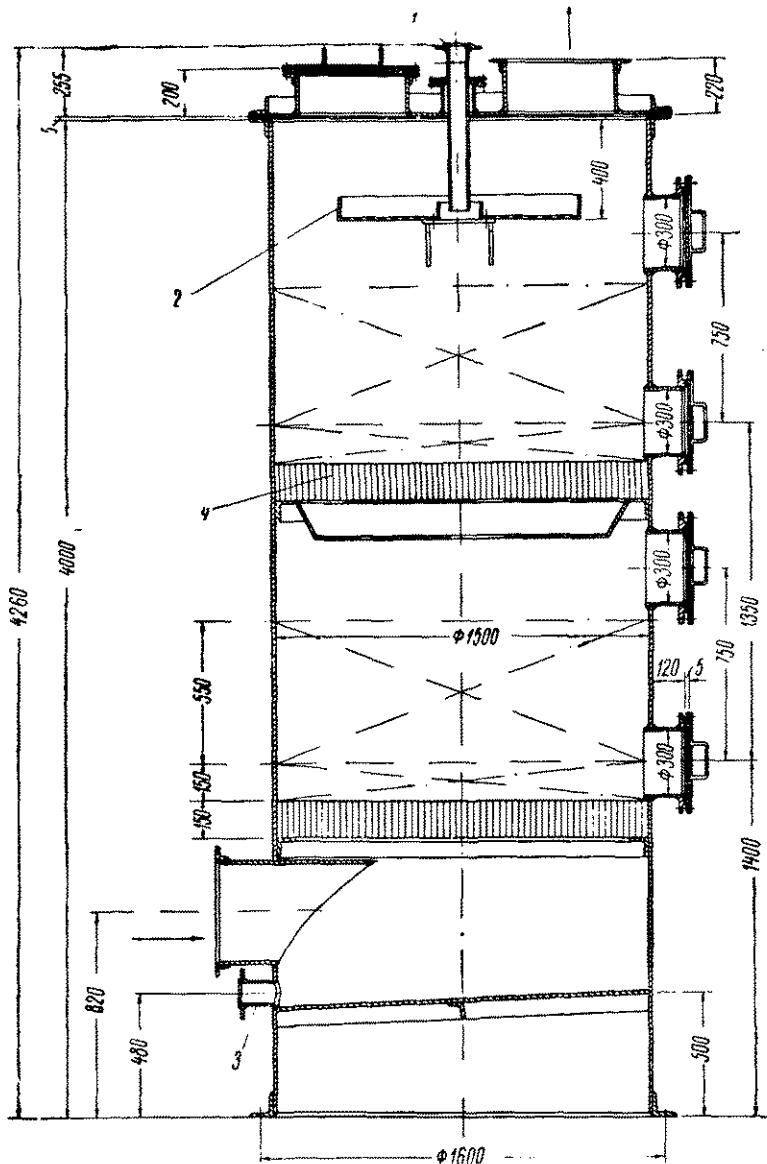


Рис. 32. Орошаемый скруббер диаметром 1500 мм

1—штуцер входа раствора; 2—распределяющее сито; 3—штуцер выхода раствора; 4—решетка

помещении (20—30 кг/ч) есть смысл его улавливать не только с санитарной, но и с экономической точки зрения. Здесь может быть использована абсорбционная способность активированного угля и силикогеля. Воздух пропускается через слой порошкообразного абсорбента, очистка обычно протекает в так называемом «кипящем слое».

Вопрос очистки воздуха от паров и газов довольно подробно изложен в книге В. Н. Ужова «Санитарная охрана атмосферного воздуха», к которой и отсылаем интересующихся.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ БОРЬБЕ С ТЕПЛОМ И ВЛАГОЙ

§ 15. ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ БОРЬБЕ С ТЕПЛОМ

Тепловыделения в чистом виде (не сопровождаемые иными вредностями), хотя и редко, но встречаются. Примером могут служить помещения насосных и компрессорных, машинные залы, механические и прессовые цехи при работе без эмульсии и т. п.

Так называемые горячие цехи характеризуются тепловыделениями, которым сопутствуют газовыделения, а иногда и пылевыведения. Влажные цехи характеризуются совместным выделением тепла и влаги.

Рассматривая борьбу только с тепловыделениями, остановим внимание на относительно небольших и чаще всего невысоких помещениях. Помещения эти могут вентилироваться как естественным путем (аэрация), так и механически.

Местные отсосы в этом случае используются редко. Однако при интенсивных и сосредоточенных тепловыделениях применять их следует.

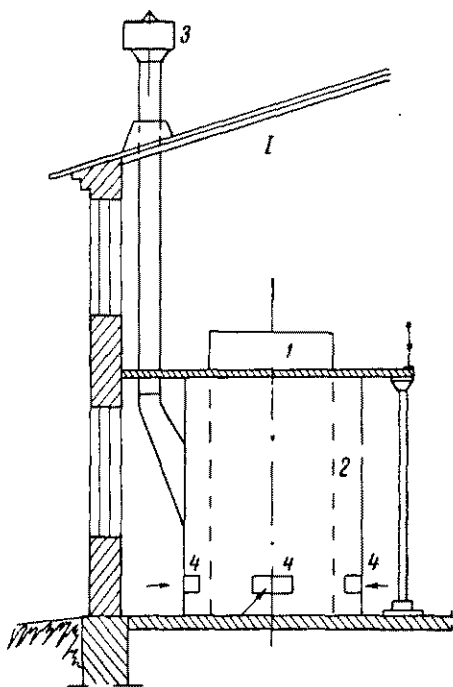


Рис. 33. Укрытие нижней части печи
1—печь; 2—сплошной кожух, укрывающий низ
печи; 3—дефлектор; 4—отверстия для подсоса
воздуха

Могут найти применение сплошные кожухи, изолирующие необслуживаемую часть тепловыделяющего аппарата, а также зонты и ширмы.

На рис. 33 схематически показано укрытие нижней части печи кожухом. В этом случае все тепло, отдаваемое нижней частью печи, отводится местным отсосом и не влияет на температуру помещения.

При установке над тепловыделяющей аппаратурой зонтов и ширм (завес) принято считать, что от 40 до 75% всего выделяющегося тепла поступает под зонт или ширму. Меньшая цифра относится к зонтам, большая — к ширмам.

Избыточным (или активным) теплом Q_n , действующим на температуру воздуха в помещении, будем называть разность между суммой тепловыделений, не локализуемых местными отсосами, и суммарными потерями тепла.

Конвективное тепло в значительной части удаляется из рабочей зоны естественным путем и относительно мало влияет на ее температуру; лучистое тепло в основном остается в рабочей зоне. Избыточное тепло, активно влияющее на температуру рабочей зоны, назовем Q_n^p . Тогда

$$Q_n^p = m Q_n \text{ [ккал/ч]}, \quad (26)$$

где m — некоторый коэффициент, меньший единицы.

Формула для определения воздухообмена общеобменной вентиляции при удалении тепла имеет вид:

$$L = \frac{Q}{0,24 (t'_{yx} - t_n)} \text{ [кг/ч]}, \quad (27)$$

где t'_{yx} — температура удаляемого воздуха;

t_n — температура приточного воздуха.

В настоящее время применяются два способа определения воздухообмена по теплу. При одном из них (рекомендуемом СН 7—57) оперируют с избыточным теплом, влияющим на температуру рабочей зоны; в расчетную формулу вводят коэффициент m и температуру рабочей зоны. При вентиляции по схеме «снизу — вверх», но при удалении части воздуха непосредственно из рабочей зоны, расчетная формула имеет вид:

$$L = \frac{m Q_n}{0,24 \cdot (t_{p,з} - t_n)} + (1 - m) \cdot L_{p,з} \text{ [кг/ч]}. \quad (28)$$

где $t_{p,з}$ — температура в рабочей зоне;

$L_{p,з}$ — количество воздуха, удаляемого из рабочей зоны в кг/ч.

Коэффициент m равен:

$$m = \frac{t_{p,з} - t_n}{t'_{yx} - t_n}, \quad (29)$$

где t_{yx} — температура воздуха, удаляемого из верхней зоны. Она определяется выражением:

$$t_{yx} = \frac{t_{p.з} - (1-m)t_n}{m} \quad (30)$$

Коэффициент m опытная величина, не зависящая от расчетного периода.

При втором способе в расчет принимается все избыточное тепло Q_n (за вычетом тепла, удаляемого непосредственно из рабочей зоны $Q_{p.з}$) и температура верхней зоны t_{yx} (при схеме «снизу—вверх»). Расчетная формула имеет вид:

$$L = \frac{Q_n - Q_{p.з}}{0,24(t_{yx} - t_n)} [\kappa\text{г/ч}]. \quad (31)$$

Принимая объемную теплоемкость воздуха равной приблизительно 0,30, формулу можно написать так:

$$L = \frac{Q_n - Q_{p.з}}{0,30(t_{yx} - t_n)} [\text{м}^3/\text{ч}]. \quad (32)$$

Если бы удалось правильно определить величину m при первом способе или значение t_{yx} при втором, в обоих случаях расчет стал бы точным. Но и коэффициент m и температура уходящего из верхней зоны воздуха t_{yx} точному определению не поддаются.

Коэффициент m можно было бы определить теоретически по формуле (29), если известна величина t_{yx} . Но, как сказано, эта величина довольно неопределенная. Поэтому принимают значения m , полученные опытным путем. Они колеблются от 0,20 до 1,0 и приведены в приложениях 20 и 21 Указаний по проектированию СН 7—57. Рассматривая эти приложения, легко убедиться, насколько произвольны величины коэффициента m . Особенно неточно определение m по данным приложения 21, т. е. в зависимости от отношения площади, занятой теплоотдающим оборудованием к площади пола цеха.

При втором способе вся трудность состоит в правильном определении температуры воздуха, уходящего из верхней зоны (при удалении воздуха из рабочей зоны $t_{yx} = t_{p.з}$).

Из основной формулы воздухообмена следует:

$$t_{yx} = t_n + \frac{Q_n - Q_{p.з}}{0,24L}. \quad (33)$$

Чем больше воздухообмен L , тем меньше температура уходящего воздуха, и наоборот. Задача заключается в том, чтобы найти такое значение t_{yx} , при котором в рабочей зоне поддерживалась бы температура $t_{p.з}$.

Для определения t_{yx} в зависимости от $t_{p,z}$ и высоты помещения пользуются известной формулой:

$$t_{yx} = t_{p,z} + \Delta(h - 2), \quad (34)$$

где h — полная высота помещения в м;

Δ — температурный градиент в °С.

Величина Δ чисто эмпирическая и зависит от многих причин, в частности от способа подачи приточного воздуха. В обычных случаях для промышленных зданий величина Δ колеблется в пределах от 0,50 до 1,20. Только в редких случаях принимают значения Δ больше 1,20. Для помещений с высотой менее 4 м повышение температуры по высоте можно не учитывать.

В частном случае вентиляции — аэрации — для определения t_{yx} (при известных ограничениях) можно пользоваться структурно правильной, но очень громоздкой формулой Акинчева. Эта формула приведена, например, в справочнике С. А. Рысина «Вентиляционные установки машиностроительных заводов».

В расчетную формулу определения воздухообмена входит величина $Q_{p,z}$ т. е. количество тепла, уносимое воздухом, удаляемым из рабочей зоны. Эта величина вычисляется по выражению:

$$Q_{p,z} = 0,24 L_{p,z} (t_{p,z} - t_n) \text{ [ккал/ч.]}. \quad (35)$$

Значение $t_{p,z}$ принимается по нормам метеорологических условий для производственных помещений, приведенным в СН 245—63. Температура приточного воздуха в каждом частном случае выбирается проектировщиком, так как нормативов на нее нет. Обычно температура притока принимается в зависимости от температуры рабочей зоны. При борьбе с тепловыделениями t_n всегда меньше $t_{p,z}$.

$$t_n = t_{p,z} - \Delta t.$$

Для приточного воздуха, вводимого в рабочую зону при устройстве аэрации, по СН 7—57 принимают $\Delta t = 5 \div 8^\circ\text{C}$ для переходного периода и $\Delta t = 8^\circ\text{C}$ для зимнего периода.

При механическом притоке, подаваемом в рабочую зону, автор рекомендует следующие величины Δt (в °С):

при подаче рассеянного притока с малыми скоростями в отдалении от рабочих мест	7 ÷ 10
то же, вблизи рабочих мест	5 ÷ 7
при подаче рассеянного притока со значительными скоростями (0,70—1,20 м/сек) в отдалении от рабочих мест	6 ÷ 9
то же, вблизи рабочих мест	4 ÷ 6

Температуру приточного воздуха не рекомендуется принимать ниже $+14^\circ\text{C}$ при легкой работе и $+(8 \div 10)^\circ\text{C}$ при тяжелой работе.

При подаче воздуха в верхнюю зону температуру его можно принимать значительно ниже указанной (зависит от высоты и способа подачи). Величина Δt может доходить до $15-20^\circ\text{C}$.

Следует сказать несколько слов о температуре удаляемого воздуха при подаче приточного воздуха в верхнюю зону, т. е. при схемах вентиляции «сверху—вверх», и «сверху—вниз».

Вентиляция «сверху—вверх», хотя и редко, но применяется в промышленности (особенно при охлаждении воздуха в летний период). Принцип «сверху—вниз» применяется очень редко (если не касаться кондиционирования).

При подаче воздуха в верхнюю зону (сосредоточенно или рассеянно) и извлечении его из верхней же зоны не приходится говорить о повышении температуры помещения по высоте. Для данного случая градиент Δ равен нулю и $t_{yx} \approx t_{p.з.}$. Однако возможны исключения. При значительной величине Δt может случиться, что температура уходящего воздуха станет ниже температуры рабочей зоны: $t_{yx} < t_{p.з.}$. Но может быть и обратное явление. Поэтому для данной схемы («сверху—вверх») наиболее надежно принимать $t_{yx} = t_{p.з.}$. Сказанное справедливо и для схемы «сверху—вниз».

При удалении избыточного тепла (особенно для высоких помещений) схема «сверху—вверх» невыгодна в сравнении с нормальной схемой «снизу—вверх». Это наиболее разительно для летнего периода, когда температура приточного воздуха равна наружной.

Приведем численный пример подсчета разности между t_{yx} и t_n , от которой зависит величина воздухообмена. Пусть дано помещение конвейерной литейной высотой 10 м. Для зимнего периода принята температура рабочей зоны $t_{p.з.} = +25^\circ\text{C}$; температура приточного воздуха $t_n = +16^\circ\text{C}$.

Согласно приложению 20 СН 7—57, для данного случая коэффициент m равен 0,45. Следовательно, температура уходящего воздуха

$$t_{yx} = \frac{25 - (1,0 - 0,45) \cdot 16}{0,45} = 36^\circ\text{C},$$

т. е. разность: $t_{yx} - t_n = 36 - 16 = 20^\circ\text{C}$.

При подаче рассеянного притока в рабочую зону конвейерной литейной и вытяжке из верхней зоны температурный градиент может быть принят $\Delta = 1,10$.

Тогда

$$t_{yx} = 25 + 1,10 \cdot (10 - 2) \approx 34^\circ\text{C},$$

т. е. разность $t_{yx} - t_n = 34 - 16 = 18^\circ\text{C}$.

Совпадение довольно близкое, но по второму способу воздухообмен получился бы несколько больше.

Рассмотрим еще один пример. В помещении компрессорной высотой 6 м выделяется только тепло. Пусть $Q_{\text{н}} = 100\,000$ ккал/ч; $L_{\text{р.з}} = 3000$ кг/ч (засасывается из рабочей зоны компрессорами); $t_{\text{р.з}} = +24^\circ\text{C}$; $t_{\text{н}} = +16^\circ\text{C}$. Вентиляция по принципу «снизу—вверх».

Определяем воздухообмен по первому способу с помощью формулы (28). Коэффициент $m = 0,70$. Тогда

$$L = \frac{0,70 \cdot 100\,000}{0,24 \cdot (24 - 16)} + (1,0 - 0,70) \cdot 3000 \approx 37\,000 \text{ кг/ч.}$$

Температура уходящего воздуха

$$t_{\text{yx}} = \frac{24 - (1,0 - 0,70) \cdot 16}{0,70} \approx 27^\circ\text{C}.$$

По второму способу сначала определяем $Q_{\text{р.з}}$:

$$Q_{\text{р.з}} = 0,24 \cdot 3000 \cdot (24 - 16) \approx 6000 \text{ ккал/ч.}$$

Для данного случая температурный градиент $\Delta = 0,70$.

Тогда

$$t_{\text{yx}} = 24 + 0,70 \cdot (6 - 2) \approx 27^\circ\text{C}.$$

Потребный воздухообмен по формуле (31):

$$L = \frac{100\,000 - 6000}{0,24 \cdot (27 - 16)} \approx 36\,000 \text{ кг/ч.}$$

И здесь мы имеем близкое совпадение.

Во многих случаях для подогрева приточного воздуха подмешивают к нему внутренний воздух помещения в такой пропорции, чтобы смесь приобрела требуемую температуру приточного воздуха $t_{\text{п}}$.

При расчете смесительных рециркуляционных агрегатов (или приточных установок) пользуются следующими формулами смешения:

$$L_{\text{см}} = L_{\text{хол}} \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{х}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{п}}}; \quad (36)$$

$$L_{\text{хол}} = L_{\text{см}} \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{п}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{х}}}, \quad (37)$$

где $L_{\text{см}}$ и $L_{\text{хол}}$ — соответственно объемы смешанного и наружного воздуха в $\text{м}^3/\text{ч}$;

$t_{\text{в}}$ — температура внутреннего (рециркулирующего) воздуха в $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{х}}$ — температура холодного (наружного воздуха) в $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{п}}$ — температура приточного (смешанного) воздуха в $^\circ\text{C}$.

При больших тепловыделениях желательны и в зимнее время подавать неподогретый приток естественным путем, например, через фрамуги окон. Если помещение достаточно высокое и низ фрамуг находится на высоте 5—6 м от пола (не ниже 4 м), подача неподогретого притока обычно возражений не вызывает. В низких помещениях (4 м) в виде исключения разрешается подача неподогретого притока на уровне не ниже 3 м от пола. Однако здесь необходимо принимать меры, предотвращающие непосредственное воздействие холодного воздуха на рабочих (козырьки у фрамуг, направляющие воздух вверх).

При подаче подогретого притока производительность приточных систем рассчитывается для переходного периода, когда наружная температура $+10^{\circ}\text{C}$. $+3^{\circ}\text{C}$

§ 16. ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ БОРЬБЕ С ВЛАГОЙ

Как правило, влаговыведения сопровождаются тепловыделениями. Однако, если выделение влаги относительно велико, а сопутствующие тепловыделения незначительны, можно считать, что имеет место чистое влаговыведение. К таким случаям относятся, например, выделение водяных паров с больших поверхностей при невысокой температуре, прорывы пара в помещение, высыхание влажных материалов и т. п.

Как известно, из $I-d$ диаграммы, угол наклона луча процесса к оси абсцисс, тангенс которого носит название углового коэффициента, зависит от отношения количества тепла, участвующего в процессе, к количеству влаги. Сказанное выражается следующей математической зависимостью:

$$\frac{Q}{G} = \frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_1} = \frac{\Delta I}{\Delta x} = \phi = \text{const},$$

где Q — количество тепла, участвующее в процессе, в ккал/ч ;

G — количество влаги в кг/ч ;

I — теплосодержание влажного воздуха, равное

$$I = 0,24 t + (595 + 0,47 t) x \text{ [ккал/кг]};$$

x — влагосодержание в кг пара на 1 кг сухого воздуха;

ϕ — угловой коэффициент.

Трудно определить границу между чистым влаговыведением и совместным выделением влаги и тепла. Для практических целей можно условно считать чистым влаговыведением (пренебрегать сопутствующим тепловыделением) все случаи, характеризующиеся значением углового коэффициента ϕ не более 700—800. Процессы, протекающие по лучу со значением углового коэффициента (углового масштаба), большим 800, нужно отнести к совместному выделению тепла и влаги.

Рассмотрим численный пример для случая выделения водяного пара с поверхности открытого чана с кипящей водой. Пусть тепловыделения от стенок чана и его зеркала ($f = 2,0 \text{ м}^2$)

составляют 3000 ккал/ч; иных тепловыделений в помещении нет. Тепловые потери в переходный период 1000 ккал/ч. Местного укрытия нет.

Избыточное «явное» тепло, поступающее в помещение:

$$Q_n = 3000 - 1000 = 2000 \text{ ккал/ч.}$$

Количество пара, поступающее в помещение из расчета 50 кг/ч на 1 м² зеркала чана:

$$G = 50 \cdot 2,0 = 100 \text{ кг/ч.}$$

Количество скрытого тепла, поступающего в помещение с водяным паром (по формуле $I_n^1 = 595 + 0,47 t$ ккал/кг):

$$Q_n = (595 + 0,47 \cdot 100) \cdot 100 \approx 64\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Суммарное тепловыделение:

$$Q_c = Q_n + Q_n = 2000 + 64\,000 = 66\,000 \text{ ккал ч.}$$

Тогда угловой коэффициент

$$\psi = \frac{Q}{G} = \frac{66\,000}{100} = 660.$$

Таким образом, данный случай относится к чистому влаговыделению.

Отметим, что при отсутствии тепловыделений и теплопотерь значение углового коэффициента не может быть меньше 600. Если тепловые потери превышают тепловыделения, то Q_n представляет отрицательную величину (недостаток тепла в помещении) и угловой коэффициент приобретает значение меньше 600. Пусть в предыдущем примере теплопотери составляют 12 000 ккал/ч. Тогда $Q_n = -9000$ ккал/ч; $Q_c = 55\,000$ ккал/ч и угловой коэффициент равен 550.

Летом, когда потерь тепла нет, в помещениях, заполненных людьми, имеет место совместное выделение тепла и влаги. Количество явного тепла на 1 человека — 100 ккал/ч, количество водяных паров — 70 г/ч. Угловой коэффициент

$$\psi = \frac{Q}{G} = \frac{100 + 0,07 \cdot 610}{0,07} \approx 2000.$$

Выделение водяного пара при высоких температурах, например испарение с зеркала ванны при $t > 60^\circ\text{C}$ или при кипении, неизбежно сопровождается образованием тумана. При малых тепловыделениях, а особенно при недостатке явного тепла (теплопотери превышают тепловыделения), возникает вопрос о борьбе уже не с влагой, а с туманом.

Туман водяного пара — вредность, опасная для людей и строительных конструкций здания. Опасность для людей заклю-

чается, главным образом, в ухудшении и даже полном отсутствии видимости, что может повлечь за собой несчастные случаи. Особенно плотный туман образуется при недостатке тепла в нижней зоне помещения вблизи ворот, окон и неплотно прикрытых проемов. При недостаточной вентиляции в нижней зоне цехов (в частности, гидрометаллургических) образуется настолько густой туман, что не видно собственных рук и ног.

Вредное влияние тумана на строительные конструкции можно видеть на примере зданий бань, фасады которых при недостаточной вентиляции почти не удается привести в нормальное состояние.

Автору известен случай полного разрушения стен из шлакобетонных камней за одну зиму. Здание, в котором отсутствовала приточная вентиляция, было приспособлено под паровозное депо. Почти непрерывный туман (от парящих паровозов и от небрежно смонтированной системы парового отопления) разрушил кладку стен; уцелел только железобетонный каркас.

Борьба с туманом затрудняется при отсутствии в помещении тепловыделений. Наоборот, при значительных тепловыделениях, создающих повышенную температуру у перекрытия, туман в верхней зоне не образуется. Местные туманообразования над источниками паровыделений растворяются в верхней зоне и уже не образуют «вторичного» тумана, сползающего в рабочую зону.

При малых тепловыделениях или отсутствии таковых, когда борьба ведется только с влагой, воздухообмен при общеобменной вентиляции определяется по предельно допустимой влажности воздуха. В большинстве случаев предельно допустимой считается относительная влажность до 70—75%. При одновременном выделении тепла и влаги, особенно когда тепловыделения значительны (угловой коэффициент более 1200), преобладающую роль играет избыточное тепло; влажность извлекаемого воздуха снижается до 30—50%. Оговоримся сразу, что при значениях ψ порядка 2000 и выше влияние влаги почти не сказывается и вентиляция может рассматриваться как направленная на борьбу с теплом, с известными оговорками, конечно, так как аэрация в зимний период вряд ли возможна.

При борьбе с влаговыведениями, особенно с туманообразованием широко применяются местные отсосы всех типов. Наиболее выгоден в смысле расхода воздуха и наиболее совершенен в санитарном отношении кожух любого типа, полностью укрывающий очаг влаговыведения. В этом случае расход вентиляционного воздуха на 1 кг испаряемой влаги составляет обычно 15—20 кг.

Применяются при борьбе с влагой и бортовые отсосы, особенно при температуре жидкости в ванне более 70°C. Расход воздуха на 1 кг испаряющейся влаги составляет 50—70 кг.

Наиболее широкое применение при борьбе с влаговыведе-

ниями находят ширмы (завесы). Значительно реже применяются индивидуальные зонты (колпаки). Их рекомендуется применять только при температуре испарения 70—100 °С, так как только тогда образуется устойчивый восходящий поток, состоящий из водяного пара и воздуха. Применение ширм обуславливает относительно экономичную вентиляцию (расход воздуха составляет 40—50 кг/кг).

Для локализации влаговывделений пригодны витринные укрытия и укрытия-козырьки. Их показатели аналогичны показателям кожухов и шкафов. Щелевидные отсосы и всасывающие панели применяются сравнительно редко, а отсосы-воронки почти не находят применения.

Укрыть и локализовать местными отсосами все источники влаговывделений большей частью не удается. Как правило, вентиляция влажных цехов смешанная.

При борьбе с туманом и влагой путем местных отсосов допускают значительные «проскоки» вредностей в помещение. Влаговывделения, прорвавшиеся в помещение, либо растворяются приточным воздухом, компенсирующим местную вытяжку, либо дополнительно удаляются из верхней зоны.

При наличии местных отсосов типа кожухов, витрин и т. п., а так же бортовых отсосов можно считать, что в рабочую зону помещения прорывается до 15—20% выделяющейся влаги. При устройстве ширм прорывается 20% выделяющейся влаги (по СН 7—57, § 225). Автор полагает, что осторожнее принимать прорыв влаги в рабочую зону помещения для этого случая в 25%. Для зонтов соответственно 30—35%.

Общеобменная вентиляция при борьбе с влагой и туманом, как правило, осуществляется по принципу «снизу — вверх». Во всяком случае, вытяжка всегда производится из верхней зоны. Приток подается или только в рабочую зону (с температурой, близкой к температуре помещения) — при отсутствии туманообразования, или в рабочую и верхнюю зоны — при борьбе с туманом.

При туманообразовании и недостатке тепла для естественного его растворения рекомендуется часть воздуха ($\text{не более } \frac{2}{3}$) подавать в верхнюю зону с перегревом. Подача перегретого воздуха производится на высоте 4—5 м от уровня пола. При этом перегрев воздуха допускается до 35—40 °С, если высота помещения около 6 м, и до 50—70 °С при большей высоте цеха. В некоторых случаях при неинтенсивном образовании тумана вместо подачи перегретого воздуха в верхней зоне помещения устанавливаются рециркуляционно-отопительные агрегаты или нагревательные приборы — обычно регистры из гладких и ребристых труб.

Для помещений высотой менее 4,5 м установка нагреватель-

ных приборов в верхней зоне является единственным методом растворения образовавшегося тумана.

Сказанное относится к общеобменной вентиляции. Образование тумана в укрытиях (у перекрытия под ширмой) допустимо. Следует только заботиться об удалении образующегося конденсата. При устройстве ширмы перекрытие, ограниченное ею, следует теплоизолировать и сделать паронепроницаемым.

Подача приточного воздуха в две зоны, причем в верхнюю — с перегревом, применяется и при борьбе с влагой без туманообразования. Это делается с целью уменьшения объема общеобменной вентиляции, а также в тех случаях, когда в помещении наблюдается недостаток тепла. Повышение температуры уходящего из верхней зоны воздуха резко увеличивает его влагоемкость. Однако надо иметь в виду, что устройство двухзонного притока сильно усложняет вентиляционную установку.

Общеобменная вентиляция при борьбе с влаговыведениями наиболее невыгодна по расходу воздуха, который в этом случае составляет 130—150 кг/кг. При наличии перегретого притока расход воздуха уменьшается до 90—120 кг/кг.

Определение количества воздуха, удаляемого местными отсосами, производится аналогично изложенному при борьбе с токсическими вредностями. Разница заключается в значении расчетных скоростей.

Для кожухов всех видов и витринных укрытий скорость воздуха в рабочем проеме (а также в щелях и неплотностях) может приниматься при интенсивном выделении водяных паров с образованием тумана

$$v = 0,35 \text{ м/сек};$$

при менее интенсивном выделении водяных паров

$$v = 0,30 \text{ м/сек};$$

при незначительном парообразовании и относительно низкой ($< 50^\circ \text{C}$) температуре испарения

$$v = 0,15 \div 0,20 \text{ м/сек}.$$

Для индивидуальных зонтов скорость в расчетном сечении следует принимать

$$v = 0,20 \div 0,25 \text{ м/сек};$$

для ширм больших размеров (в зависимости от температуры и интенсивности испарения):

$$v = 0,10 \div 0,20 \text{ м/сек};$$

то же, для малых ширм:

$$v = 0,15 \div 0,25 \text{ м/сек}.$$

Общая формула для определения воздухообмена при общеобменной вентиляции имеет вид

$$L = \frac{nG \cdot 1000}{d_2 - d_1} [\text{кг ч}], \quad (38)$$

где G — суммарное (избыточное) влаговыделение в помещении в кг/ч ;
 d_2 и d_1 — влагосодержание уходящего и поступающего воздуха в г/кг ;
 n — коэффициент, учитывающий распределение влаги по помещению.

Величина d_1 зависит только от состояния наружной среды, так как при обработке воздуха его влагосодержание обычно не изменяется. Это величина вполне определенная. Что касается величины влагосодержания уходящего воздуха d_2 , то она зависит от его параметров (относительной влажности и температуры). Если по аналогии с тепловыделениями принимать в расчет лишь количество влаги, оказывающее влияние на состояние воздуха рабочей зоны, а величину d_2 принимать в соответствии с параметрами воздуха в ней (регламентируемыми санитарными нормами), то коэффициент n будет выражать долю общего влаговыделения, остающуюся в рабочей зоне.

Автор рекомендует принимать следующие значения коэффициента n :

при вентиляции с местными отсосами в рабочую зону попадает только влага, вырывающаяся из укрытий, т. е.

$$n = 0,20 : 0,30;$$

при общеобменной вентиляции, при естественном подъеме влажного воздуха к перекрытию и высоте помещения больше 5,0 м:

$$n = 0,60 \div 0,80;$$

при общеобменной вентиляции и высоте помещения менее 5,0 м:

$$n = 0,70 \div 0,90;$$

при общеобменной вентиляции, при подаче притока сосредоточенными струями, а также при высоте помещения 3,5 м и меньше:

$$n = 1,0.$$

Сказанное относится к вентиляции по схеме «снизу — вверх», при подаче неперегретого притока в рабочую зону. Во всех перечисленных выше случаях d_2 есть влагосодержание воздуха в рабочей зоне.

Рассмотрим численный пример. В помещении высотой 6 м, где воздух не перемешивается, надо удалить с помощью общеобменной вентиляции 200 кг/ч влаги. Тепловыделения незначительны, температура рабочей зоны +18 °С, относительная влажность 70%. Влагосодержание наружного воздуха (при $t_n = +10$ °С и $\varphi = 65\%$) $d_1 = 5,0$ г/кг.

При заданных параметрах воздуха в рабочей зоне по $I-d$ диаграмме находим $d_2 = d_{p,з} = 9,20$ г/кг.

Коэффициент $n = 0,65$.

Потребный воздухообмен:

$$L = \frac{0,65 \cdot 200 \cdot 1000}{9,20 - 5,0} \approx 30\,000 \text{ кг/ч},$$

т. е. расход воздуха на 1 кг выделяющейся влаги

$$\frac{30\,000}{200} = 150 \text{ кг кг}.$$

При борьбе с влагой и туманом с подачей перегретого притока в верхнюю зону (или при установке нагревательных приборов у перекрытия) и вытяжкой из верхней зоны коэффициент $n = 1,0$.

В этом случае $d_2 = d_{yx}$, т. е. в расчетную формулу подставляется влагосодержание не в рабочей зоне, а в верхней.

Относительную влажность в верхней зоне во избежание конденсации не следует принимать выше 80—85%. Температура уходящего воздуха в значительной степени зависит от количества перегретого приточного воздуха и от температуры его перегрева. И то и другое вычисляется из теплового баланса с учетом тепловыделений и теплопотерь, а также затраты тепла на испарение тумана и на перегрев водяных паров. Последняя величина крайне неопределенна, так как трудно установить, в частности, какое количество влаги конденсируется и обращается в туман. Кроме того, при конденсации водяных паров с образованием тумана выделяется некоторое количество тепла.

Автор считает возможным принимать при расчетах, что конденсируется и обращается в туман около 30% всей выделяющейся в помещении влаги. Тепло, поступающее в воздух при конденсации, частично рассеивается; можно учитывать его в размере не более 50%. Тогда расход тепла на растворение тумана на 1 кг выделяющейся влаги составит:

$$0,15 \cdot 630 \approx 100 \text{ ккал/кг}.$$

Пересчитаем предыдущий пример при условии, что 200 кг/ч пара выделяется с зеркала кипящей ванны. Тепловыделения в помещении примем 10 000 ккал/ч, теплопотери 30 000 ккал/ч. Приточный воздух в объеме 50% подается в рабочую зону с

$t_n = +18^\circ\text{C}$. Остальной воздух подается в верхнюю зону перегретым.

Для поддержания теплового баланса надо ввести тепла: на компенсацию теплотерь

$$30\,000 - 10\,000 = 20\,000 \text{ ккал/ч};$$

на испарение образовавшегося тумана

$$200 \cdot 100 = 20\,000 \text{ ккал/ч};$$

всего $20\,000 + 20\,000 = 40\,000 \text{ ккал/ч}$.

Коэффициент $n = 1,0$. Принимаем температуру уходящего воздуха (под перекрытием) равной $+25^\circ\text{C}$. Относительную влажность допускаем в 80% .

Тогда по $I-d$ диаграмме находим:

$$d_2 = d_{yx} = 16,3 \text{ г/кг}.$$

Потребный воздухообмен:

$$L = \frac{1,0 \cdot 200 \cdot 1000}{16,3 - 5,0} \approx 18\,000 \text{ кг/ч},$$

т. е. расход воздуха на 1 кг выделяющейся влаги:

$$\frac{18\,000}{200} = 90 \text{ кг/кг}.$$

Следовательно, в верхнюю зону нужно подавать воздуха:

$$18\,000 \cdot 0,50 = 9\,000 \text{ кг/ч}.$$

Потребная температура воздуха:

$$t_n^1 = t_n + \frac{Q}{0,24L} = 18 + \frac{40\,000}{0,24 \cdot 9\,000} \approx 37^\circ\text{C}.$$

Расчет воздухообмена при борьбе с влаговыведениями ведется по наиболее неблагоприятному переходному периоду, т. е. при наружной температуре $+10^\circ\text{C}$. Относительная влажность наружного воздуха принимается равной $60-65\%$. Полученный воздухообмен обычно сохраняют и для зимнего периода (до наружной температуры, предусмотренной нормами для проектирования вентиляции).

§ 17. ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ СОВМЕСТНОМ ВЫДЕЛЕНИИ ТЕПЛА И ВЛАГИ

Как уже отмечалось, при значительных тепловыделениях туманообразования не наблюдается. В отдельных зонах помещения, где удельное тепловыделение почему-либо уменьшено, возможно местное образование тумана. В подобных случаях зоны пониженных тепловыделений должны рассматриваться обособ-

ленно от остального помещения. Вентиляция таких «холодных» зон решается по принципу борьбы с туманом, т. е. путем подачи перегретого притока в верхнюю зону.

Принципы вентиляции при совместном выделении тепла и влаги точно такие же, как при наличии только влаги. Так же широко применяются местные укрытия и отсосы, а вентиляция чаще всего бывает смешанной. Общеобменная и смешанная вентиляция осуществляется по принципу «снизу — вверх». Приток подается в рабочую зону рассеянно или сосредоточенными струями.

Если при незначительных тепловыделениях и при отсутствии перегретого притока температура в верхней зоне помещения лишь незначительно отличается от температуры рабочей зоны, то при больших тепловыделениях картина резко меняется. Тепловые струи поднимаются к перекрытию и образуют под ним тепловую и влажностную «подушку» с параметрами воздуха, значительно отличающимися от параметров воздуха рабочей зоны. Разница температур в рабочей и верхней зонах (при отсутствии перемешивания) более разительна, чем при наличии только тепла. Объясняется это более высокой теплоизоляцией кровли влажных цехов. Сказанное верно только в том случае, если в помещении не образуется местных очагов туманообразования и не происходит растворения тумана теплым воздухом у перекрытия.

При высоких значениях ψ (1500—2000) всегда следует использовать естественное нарастание температуры по высоте помещения. С этой точки зрения подача приточного воздуха сосредоточенными струями порой может оказаться невыгодной.

Определяя воздухообмен при общеобменной вентиляции, следует считаться с параметрами воздуха в верхней зоне, а не в рабочей. Пользуясь для подсчета воздухообмена приведенной выше общей формулой, следует коэффициент n принимать равным 1,0, а влагосодержание уходящего воздуха d_2 вычислять, исходя из его параметров в верхней зоне.

При совместном выделении тепла и влаги параметры приточного и уходящего воздуха связаны между собой влажностно-тепловым балансом. При высоких значениях углового коэффициента ψ влажность удаляемого воздуха бывает сплошь и рядом значительно ниже допустимой по санитарным нормам. Другими словами, основным критерием, определяющим параметры уходящего воздуха, является не влажность, а температура.

Вот почему особое значение приобретает определение $t_{\text{ук}}$. Здесь может быть предложена эмпирическая формула (34) с использованием температурного градиента Δ , значения которого можно принимать в указанных выше пределах. Не рекомендуется пользоваться при расчетах величиной Δ , большей 1,0.

Определять t_{yx} , пользуясь коэффициентами m (см. § 15), не следует, тем более, что в приложении 20 (СН 7—57) почти нет значений m для влажных цехов. Не рекомендуется также пользоваться таблицей значений коэффициента n , приводимой в СН 7—57 в приложении 25. Таблица эта относится только к помещениям текстильной промышленности, и значения n не учитывают ни высоты помещения, ни тепловыделений, ни условий распределения влаги по помещению.

Как и при борьбе с теплом, точно определить t_{yx} возможно лишь экспериментальным путем. В этом нельзя не согласиться с профессором В. В. Батуриным. Если имеются данные о действительно наблюдаемых температурах в аналогичных цехах, лучше всего ими и воспользоваться. Но, к сожалению, эти данные чрезвычайно скудны. Волей-неволей приходится использовать старую формулу с температурным градиентом.

На основании своего опыта по вентиляции гидromеталлургических цехов со значительными выделениями тепла и влаги автор установил, что при высоте помещения в 4,0—4,5 м и при движении в верхней зоне крап-балок, температурный градиент едва достигает значения 0,50—0,60 (при подаче приточного воздуха в рабочую зону). Для более высоких помещений градиент будет выше. Заметим, что приводимые в некоторых курсах вентиляции и в некоторых нормах значения температурного градиента до 1,50—2,0 явно завышены.

Формула для расчета воздухообмена при общеобменной вентиляции в случае совместного выделения тепла и влаги имеет вид

$$L = \frac{(G + W) \cdot 1000}{d_{yx} - d_n} = \frac{(Q_n - Q_{p.z}) + GI'_n + Wt_b}{I_{yx} - I_n} \text{ [кг/ч]}, \quad (39)$$

где W — количество влаги, испаряющейся за счет теплоты воздуха помещения;

t_b — температура воды, испаряющейся за счет теплоты воздуха;

I_{yx} и I_n — полное теплосодержание уходящего и приточного воздуха в ккал/кг;

I'_n — теплосодержание пара при температуре испарения.

В самом общем случае из суммы полного влаговыделения $(G + W)$ следует вычесть количество влаги, уносимое воздухом, удаляемым из рабочей зоны.

Входящие в формулу величины определяются графоаналитическим способом, используя $I-d$ диаграмму и изложенные выше соображения.

Угловой коэффициент ψ можно выразить следующим образом:

$$\psi = \frac{(Q_n - Q_{p.z}) + GI'_n + Wt_b}{G + W}. \quad (40)$$

Определив угловой коэффициент, строим луч процесса, проводя его через точку на $I-d$ диаграмме с известными нам параметрами (для приточного или уходящего воздуха).

Приводим пример определения воздухообмена при совместном выделении тепла и влаги, из которого наглядно видна методика расчета.

Пусть требуется определить воздухообмен во влажном цехе, находящемся в Ленинграде, для переходного и летнего периода при следующих условиях: тепловыделения от оборудования и с зеркала ванн $Q = 350\,000$ ккал/ч (на 1 м^3 40 ккал/ч); влаговыделения (при $t \leq 60^\circ\text{C}$) $G = 250$ кг/ч; тепловые потери в переходный период $Q_n = 75\,000$ ккал/ч; высота помещения 7,0 м. Мостовой кран используется только для ремонтных работ. Приточный воздух поступает в рабочую зону рассеянно вдали от рабочих мест. Воздух удаляется из помещения шахтами с дефлекторами. Испарения с пола нет. Работа легкая. Местные отсосы не применяются.

Определяем воздухообмен для переходного периода. Принимаем $t_{p,l} = +23^\circ\text{C}$ (тепловыделения значительные). Параметры наружного воздуха:

$$t_n = +10^\circ\text{C}; \quad \varphi = 65\%; \quad d_n = 5,0 \text{ г/кг};$$

избыточные тепловыделения:

$$Q_n = 350\,000 - 75\,000 = 275\,000 \text{ ккал/ч}.$$

Температуру приточного воздуха принимаем:

$$t_n = 23 - 8 = 15^\circ\text{C}.$$

В данном случае Δt принята равной 8°C , учитывая значительные тепловыделения.

Параметры приточного воздуха:

$$t_n = +15^\circ\text{C}; \quad d_n = d_n = 5,0 \text{ г/кг}; \quad I_n = 6,70 \text{ ккал/кг}; \\ \varphi = 48\%.$$

Определяем угловой коэффициент ($Q_{p,z} = 0$; $I'_n = 595 + 0,47 \cdot 60 = 623,0$ ккал/кг; $W = 0$):

$$\psi = \frac{275\,000 + 250 \cdot 623}{250} \approx 1720.$$

Наносим на $I-d$ диаграмму (рис. 34) точку A , соответствующую состоянию наружного воздуха, и точку B — для приточного воздуха после его нагрева в калорифере (процесс по линии AB). Через точку B проводим луч, соответствующий значению углового коэффициента 1720.

Для нахождения параметров уходящего (из верхней зоны) воздуха определяем его температуру.

Градиент Δ принимаем равным 1,0.

$$t_{yx} = 23 + 1,0 \cdot (7,0 - 2,0) = 28^\circ\text{C}.$$

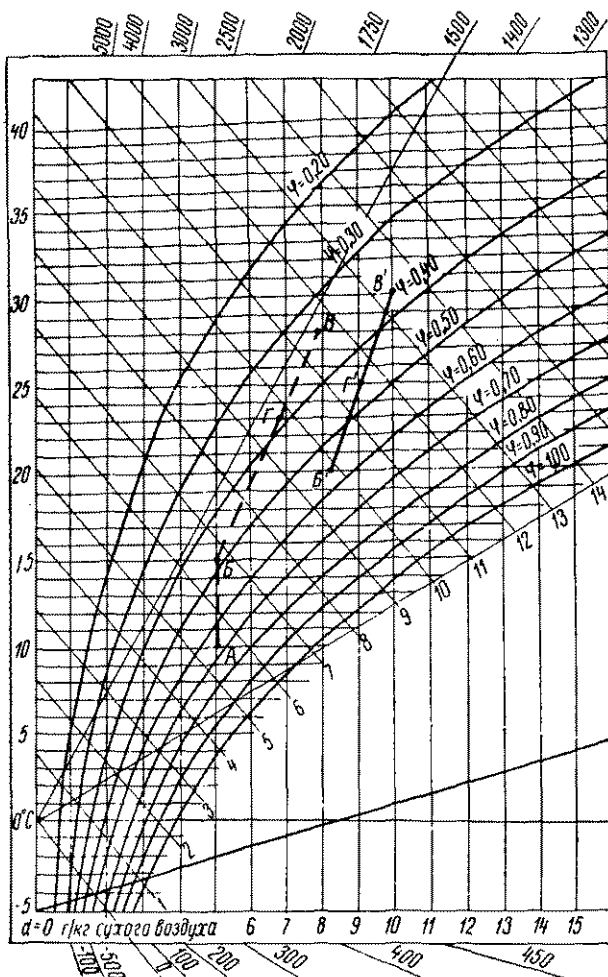


Рис. 34. $I-d$ диаграмма к расчету воздухообмена

На построенном луче откладываем точку B (для $t = +28^\circ\text{C}$).
Получаем параметры уходящего воздуха:

$$t_{yx} = +28^\circ\text{C}; \quad d_{yx} = 7,90 \text{ г/кг}; \quad I_{yx} = 11,60 \text{ ккал/кг}; \quad \varphi = 34\%.$$

Определяем воздухообмен по основной формуле (39):

$$L = \frac{250 \cdot 1000}{7,90 - 5,0} \approx \frac{275\,000 + 250 \cdot 623}{11,60 - 6,70} \approx 87\,000 \text{ кг/ч}.$$

Точка Г на луче процесса показывает состояние воздуха в рабочей зоне:

$$t = +23^{\circ}\text{C}; \quad \varphi = 38\%.$$

Как видно, влажность воздуха в рабочей зоне и уходящего ниже допустимой. В данном случае превалирующую роль играют тепловыделения и ни о каком туманообразовании не может быть и речи.

Проведем расчет для летнего периода. Пренебрегая тепловыми потерями и солнечной радиацией, определяем угловой коэффициент:

$$\psi = \frac{350\,000 + 250 \cdot 623}{250} \approx 2020.$$

Для летнего периода тепловыделения еще больше превалируют.

В данном случае параметры приточного воздуха заданы и являются параметрами наружной среды для Ленинграда:

$$t_n = +20^{\circ}\text{C}; \quad \varphi = 57\%; \quad d_n = 8,20 \text{ г/кг}; \quad I_n = 9,80 \text{ ккал/кг}.$$

Наносим на $I-d$ диаграмму точку B' , соответствующую заданным параметрам, и через эту точку проводим луч $\psi = 2020$. Температуру в рабочей зоне принимаем (тепловыделения значительны):

$$t_{p,z} = 20 + 5 = 25^{\circ}\text{C}.$$

Аналогично предыдущему находим температуру удаляемого воздуха:

$$t_{yx} = 25 + 1,0 \cdot (7 - 2) = 30^{\circ}\text{C}.$$

На построенном луче откладываем точку B' (для $t = +30^{\circ}\text{C}$). Получаем параметры уходящего воздуха:

$$t_{yx} = +30^{\circ}\text{C}; \quad d_{yx} = 10,0 \text{ г/кг}; \quad I_{yx} = 13,40 \text{ ккал/кг}; \quad \varphi = 37\%.$$

Определяем воздухообмен:

$$L = \frac{250 \cdot 1000}{10,0 - 8,20} \approx \frac{350\,000 + 250 \cdot 623}{13,40 - 9,80} \approx 139\,000 \text{ кг/ч}.$$

Точка Г' дает параметры воздуха в рабочей зоне:

$$t = +25^{\circ}\text{C}; \quad \varphi = 45\%.$$

Заканчивая рассмотрение вентиляции при совместном выделении тепла и влаги, скажем несколько слов о ее конструктивном выполнении. Аэрация здесь непригодна, особенно при превалирующих влаговыведениях. В большинстве случаев в холодный период приточная вентиляция механическая. Воздух, забираемый снаружи, или подогревается калориферами, или смешивается с внутренним рециркулирующим воздухом. Разумеется, это возможно лишь при значительных тепловыделениях.

Вытяжка воздуха при общеобменной вентиляции рекомендуется естественная—шахтами с дефлекторами. При этом следует отвести из шахт конденсат. От местных укрытий вытяжка, как правило, механическая.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ БОРЬБЕ С ПЫЛЬЮ

§ 18. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ ПО ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ С ПЫЛЕВЫДЕЛЕНИЯМИ

Борьба с производственной пылью наиболее эффективна, если она ведется комплексно, с применением технологических и санитарных мероприятий. К технологическим относятся мероприятия, способствующие уменьшению пылеобразования или вообще уничтожающие его. Например, замена сухого помола мокрым полностью ликвидирует пылеобразование. Применение взамен механического транспорта (шнеки, элеваторы, транспортеры и т. п.) пневмотранспорта или гидротранспорта значительно снижает пылеобразование и облегчает борьбу с пылью. Предварительная мойка измельчаемых материалов также способствует уменьшению пылеобразования при дроблении и помоле.

Мероприятием, в отдельных случаях дающим чрезвычайно высокий эффект по уменьшению пылеобразования при «сухом» процессе, является увлажнение, при котором обрабатываемый материал не теряет свойств, присущих «сухому» продукту, — определенной крупности частиц и сыпучести. Материал, увлажненный до 4—10%, обрабатывается и транспортируется методами, применяемыми для материала не увлажненного. Дробление и помол, смешение и взвешивание, классификация и транспортировка производятся без применения воды, но увлажненный материал в значительной степени теряет способность к пылеобразованию.

Иногда удается бороться с пылью гидрообеспыливанием. Сюда следует отнести также туманообразование в помещении, мокрую уборку пыли, дождевание, поддержание пола постоянно во влажном состоянии и иные аналогичные мероприятия, связанные с применением воды.

Чаще всего борьба с промышленной пылью ведется совместным воздействием вентиляции и гидрообеспыливания. В частных

случаях, когда гидрообеспыливание невозможно по условиям технологии, борьба с пылью производится преимущественно средствами вентиляции.

Вентиляция при борьбе с пылью, как правило, устраивается приточно-вытяжной. Приточная вентиляция организованная — механическая или при помощи аэрации. В пыльных цехах редко наблюдаются значительные тепловыделения; аэрация как средство компенсации вытяжки применяется сравнительно редко (исключая местности с высокой наружной температурой). Наиболее типична для пыльных помещений механическая приточная вентиляция с подогревом воздуха в холодный период.

Вытяжная вентиляция с местными отсосами пыли носит общее название аспирации. Однако под аспирацией большей частью подразумевают пылеотсасывающую вентиляцию, имеющую специфические особенности и удаляющую воздух, содержащий значительные количества пыли. Пылеудаляющая вентиляция, не имеющая наклонных воздуховодов, обычно аспирацией не именуется. Для большей четкости будем называть все пылеотсасывающие установки аспирационными, но разобьем их условно на две группы:

а) большая аспирация — пылеотсасывающие установки, применяемые при удалении значительного количества пыли (при содержании ее в удаляемом воздухе свыше 1000 мг/м^3), имеющие наклонные воздуховоды небольшой протяженности и не более 5—6 аспирируемых точек на одну систему;

б) малая аспирация — пылеудаляющие установки, применяемые при относительно небольшом пылевыхделении в помещении (содержание пыли в удаляемом воздухе до 1000 мг/м^3), не имеющие наклонных воздуховодов.

Аспирация в полном смысле слова (большая аспирация) встречается в дробильных, размольных, литейных, химических и металлургических цехах, а также в составных цехах стекольных предприятий. Эти цехи, как правило, имеют большую высоту и характеризуются отсутствием этажей (имеются только рабочие площадки), вследствие чего аспирационные системы могут выполняться с наклонными воздуховодами. В подобных цехах аспирация часто комбинируется с гидрообеспыливанием.

Малая аспирация находит применение в производствах со средней и малой интенсивностью пылеобразования. К таким относятся механические и отделочные цехи, некоторые цехи химических производств и т. п. Здесь здания обычно имеют деления на этажи, высота помещений не более 5 м, прокладка наклонных воздуховодов часто невозможна. При незначительном содержании мелкой и относительно легкой пыли воздуховоды прокладываются горизонтально. К малой аспирации следует отнести также пылеудаление из укрытий, где возникает незначительное пылеобразование; здесь концентрация пыли в удаляе-

мом воздухе настолько ничтожна, что воздух выбрасывают наружу без очистки. Сюда же надо причислить и зональную вытяжную вентиляцию, удаляющую пыль.

Вентиляция направлена на борьбу с первичным пылевыделением, являющимся следствием технологического процесса. Именно этот источник запыленности нас и интересует. Однако возможность вторичного пылеобразования накладывает определенное условие на приточную вентиляцию пыльных помещений. Нужно отметить, что приточный воздух в пыльные помещения всегда подается рассредоточенно с малыми скоростями. О подаче притока струями здесь говорить не приходится. Однако автору случалось наблюдать в практике подачу приточного воздуха сосредоточенными струями в пыльных помещениях. Эффект получался самый отрицательный.

Подача приточного воздуха в верхнюю зону диктуется преимущественно недопустимостью взмучивания пыли, оседающей на пол и строительные конструкции. Из сказанного вытекает правило — располагать приточные воздуховоды нужно таким образом, чтобы выходящий воздух не препятствовал естественному оседанию пыли не только на пол, но и на строительные конструкции, откуда пыль убирается мокрым способом или с помощью пылесосов.

Способность пыли длительное время витать в воздухе, особенно при наличии воздушных потоков, чрезвычайно затрудняет борьбу с ней. Всякое взмучивание уже осевшей пыли (струями воздуха или ногами при хождении по покрытому пылью полу) крайне нежелательно. Практика показывает, что плохо организованная сухая уборка пыльного помещения иногда вдвое увеличивает его запыленность. Это крайний случай, но увеличение запыленности даже на 20—30% за счет взмучивания осевшей пыли отнюдь не приводит к улучшению самочувствия людей. Отметим попутно, что в спокойном воздухе частица минеральной пыли размером в 1,0 мк оседает со скоростью около 25 см/ч. В воздухе же промышленного помещения, где неизбежны те или иные потоки, частицы пыли размером 2,0 мк и более могут относительно долго витать (в дробильных цехах пылинки размерами 2,0—3,0 мк почти не оседают).

Если пол постоянно влажный (что рекомендуется для дробильных и аналогичных им цехов), отпадает опасность взмучивания пыли как струями воздуха, так и ногами. При этом условии, по опыту автора, подача приточного воздуха в рабочую зону (равномерно, с малыми скоростями) не вызывает никаких отрицательных явлений. Допустимость поступления приточного воздуха в летнее время в рабочую зону (на уровне 0,7 м от пола) при постоянно влажных полах отмечена в СН 155—61, § 123, п. «в». Автор считает возможным в некоторых случаях подавать приточный воздух в рабочую зону и в холодный период

года механической вентиляцией (при влажных полах и в удалении от очагов пылеобразования).

Многие специалисты, рассматривая борьбу с пылью, игнорируют одно из существенных ее свойств — токсичность. В современных производствах, помимо силикозной пыли (которую тоже можно отнести к токсической), встречаются пыли с ярко выраженной ядовитостью (свинец и его окислы, ртутьсодержащие вещества, мышьяковистый ангидрид и т. п.). Борьба с ними резко усложняется; становятся актуальными специфические условия борьбы с токсическими газами и особенно — аэрозолями (порой трудно провести грань между пылью и аэрозолем).

О локализации и удалении токсических пылей будет сказано ниже. Рассмотрим вопрос о подаче приточного воздуха при токсических пылях.

Первое правило — подавать воздух в зоны наименьшего загрязнения — может быть соблюдено при выпуске приточного воздуха и в верхнюю и в рабочую зоны. Здесь важно установить, в какой зоне запыленность больше. На первый взгляд кажется, что в нижней (пыль оседает). Однако, если в помещении имеются восходящие тепловые потоки, пыль, особенно мелкая (самая активная и опасная для человека), выносится вверх и создает в верхней зоне наибольшие концентрации.

Второе правило — подавать чистый воздух в зону дыхания — тоже существенно при токсических пылях. Но зона дыхания — это рабочая зона. Об этом следует помнить и при вентиляции пыльных помещений.

Нельзя механически пользоваться указаниями санитарных норм при вентиляции помещений с токсическими пылевыделениями. Места подачи приточного воздуха должны выбираться с учетом вышесказанного, на основе тщательного анализа явлений, происходящих в воздушной среде. Как правило, часть приточного воздуха должна подаваться в рабочую зону, в места наименьшего загрязнения. В подобных помещениях полы должны быть постоянно влажными. При токсических пылевыделениях и наличии постоянных рабочих мест может оказаться целесообразной подача приточного воздуха в виде воздушных душей.

Проектирование пылеотсасывающей вентиляции — аспирации должно базироваться прежде всего на знании проектировщиком технологического процесса. Где, отчего, при каких условиях возникает образование пыли, каковы ее качества, крупность, смачиваемость, химический состав, — эти вопросы должны быть изучены проектировщиком в первую очередь. Ему должны быть известны явления, происходящие при данном пылеобразующем процессе, зоны повышенного давления в укрытии, направление пылевого факела, воздушные токи возле источника пылеобразования. Только в этом случае можно создать рациональную конструкцию пылеприемника или укрытия. Дать какие-либо кон-

кретные рекомендации здесь невозможно. Выскажем только некоторые принципиальные соображения, касающиеся аспирации наиболее часто встречающегося технологического оборудования.

Щековые дробилки создают значительное пылеобразование, преимущественно в месте выхода дробленого материала. Зев дробилки пылит меньше. Обычно дробленый материал поступает на конвейер, на котором устанавливается укрытие с боковыми вентилируемыми камерами типа СИОТ (рис. 23). От

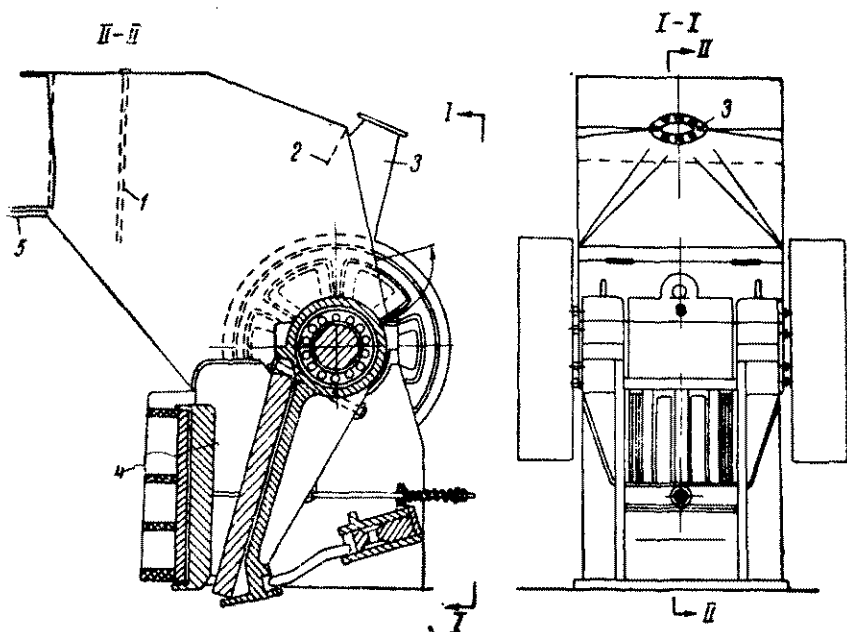


Рис. 35. Аспирируемое укрытие верха щековой дробилки
1—фартук; 2—щиток; 3—аспирационная воронка; 4—дробилка; 5—питатель

этого укрытия производится отсос воздуха. Верхняя часть дробилки снабжается емким аспирируемым укрытием, одна из конструкций которого показана на рис. 35.

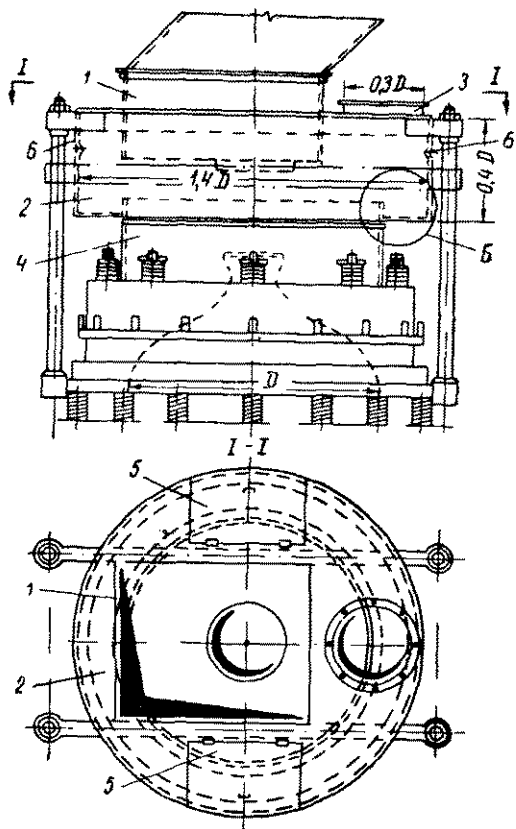
Укрытие опирается на станину дробилки. При пневмогидрообеспыливании распыляющая форсунка помещается внутри укрытия. У входа материала в укрытие устанавливается резиновый фартук, доходящий до слоя материала. Аспирационная воронка присоединяется к несъемной стенке укрытия; перед воронкой устанавливается отбойный щиток.

Конусные дробилки также дают наибольшее выделение пыли в разгрузочной части, где создается положительное давление за счет поступления материала в кольцевой зазор. Из дробилки материал попадает на конвейер, снабжаемый укрытием

типа СИОТ, аспирацией которого достигается обеспыливание места выхода материала. При пневмогидрообеспыливании (как и у шевковых дробилок) в укрытии типа СИОТ устанавливаются форсунки-распылители.

Загрузочная часть дробилки (верх ее) пылит меньше. Однако и здесь необходимо укрытие с аспирацией его (иногда с установкой пневмораспылителя). Укрытие обычно делается емким и разборным для удобства обслуживания дробилки. Одна из возможных конструкций укрытия показана на рис. 36. Укрытие должно быть максимально герметизировано: зазор между днищем укрытия и верхним поясом (воротником) дробилки не должен превышать 20—30 мм. В крышке укрытия предусматриваются герметичные люки для досмотра.

Трубчатые мельницы обычно имеют центральную загрузку и разгрузку через полую ось. Выбивание пыли может происходить через неплотности, особенно в местах присоединения загрузочной и разгрузочной течек. Для аспирации кожуха трубчатой мельницы производится отсос от ее загрузочной части, а иногда и от разгрузочной. В некоторых случаях трубчатые мельницы размещают (за исключением



Узел 6

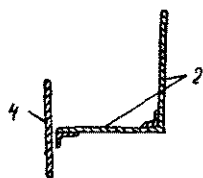


Рис. 36. Аспирируемое укрытие верха конусной дробилки

1—загрузочная коробка; 2—укрытие верха дробилки; 3—аспирационный патрубок; 4—верхний пояс дробилки; 5—крышки люков; 6—смотровое отверстие

привода и питателя) в специальных камерах со звукоизолирующим ограждением, из которых производится отсос воздуха. В этом случае разгрузочная часть мельниц не аспирируется.

Шаровые мельницы обычно с центральной загрузкой и периферийной разгрузкой заключаются в кожухи, из которых производится отсос воздуха. Аспирационная воронка помещается в верхней части кожуха. От разгрузочной точки отсос не пре-

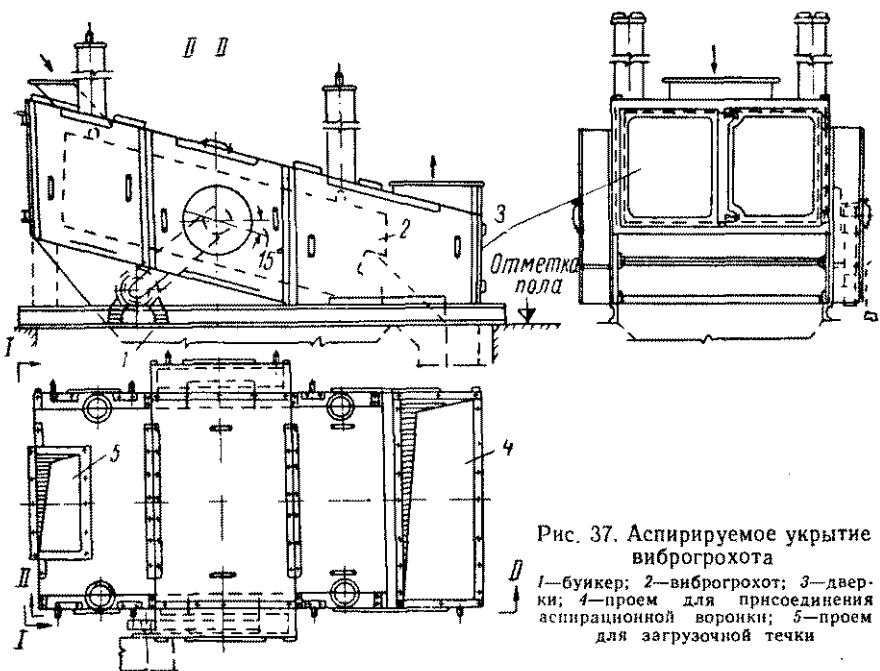


Рис. 37. Аспирируемое укрытие виброгрохота

1—буикер; 2—виброгрохот; 3—дверки; 4—проем для присоединения аспирационной воронки; 5—проем для загрузочной точки

дусматривается; аспирируется обычно элеватор или шнек, куда поступает материал из точки.

Грохоты—качающиеся, вибрационные и барабанные—создают значительное пылеобразование. Иногда его удается уменьшить за счет гидрообеспыливания (пневмогидрообеспыливания), но укрытие грохотов и их аспирация, как правило, необходимы. Наилучший результат обеспыливания грохотов дает заключение их в сплошные емкие укрытия полуразборного типа. Укрытия имеют патрубки для присоединения течек и рабочие проемы с дверками для обслуживания и смены решеток. Одна из конструкций аспирируемого укрытия виброгрохота показана на рис. 37.

Питатели всех видов, магнитные сепараторы, автовесы снабжаются сплошными кожухами заводского изготовления, из

которых производится отсос воздуха. Тарельчатые питатели иногда аспирируются за счет укрытий последующего технологического оборудования.

Молотковые дробилки и дезинтеграторы рекомендуются снабжать обводными трубами, соединяющими загрузочные и разгрузочные точки. Это делается для понижения давления в нижней части машин, создаваемого за счет их вращающихся частей. Обеспыливание молотковых дробилок обычно достигается аспирацией укрытий типа СИОТ, которые устанавливаются на конвейерах, принимающих раздробленный материал. Обеспыливание дезинтеграторов производится аспирацией их разгрузочной части (низа). Воздух отсасывается от самой точки или из башмака элеватора, а иногда из емкости, в которую поступает размолотый материал.

Мельницы и мешалки с периодической загрузкой и разгрузкой обычно целиком заключаются в кожухи, из которых отсасывается воздух. Кожухи имеют рабочие проемы — открытые или снабженные дверцами. Аспирационные воронки размещаются в нижней части кожуха, с противоположной стороны по отношению к рабочим проемам.

Нередко применяется опорожнение бункеров в передвижные кубели — круглые или прямоугольные. Иногда в такие кубели поступают размолотые материалы из мельниц или дробилок. В этих случаях бункерные затворы или точки помещают в специальные укрытия-колпаки, имеющие одинаковую с кубелем конфигурацию и размеры. Кубель подводится под укрытие таким образом, чтобы образовался минимальный зазор — по периметру 50—80 мм. Укрытие аспирируется с расчетом создания скорости воздуха в периферийной щели, препятствующей выбиванию пыли.

Схема укрытия-колпака у бункерного затвора показана на рис. 38.

Обеспыливание скиповых подъемников достигается аспирацией укрытий нижней и верхней частей. В нижней части уплотняется перекрытие скиповой ямы (где иногда размещается питатель); к этому перекрытию герметически присоединяется нижний кожух. Укрывающий верхнюю часть подъемника кожух соединяется с разгрузочной точкой. Иногда при незначительной

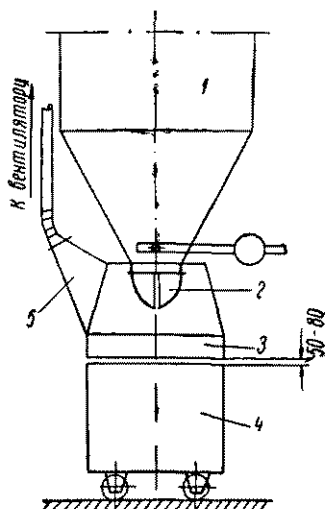


Рис. 38. Укрытие-колпак у бункерного затвора

1—бункер; 2—затвор; 3—укрытие затвора; 4—передвижной кубель; 5—аспираторная воронка

своей высоте подъемник укрывается сплошным кожухом. Тогда аспирационные воронки устанавливаются на перекрытии скиповой ямы, а в некоторых случаях — и в верхней части кожуха. Нужно отметить, что агрегаты, загружаемые с помощью скиповых подъемников, также должны аспирироваться.

Едва ли не самыми пыльными местами являются приемники для раздробленных материалов на ленточных конвейерах, а также пересыпки с ленты на ленту. Даже применение усовершенствованных укрытий с вентилируемыми боковыми камерами типа СИОТ (рис. 23) не предотвращает порой выбивания пыли.

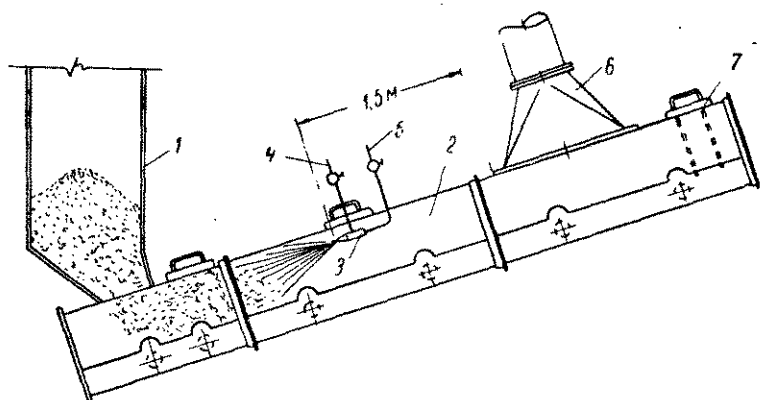


Рис. 39. Установка пневмораспылителя в укрытии

1—течка; 2—укрытие типа СИОТ; 3—пневмораспылитель типа «Иргиредмет»; 4—трубопровод для воды; 5—трубопровод сжатого воздуха; 6—аспираторная воронка; 7—уплотняющие фартуки

Особенно интенсивное пылеобразование наблюдается при разгрузке на ленточный конвейер раздробленного материала из щековых, конусных, молотковых и иных дробилок. Аспирация укрытий в местах разгрузки дробилок — одна из наиболее ответственных задач борьбы с запыленностью помещений.

Во всех случаях, когда это возможно, рекомендуется в дополнение к аспирации разгрузочных частей дробилок и пересыпок с ленты на ленту применять пневмогидрообеспыливание. Пневмораспылители устанавливаются внутри укрытия с направлением факела навстречу движению материала.

На рис. 39 схематично показана установка пневмораспылителя типа «Иргиредмет» с ввертной насадкой в укрытии типа СИОТ. Факел направлен навстречу потоку материала за резиновым фартуком.

При установке пневмораспылителей непосредственно в укрытии происходит малозаметное увлажнение материала и довольно значительное увлажнение отсасываемого воздуха.

Приводим приблизительный подсчет степени увлажнения материала за счет пневмогидрообеспыливания. Пусть дробилка имеет производительность 100 т/ч. В укрытии типа СИОТ установлен пневмораспылитель «Иргиредмет» с расходом воды 150 л/ч. Количество отсасываемого из укрытия воздуха 8000 м³/ч. Предположим, что 30% воды испаряется в воздух, а 70% идет на увлажнение материала.

Тогда на увлажнение материала пойдет 105 кг/ч воды, что составит около 0,10% от веса материала, т. е. величину, практически неощутимую. В воздух испарится 45 кг/ч воды, или на 1 м³ около 5,6 г, что увеличит относительную влажность воздуха при 20°C примерно на 33%. Как видно, увлажнение воздуха довольно значительно, что следует иметь в виду при проектировании аспирации наряду с пневмогидрообеспыливанием.

Увлажненный воздух и отсасываемая пыль при гидрообеспыливании способствуют зарастанию воздухопроводов аспирационной системы. Влажный воздух легко выделяет конденсат, влажная пыль имеет тенденцию слипаться. Поэтому при гидрообеспыливании необходима более частая и тщательная прочистка воздухопроводов; до пылеуловителей они делаются минимальной длины. Кроме обычных лючков для прочистки, рекомендуется проектировать быстроразборные соединения отдельных звеньев воздухопроводов, особенно у колен и ответвлений.

Кроме укрытых и аспирируемых основных очагов пылеобразования (пересыпок материала), на ленточных конвейерах имеются еще добавочные источники пыли, ликвидировать которые вентиляционными средствами невозможно. Речь идет о просыпании пыли, прилипшей к холостой ветви ленты, а также о размалывании материала между лентой и барабанами и лентой и роликами. С этими пылевыделениями можно бороться только технологическими мероприятиями, из которых назовем следующие:

- а) устройство для беспыльной очистки холостой ветви лент и концевых барабанов; для очистки холостой ветви может быть применен мокрый способ, с подачей воды под давлением;
- б) обеспечение плавного хода ленты за счет тщательного выполнения ее стыков (вулканизация стыков);
- в) назначение ширины лент большей, чем требуется по производительности;
- г) автоматическое устройство для устранения перекосов ленты.

В связи со сказанным о дополнительном пылеобразовании от холостой ветви ленты следует упомянуть об имеющейся у некоторых проектировщиков тенденции применять «аспирационный коллектор», снабженный ленточным или скребковым транспортером для удаления осевшей в коллекторе пыли. Такие коллекторы с ленточным транспортером применяются иногда

в системах пневмотранспорта древесных отходов. Там это оправдано, ибо исключается налипание древесных стружек и опилок на холостую ветвь ленты. Но применять подобные коллекторы при слипающихся и токсических пылях — нецелесообразно.

Остановимся на некоторых особенностях устройства аспирационных систем, в частности, на специфике удаления токсических пылей.

Системы аспирации при большом количестве отсасываемой пыли и особенно при одновременном наличии гидрообеспыливания характеризуются тремя основными чертами:

— короткие и проложенные по кратчайшему расстоянию воздуховоды;

— отсутствие или минимальное количество горизонтальных участков. Воздуховоды, как правило, вертикальные или проложены с наклоном в $45\text{--}60^\circ$ к горизонтали;

— количество обслуживаемых местных отсосов — от одного до шести. Аспирационная система с количеством отсосов более шести — уже исключение.

В системах малой аспирации (например, от полировочных станков) воздуховоды чаще всего прокладываются горизонтально и параллельно стенам. Может быть 10 и даже больше местных отсосов на одну систему. Однако и здесь рекомендуется децентрализовать вентиляционные системы, так как это удобнее в эксплуатации и более надежно с точки зрения увязки потерь напора в отдельных ветвях воздуховодов.

Любая аспирационная система имеет устройства для очистки воздуха от пыли. Очистные устройства могут быть одно- и многоступенчатыми, с мокрым и сухим процессом. Обычно считают, что при содержании пыли в удаляемом воздухе в количествах более 5000 мг/м^3 необходима двухступенчатая очистка.

К выбору пылеочистных устройств при токсических пылях надо подходить с особой тщательностью не только потому, что требуется более глубокая очистка (до $99,5\%$), но и по иным соображениям. Здесь очень важно рационально решить вопрос удаления уловленной пыли.

При сухом пылеулавливании разгрузка пылеуловителя и транспортировка пыли всегда связаны с дополнительным пылением (иногда локализуемым местными отсосами). При нейтральной пыли добавочное пылевыведение, хотя и неприятно для обслуживающего пылеуловителя персонала, но не опасно. Иначе обстоит дело при токсической пыли. Применяя сухую очистку, надо всемерно механизировать и герметизировать процесс разгрузки и транспортировки пыли.

Не касаясь пока объемов удаляемого аспирацией воздуха, отметим необходимость особой герметизации очагов пылеобразования при токсической пыли. Закрытые транспортные средства — элеваторы, шнеки и т. п. должны иметь максимально уплот-

ненные кожухи, герметично соединенные с течками. Пересыпки на конвейерах должны обязательно снабжаться укрытиями с боковыми камерами типа СИОТ. В местах выхода материала из дробилок, помимо установки укрытий СИОТ, рекомендуется дополнительно капсюлировать течку, укрытие и часть транспортера путем создания камеры под дробилкой, из которой дополнительно производится отсос воздуха. Воздуховоды аспирационных систем, удаляющих токсическую пыль, должны быть проложены вертикально или с максимальным наклоном; скорости в воздуховодах принимаются по возможности наибольшими. Чем реже потребуется чистить воздуховоды (при токсических пылях это операция сложная), тем лучше.

При токсических пылях во всех возможных случаях следует применять гидрообеспыливание параллельно с аспирацией.

§ 19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ВОЗДУХА, УДАЛЯЕМОГО МЕСТНЫМИ ОТСОСАМИ

В последние годы появились нормы МИОТа для литейных цехов, Гипротиса, Механобра и ленинградского Промстройпроекта для дробильного и транспортного оборудования обогащенных фабрик и, наконец, вышли Указания по проектированию санитарно-технических устройств основных цехов и отделений заводов огнеупоров СН 155—61. Последние наиболее ценны как по полноте изложения, так и вследствие того, что являются изданием официальным. Некоторые указания по определению объемов аспирационных отсосов в литейных цехах имеются в СН 111—60; по другим отраслям промышленности — в иных аналогичных Указаниях.

Тем не менее полной ясности и согласованности в определении объемов аспирационных отсосов до сих пор не создано. Очень существенно то, что ни в одних нормах нет указаний об изменении объемов отсасываемого воздуха в зависимости от свойств пыли, в частности, от ее токсичности. Такой обезличенный подход к определению объемов отсасываемого воздуха нельзя признать правильным.

Любой местный отсос никогда не дает стопроцентного улавливания вредностей; часть их всегда прорывается в помещение — безразлично, газовые это вредности или пыль. Только в исключительных случаях (например, при улавливании радиоактивных веществ) удастся полностью удалить вредность местным отсосом.

Запыленность помещений, имеющих аспирацию, зависит (не касаясь вторичного пылеобразования) от величины «проскока» пыли в помещение, т. е. от совершенства местного укрытия или отсоса. Чтобы концентрация пыли в помещении не превышала допустимой для пылей силикозных и токсических, необходимо

резкое снижение «проскока» в помещение в сравнении с пылью нейтральной.

Нормируемые или определенные расчетом объемы отсосов от аспирируемых укрытий следует признать приемлемыми только для нейтральных пылей (допустимая концентрация которых в воздухе помещений колеблется от 6,0 до 10,0 мг/м³). Что касается пылей, содержащих более 10% свободной SiO₂, асбестовой пыли и пылей токсических, то для определения объемов воздуха, отсасываемого из аспирируемых укрытий, автор предлагает пользоваться следующими значениями коэффициента β:

для пылей с допустимой концентрацией 3,0÷5,0 мг/м³	1,20
1,0÷2,0	1,30
для токсических пылей с допустимой концентрацией до 0,3 мг/м³	1,40
для токсических пылей с допустимой концентрацией ниже 0,3 мг/м³	1,50; 1,60

Если объем воздуха, удаляемого из аспирируемого укрытия, при нейтральной пыли обозначить L_a , то при силикозной, асбестовой и токсической пыли потребный объем L'_a выразится:

$$L'_a = \beta L_a \text{ [м}^3/\text{ч]}.$$

Вводить в расчет коэффициент β автор предлагает во всех случаях обеспыливания, за исключением аспирации элеваторов. В последнем случае коэффициент β можно принимать равным 1,0.

В настоящее время объемы воздуха, удаляемого из аспирируемых укрытий определяются частично по расчету и частично по практическим данным. Первые попытки обосновать расчетом объемы удаляемого аспирацией воздуха (в основном от пересыпок с конвейера на конвейер и от разгрузочных течек дробилок) были сделаны ленинградским Промстройпроектом, а также СИОТом и институтом Механобр. Составленные ими указания и временные технические условия впервые появились в 1956—57 гг. Несмотря на это, многие проектные организации до начала 60-х годов пользовались практическими данными для определения объемов аспирации.

Приводим некоторые из этих данных, относящихся к 1960 году.

Институтом Гипроцемент применялись, в частности, следующие нормы при аспирации:

1. Отсос от укрытия типа СИОТ на конвейере при выходе материала из дробилки:	
щечковой производительностью до 300 т/ч	12 000 м³/ч;
молотковой 125	7 000 "
конусной	4 000 "

2. Отсос от укрытия типа СИОТ при перегрузке с конвейера на конвейер, если высота падения 3 м, $\alpha = 90^\circ$ и ширина ленты:	
500 мм	2300 м ³ /ч;
800	2800 .
1000	3200 .

Институтом Гипронинеруд (б. Гипронеметруд) принимались нормы, несколько отличные от вышеприведенных, а именно:

- Отсос от укрытия типа СИОТ на конвейере при выходе материала из дробилки:

щечковой производительностью более 20 т/ч	10 000 м ³ /ч
молотковой 20	7 000 .
конусной производительностью более 40	9 000 .
- Отсос от емкого аспирируемого укрытия в месте загрузки дробилки:

щечковой производительностью более 20 т/ч	5000 м ³ /ч
конусной 40	3000 .
- Отсос от магнитного сепаратора (от верха кожуха) 2000 .
- Отсос от укрытия типа СИОТ при перегрузке с конвейера на конвейер, если высота падения 3 м, $\alpha = 90^\circ$ и ширина ленты:

500 мм	5 200 м ³ /ч
650	6 500 .
800	8 000 .
1000	10 000 .
- Отсос от укрытия типа СИОТ при перегрузке с конвейера на конвейер при высоте падения 3 м, $\alpha = 60^\circ$ и ширине ленты:

500 мм	3000 м ³ /ч;
650	3800 .
800	4500 .
1000	5500 .

Как видно из приведенных цифр, имеется резкое расхождение в объемах воздуха, извлекаемого от мест перегрузок с конвейера на конвейер. В некоторых случаях они отличаются почти в 3 раза.

В некоторых указаниях и технических условиях, а также в СН 155—61 и СН 111—60 приводятся данные по аспирации кожухов элеваторов. Рекомендуемые объемы отсасываемого воздуха не учитывают высоты элеватора. Это принципиально неправильно. Напомним хотя бы формулу Мельстроя для определения объема отсоса от кожуха элеватора, в которой объем воздуха является функцией высоты элеватора:

$$L = 350 + 50 \cdot (H - 6) \text{ [м}^3/\text{ч]},$$

где H — высота элеватора в м.

Объем аспирационного отсоса от кожуха элеватора зависит от ширины ковша и высоты кожуха. Это отражено в табл. 7, где приведены рекомендуемые объемы отсосов.

Если сравнить объемы воздуха, удаляемого от пылящего оборудования, на наших предприятиях и на американских, то окажется, что на американских обогатительных фабриках объем удаляемого воздуха значительно выше, нежели на наших. Так

на одной из обогащительных фабрик США удельный объем воздуха на одну аспирируемую точку составляет в среднем 120 м³ на 1 т руды. По другим данным, на одной из американских фабрик в отделении первичного дробления расход воздуха составляет 1200 м³ на 1 т руды. Если предположить, что в этом отделении находится 7—8 аспирируемых точек, то расход на 1 точку выразится 170—150 м³ на 1 т руды.

Подсчитаем приближенно расход воздуха для дробильного отделения крупного и среднего дробления при производительности 100 т/ч, пользуясь вышеприведенными нормами б. Гипроне-метруда (ширина ленты конвейера 500 мм):

Щековая дробилка:

загрузка	5 000 м ³ /ч
выгрузка на конвейер	10 000 "
пересыпка с ленты на ленту	5 000 "

Грохот вибрационный

9 000 "

Магнитный сепаратор

2 000 "

Конусная дробилка:

загрузка	3 000 "
выгрузка на конвейер	9 000 "

Пересыпка с ленты на ленту	5 000 "
--------------------------------------	---------

Всего 48 000 м³/ч

Таким образом, на 1 аспирируемую точку 6000 м³/ч, а на 1 т руды 60 м³, т. е. в 2—2,5 раза меньше, чем у американцев.

В результате обработки имеющихся литературных и опытных материалов автором составлена табл. 7, в которой указаны рекомендуемые объемы воздуха, удаляемого аспирацией от пылящего оборудования. Таблица составлена для нейтральной пыли, для которой коэффициент $\beta=1,0$.

Приводимые данные не претендуют на исчерпывающую точность и полноту. В отдельных случаях их следует изменять в ту или иную сторону, сообразуясь с конструкцией укрытия, составом пылеобразующего материала и т. п. Добавим, что таблица составлена для случая, когда невозможно гидрообеспыливание. При наличии гидрообеспыливания объемы отсасываемого воздуха могут быть снижены, а в некоторых случаях (при гидрофильном материале) — довольно значительно. Впрочем, сказать, насколько следует снижать объемы аспирации при гидрообеспыливании, затруднительно.

В ряде случаев объемы удаляемого из укрытий воздуха определяются расчетом. Наиболее приемлемым можно считать способ расчета, предлагаемый СН 155—61, изложенный ниже с некоторыми дополнениями и изменениями.

Объем воздуха, удаляемого из аспирируемого укрытия, L_a , складывается из объема воздуха, вносимого в укрытие поступающим материалом, L_2 , и воздуха просасываемого через неплотности

и проемы укрытия, L_{II} . Общее выражение для определения объема удаляемого воздуха при нейтральной пыли напишется так:

$$L_a = L_3 + L_{II} [m^3/ч]. \quad (41)$$

Объем воздуха, вносимого в укрытие поступающим материалом через загрузочные точки, вычисляется по формуле:

$$L_3 = 0,04K_y W_m v_k^2 [m^3/ч], \quad (42)$$

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

W_m — количество материала, загружаемого через точку в $m^3/ч$;

v_k — скорость движения материала при входе в укрытие из загрузочной точки в $m/сек$.

Коэффициент K_y рекомендуется принимать равным:

для укрытий типа СИОТ на конвейере при перегрузке с ленты на ленту	2,0 ÷ 2,50
• • • на конвейерах, не имеющих дополнительных вентилируемых камер, а также емких укрытий, загружаемых через точки типа СИОТ на конвейерах при поступлении материала из дробилок	4,0 ÷ 5,0
• • • на конвейерах, не имеющих дополнительных вентилируемых камер, при поступлении материала из дробилок	5,50 ÷ 6,0
• • • на конвейерах, не имеющих дополнительных вентилируемых камер, при поступлении материала из дробилок	10,0 ÷ 12,0

Скорость движения материала v_k определяется по формуле:

$$v_k = \sqrt{19,6H(1,0 - 1,20 f_m \operatorname{ctg} \alpha)} [m/сек], \quad (43)$$

где H — высота падения материала в загрузочной точке в m (не учитывая высоту падения в оборудовании и укрытии);

f_m — коэффициент трения материала о поверхность точки;

α — угол наклона загрузочной точки к горизонтали в град (при ломаной загрузочной точке принимается среднее значение угла α).

Значение коэффициента f_m следует принимать:

для гипса	0,65	для глины	0,80
• гравия	0,80	• земли сырой	0,80
• земли сухой	0,50	• песка	0,60
• руды	0,65	• угля каменного	0,50
• цемента, щебня	0,50	• шлака	0,60

Как видим, значения коэффициента трения отличаются незначительно.

Для определения объема воздуха, вносимого материалом в емкое укрытие верха дробилки при подаче материала

Рекомендуемые объемы воздуха, удаляемого аспирацией от пылящего оборудования
(для нейтральной пыли)

Наименование оборудования	Характеристика оборудования	Вид укрытия	Скорость в проеме, щелях, плотностях в м/сек	Объем удаляемого воздуха в м ³ /сек	Место отсоса	Примечание
Элеваторы Холодный материал	h до 10 м, ширина ковша B до 300 мм	Сплошной металлический кожух	—	1200	От башмака	Из расчета 4,0 B
То же	$B = 400 - 500$ мм	То же	—	1400—1700	То же	3,5 B
"	$B = 600 - 700$ "	"	—	1800—2100	"	3,0 B
"	h более 10 м, B до 300 мм	"	—	1100	От башмака	3,5 B
				500	От головки	1,5 B
"	$B = 400 - 500$ мм	"	—	1200—1500	То же	3,0 B
"				600—800		1,5 B
"	$B = 600 - 700$ мм	"	—	1700—2000	"	2,8 B
	h до 10 м, B до 300 мм	"	—	800—1000	"	1,4 B
Элеваторы Горячий материал				600	"	2,0 B
				900	"	3,0 B
То же	$B = 400 - 500$ мм	"	—	800—1000	"	2,0 B
"				1000—1200	"	2,5 B
"	$B = 600 - 700$ "	"	—	1100—1400	"	1,8 B
	h более 10 м, B до 300 мм	"	—	1300—1500	"	2,2 B
"				700	"	2,5 B
"				1000	"	3,5 B
"	$B = 400 - 500$ мм	"	—	1000—1200	"	2,5 B
"				1200—1500	"	3,0 B
"	$B = 600 - 700$ "	"	—	1300—1500	"	2,2 B
				1500—1700	"	2,5 B

Шнеки обычного уплотнения	$D \leq 200 \text{ мм}$	Сплошной разъемный кожух	—	300 40	От перепала. По длине на 1 пог. м	У перепала — емкое укрытие с отсосом
То же	$D = 300$	То же	—	400	То же	То же
• •	$D = 400$	• •	—	50	• •	• •
То же	$D = 500$	• •	—	500	• •	• •
Шнеки герметичные	$D = 200$	Сплошной кожух	—	60	• •	• •
То же	$D = 300$	То же	—	70	По длине на 1 пог. м	• •
Транспортеры, полностью укрытые (реверсивные, передвижные и пр.)	Ширина ленты $B = 500 \text{ мм}$	Укрытие со съёмными стальными шторами	—	30	То же	• •
То же	$B = 600 — 800 \text{ мм}$	То же	—	40	То же	• •
То же	$B = 1000 — 1200 \text{ мм}$	То же	—	По расчету 300—400	От перепала. По длине на 1 пог. м	У перепала укрытые с боковыми вентилируемыми камерами (типа СИОТ)
Автовесы	—	Сплошной кожух	—	По расчету 400—500	То же	То же
Бегуны смешивающие или помольные	Диаметр чаши D до 1200 мм	Сплошной кожух с приемом	—	По расчету 500—600	• •	• •
То же	$D = 1500$	То же	—	500—800	От верха кожуха	Малые
• •	$D = 2000$	• •	—	1000—1500	От верха кожуха	Большие
Магнитный сепаратор	—	Сплошной кожух	—	2000—2500	То же	—
			—	2500—3000	То же	—
			—	3000—4000	• •	—
			—	800—1200	От верха кожуха	Объем кожуха до 2,0 м³
			—	1500—2000		Объем кожуха более 2,0 м³

Наименование оборудования	Характеристика оборудования	Вид укрытия	Скорость в проемах, неплотностях в м/сек	Объем удаляемого воздуха в м ³ /ч	Место отсоса	Примечание
Плоские грохоты (качающиеся и вибрационные)	Площадь до 2,0 м ²	Сплошное укрытие	Не менее 2,5	2000 на 1 м ² площади грохота	От верха кожуха	Площадь неплотностей 12—15% от площади грохота
То же	Площадь свыше 2,0 м ²	То же	То же	1500—1800 на 1 м ² площади грохота	То же	То же, 10% от площади грохота
" "	—	Кожух со шторками	—	2000—3000 на 1 м ² площади грохота	" "	В зависимости от уплотнения
Грохот барабанный	—	Сплошной кожух	—	(3,5 — 4,0) · Д		Д — диаметр грохота в мм
Питатель пластинчатый	—	Кожух	—	1200—1600	От кожуха сверху	—
То же, тарельчатый	—	То же	—	800—1000	" "	—
То же, ленточный	—	" "	—	1200—1600	" "	—
Скребок транспортер	—	" "	—	1000—2500	От перепала. По длине на 1 пог. м	У перепала — емкостное укрытие
Дезинтегратор	—	Кожух	—	400—600		Дополнительно к отсосу от элеватора

Мешалки (типа Эйрих и др.)	—	Сплошной кожух без проемов	—	500—800	От кожуха сверху	—
Трубчатые мельницы	—	Укрытые мест загрузки и разгрузки	—	300—600 объемов барабана	Через полуось от мест загрузки и выгрузки	—
Шаровые мельницы малые	—	Сплошные укрытия	—	800—1200	От кожуха сверху	—
То же, большие	—	То же	—	1500—2500	То же	—
Скиповые подъемники большие	—	Укрытые скиповой ямы и места разгрузки	Не менее 2,0	2500—5000 1500—3000	Низ Верх	—
То же, малые	—	Сплошной кожух	То же	2000—4000	От кожуха снизу и сверху	—
Бункера, загружаемые элеватором	—	—	—	500 800 1200	От перекрытия бункера	$B < 300 \text{ мм}$ $B = 400 \div 500 \text{ мм}$ $B = 600 \div 700 \text{ мм}$
То же, шнеками	—	—	—	500 800	То же	$D = 200 \div 300 \text{ мм}$ $D = 400 \div 500 \text{ мм}$
То же, конвейерами	—	—	—	900—1200	Загрузка плужковым сбрасывателем	
Ширина ленты 500 мм	—	—	—	2000—2500	То же	
То же, ширина ленты до 800 мм	—	—	—	3000—3500	То же	
То же, ширина ленты до 1000 мм	—	—	—	1800 D^2	Через полуось барабана	D — диаметр барабана в мм
Очистные барабаны	—	—	—			

* При тщательной герметизации кожухов элеваторов и уплотнении течек объем воздуха определять с коэффициентом 0,80.

в дробилку пластинчатым или лотковым питателем, можно пользоваться выражением:

$$L_3 = 0,12 W_m v_k^2 [м^3/ч]. \quad (44)$$

При подаче материала в укрытия из герметизированного технологического оборудования или из бункеров, имеющих остаточный слой материала, объем воздуха L_3 , вносимого материалом, можно учитывать в половинном размере.

Объем воздуха L_n , просасываемый через неплотности и проемы укрытия, определяется по известной формуле:

$$L_n = 3600 F v [м^3/ч], \quad (45)$$

где F — площадь неплотностей и проемов укрытия в $м^2$;
 v — минимальная расчетная скорость воздуха в неплотностях и проемах в $м/сек$.

Скорость v — опытная величина, зависящая, как и при газовых вредностях, от характера пылеобразования в укрытии и степени токсичности пыли. Для нейтральных пылей (допустимая концентрация 6—10 $мг/м^3$) скорость v рекомендуется принимать:

- для емких укрытий загрузочной части дробилок 1,50—2,0 $м/сек$
- бункеров 1,0 — 1,50 "
- емких укрытий дробильно-помольного и просеивающего оборудования 2,0 — 2,5 "
- укрытий на конвейерах без боковых вентилируемых камер 2,0 — 3,0 "

Объем воздуха L_n^1 , просасываемого через вентилируемые камеры и неплотности, в укрытиях типа СИОТ на конвейерах рекомендуется определять по следующей формуле:

$$L_n^1 = 3600 v_k (0,67 f_k + 0,46 f_n + 0,33 f_3) [м^3/ч], \quad (46)$$

где f_k — площадь поперечного сечения одной боковой вентилируемой камеры в $м^2$ (табл. 3);
 f_n — площадь неплотностей в передней торцевой стенке укрытия в $м^2$;
 f_3 — площадь неплотностей в задней торцевой стенке укрытия в $м^2$.

Определяя объем отсасываемого воздуха L_a для укрытия типа СИОТ (рис. 23) и имея в виду эффективное действие отсоса, необходимо принимать площадь f_0 каждого из отверстий, соединяющих боковые вентилируемые камеры с внутренней полостью укрытия, равной

$$f_0 = 0,24 f_k \sqrt{V_{v_k}} [м^2]. \quad (47)$$

Учитывая недостаточную точность изготовления укрытий типа СИОТ, а также возможное увеличение неплотностей укрытия

во время эксплуатации, автор считает нужным вводить в формулу для определения L_n коэффициент запаса, равный 1,50.

Тогда расчетная формула примет вид:

$$L_n = 1,50 \cdot 3600 v_k (0,67 f_k + 0,46 f_n + 0,33 f_s) \text{ [м}^3/\text{ч]}. \quad (48)$$

Приводим два примера определения объема отсасываемого воздуха L_a для укрытий типа СИОТ на конвейерах.

Имеется пересыпка (перепад) с ленты на ленту при следующих условиях: количество руды в час $W_m = 250 \text{ м}^3/\text{ч}$; скорость ленты $1,25 \text{ м/сек}$; ширина ленты 800 мм ; высота падения материала в загрузочной точке $3,0 \text{ м}$; угол наклона точки к горизонту 90° .

Принимаем укрытие типа СИОТ для ленты шириной 800 мм (табл. 3), для которого $f_k = 0,037 \text{ м}^2$; $f_n = 0,028 \text{ м}^2$; $f_s = 0,009 \text{ м}^2$ (укрытие непроходное).

Скорость движения материала при входе в укрытие v_k :

$$v_k = \sqrt{19,6 \cdot 3,0 \cdot (1,0 - 1,20 \cdot 0,65 \cdot 0)} = \sqrt{58,8} \approx 7,70 \text{ м/сек}.$$

Объем воздуха, вносимого поступающим материалом ($K_v = 2,50$):

$$L_s = 0,04 \cdot 2,50 \cdot 250 \cdot 7,70^2 \approx 1500 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Объем воздуха, просасываемого через вентилируемые камеры и неплотности укрытия:

$$L_n = 1,50 \cdot 3600 \cdot 7,70 \cdot (0,67 \cdot 0,037 + 0,46 \cdot 0,028 + 0,33 \times \\ \times 0,009) \approx 1700 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Суммарное количество удаляемого из укрытия воздуха:

$$L_a = 1500 + 1700 = 3200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Во втором примере рассмотрим укрытие на конвейере, в которое поступает материал из щековой дробилки. Условия остаются прежние, но укрытие СИОТ принимается проходное, и следовательно: $f_k = 0,037 \text{ м}^2$; $f_n = 0,046 \text{ м}^2$; $f_s = 0,046 \text{ м}^2$.

Объем воздуха, вносимого поступающим материалом ($K_v = 6,0$):

$$L_s = 0,04 \cdot 6,0 \cdot 250 \cdot 7,70^2 \approx 3600 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Объем воздуха, просасываемого через вентилируемые камеры и неплотности укрытия:

$$L_n = 1,50 \cdot 3600 \cdot 7,70 \cdot (0,67 \cdot 0,037 + 0,46 \cdot 0,046 + 0,33 \times \\ \times 0,046) \approx 2600 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Суммарное количество удаляемого из укрытия воздуха:

$$L_a = 3600 + 2600 = 6200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Сравнивая полученные цифры с ранее приведенными данными б. Гипрометтруда, видим, что найденные расчетом объемы

Расчетные скорости в проемах и неплотностях укрытий

Род операции	Вид укрытия	Характеристика выделяющейся пыли	Минимальная расчетная скорость v , м/сек
Разгрузка пылящего материала, растапливание, развеска	Шкаф, кожух, укрытие-козырек	Допустимая концентрация 6—10 мг/м ³	0,80—1,0
То же	То же	То же, до 4 мг/м ³	0,90—1,20
"	"	" " 2 "	1,10—1,60
"	"	Пыль токсическая (свинцовая, марганцовая и т. п.)	2,0—3,50
Работа с эпоксидными смолами, связанная с пылевыделением	Шкаф, кожух, витринное укрытие, козырек	Пыль эпоксидной смолы, дифенилолпропана	2,0—3,0
Просеивание и дробление ручное и механическое	Шкаф, кожух, укрытие-козырек	Допустимая концентрация 6—10 мг/м ³	1,0
То же	То же	То же, до 4 мг/м ³	1,20—1,40
"	"	" " 2 "	1,30—1,70
"	"	Пыль токсическая	2,50—4,0
Пылящие машины в укрытиях	Укрытие сборное или разборное	Допустимая концентрация 6—10 мг/м ³	1,50—2,0
То же	То же	То же, до 4 мг/м ³	2,0—2,5
"	"	" " 2 "	3,0—4,0
"	"	Пыль токсическая (свинцовая и т. д.)	5,0—7,0
Дробеструйная очистка мелких деталей	Кожух, камера	Металлическая пыль	1,50—2,0
Опорожнение автоцементовозов	Специальный емкий кожух	Допустимая концентрация 6—10 мг/м ³	1,0—1,30
То же	То же	То же, до 2 мг/м ³	1,20—1,50
Накатка полировальных кругов абразивом	Кожух, укрытие-козырек	Пыль абразива	1,40—1,60
Ручная работа с небольшим выделением пыли	Витринное укрытие, козырек	Допустимая концентрация 6—10 мг/м ³	0,60—0,90
То же	То же	То же, до 2 мг/м ³	1,0—1,20

аспирационного воздуха меньше применявшихся на практике в 1960 г.: перепад с ленты на ленту 3200 и 8000 м³/ч; выход из дробилки 6200 и 10 000 м³/ч.

Удельный расход воздуха на одну аспирируемую точку на 1 т руды составит для выхода из дробилки (объемный вес руды 1,70 т/м³):

$$\frac{6200}{250 \cdot 1,70} \approx 15 \text{ м}^3/\text{т}.$$

Автор считает вычисленные объемы воздуха, удаляемого от укрытий типа СИОТ, минимально допустимыми при условии весьма тщательного выполнения укрытий и тщательной их эксплуатации. При менее надежной эксплуатации было бы правильнее увеличить найденные для данного случая объемы воздуха соответственно: для перепада с ленты на ленту до 4500 м³/ч; для выхода из дробилки до 7000—8000 м³/ч.

Приведенные выше цифры для укрытий типа СИОТ на конвейерах относятся к нейтральной пыли. Для иных пылей, как уже говорилось, необходимо вводить коэффициент β , больший единицы.

Определение объема воздуха, удаляемого из шкафных, витринных и т. п. укрытий, а также от укрытий, полностью закрывающих пылящую машину, производится аналогично изложенному выше для токсических вредностей (газов, паров), т. е. по формуле:

$$L = 3600 F v \text{ [м}^3/\text{ч]}.$$

Для учета случайных неплотностей в ограждениях укрытий, так же как и для газов, рекомендуется вводить коэффициент при определении расчетной суммарной площади F . Значения этого коэффициента можно принимать по данным § 12.

Расчетные скорости в проемах и неплотностях укрытий сведены в табл. 8.

§ 20. ГИДРООБЕСПЫЛИВАНИЕ

При проектировании гидрообеспыливания (наряду с аспирацией или без нее) следует прежде всего изучить пылеобразующий материал с точки зрения его смачиваемости. Различают вещества гидрофильные, т. е. легко смачиваемые, и гидрофобные, т. е. плохо смачиваемые. К первым относятся, в частности, кварцевые руды, различные шпаты, окисленные минералы; ко вторым — тальк, графит, апатит, свинцовый блеск, пирит, окислы свинца.

Гидрообеспыливание во всех его модификациях эффективно при гидрофильных материалах: при высокой смачиваемости и допустимой по условиям технологии влажности (6—10%) удает-

ся снизить пылеобразование до допустимых пределов. Борьба с пылью с помощью только гидрообеспыливания дает иногда удовлетворительный эффект даже в таких пыльных цехах, как дробильные.

Устройство гидрообеспыливания рекомендуется при наличии материалов, дающих горючую или взрывоопасную пыль.

Самым простым и эффективным способом гидрообеспыливания является увлажнение материала. Оно производится обычно двумя путями:

а) непосредственная поливка материала водой из перфорированных труб, располагаемых поперек ленточного конвейера, или при помощи душевых сеток, устанавливаемых над транспортером;

б) распыление значительных количеств воды по пути следования материала с помощью форсунок.

Увлажнение пылеобразующего материала чаще всего производится в несколько приемов. В дробильных цехах первое увлажнение делается перед подачей материала на дробилку. Повторное увлажнение уже раздробленного материала обычно выполняется перед грохочением. И, наконец, последнее доувлажнение производят перед вторичным дроблением. Из общего количества воды, потребной для увлажнения, примерно 30—40% расходуется на первое смачивание, около 30% — на второе, а остальное количество — на последнее смачивание.

Допустимая влажность материала различна и зависит от его свойств (размера кусков, химического состава и содержания глины) и от процесса переработки. Если производится грохочение, то приходится ограничивать степень увлажнения во избежание «замазывания» сит. Для уменьшения опасности «замазывания» иногда применяется электроподогрев сит. Некоторые руды пылят незначительно при всех операциях, кроме грохочения, уже при влажности порядка 4—6%; при влажности в 6—8% большинство руд совсем перестает пылить. Только для известняка и глины требуется влажность 10—14% для прекращения пылеобразования.

Общий расход воды на гидрообеспыливание q определяется по формуле:

$$q = \frac{G(a_2 - a_1)}{100} \text{ [л/ч]}, \quad (49)$$

где G — производительность технологического оборудования в кг/ч;

a_2 — предельно допустимая по условиям технологии влажность материала после увлажнения в % от веса сухой массы;

a_1 — начальная влажность материала в % от веса сухой массы.

Если материал нужно увлажнить незначительно (на 2—3%), то делается это путем распыления воды форсунками. При необходимости более значительного увлажнения приходится прибегать к поливке материала из дырчатых труб или душевых сеток. Последние предпочтительнее, так как дают более равномерный полив.

При увлажнении распылением воды часто применяют форсунки типа У-1 с диаметром отверстия сопла не менее 2 мм (во избежание засорения). Форсунки располагаются таким образом, чтобы суммарная ширина факела не превышала ширины потока материала. Давление воды у форсунок должно быть порядка 2,0—3,0 атм. Форсунки следует располагать в верхних точках перегрузочных узлов с направлением водяного факела параллельно или под некоторым углом к потоку материала. Расстояние от форсунки до материала принимается не менее 300 мм. Вода, применяемая для увлажнения при помощи форсунок, должна быть очищена от механических примесей.

При любом способе увлажнения необходимо предусматривать блокировку технологического оборудования (в основном транспортеры) и водоподающих устройств. При остановке транспортера или при холостом его ходе (без материала) система увлажнения должна выключаться.

Увлажнение материала устраняет или уменьшает пылеобразование. Кроме того, распыление воды, особенно при высокой дисперсности способствует пылеподавлению. Капли воды, сталкиваясь с витающими в воздухе пылинками, смачивают и захватывают пылинки, оседая вместе с ними. Количество пылинок снижается, густота пылевого облака уменьшается, оно как бы подавляется водяными капельками.

Эффект пылеподавления в сильной степени зависит от размеров водяных капелек, а также от скорости и направления их движения. Наиболее эффективны водяные капельки размерами около 30—40 мк. Такие капли трудно получить при механическом распылении воды, но возможно — при распылении пневматическом.

Как известно, пылеподавление с помощью мелкодисперсных капелек воды, распыленной при помощи сжатого воздуха, носит название пневмогидрообеспыливания.

Распыление воды сжатым воздухом при помощи пневмораспылителей (иначе туманообразователей), как правило, имеет назначением именно подавление пылевого облака, а не увлажнение материала. Выше было показано, насколько ничтожно увлажняется материал при пневмогидрообеспыливании.

Пневмораспылители обычно устанавливаются в местах образования пылевого облака, в укрытиях или вне укрытий. При борьбе с пылью с помощью аспирации пневмораспылители устанавливаются внутри аспирируемых укрытий.

Эффективный пневмораспылитель предложен институтом Иргиредмет еще в 1957 году. Этот пневмораспылитель, показанный на рис. 40, прост по конструкции, весьма компактен, характерен небольшой производительностью по воде и небольшим расходом сжатого воздуха.

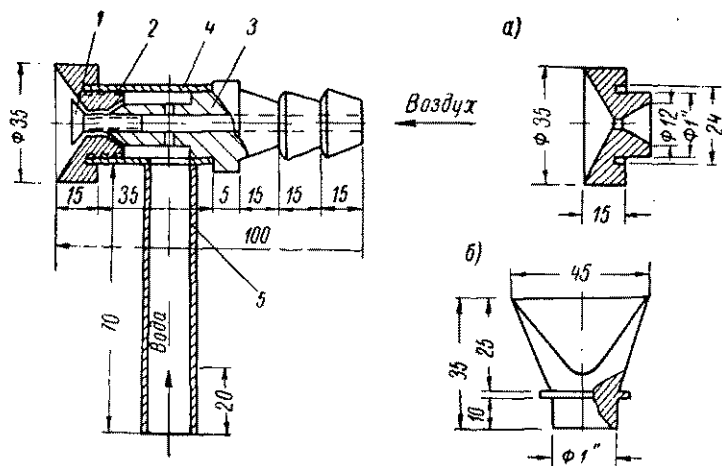


Рис. 40. Пневматический распылитель «Иргиредмет»

а—насадка с центральным отверстием; б—щелевидная насадка; 1—регулирующий конус; 2—головка (насадка); 3—штуцер; 4—корпус; 5—штуцер для подвода воды

Технические данные распылителя следующие:

расходы воды	1,5—4,0 л/мин
" воздуха	0,1—0,2 м³/мин
давление сжатого воздуха	3,0—4,0 атм
" воды	2,0—3,0 атм
дисперсность водяных капель	10—60 мк
длина факела	5—15 м
ширина	2—3 м

Пневмораспылитель имеет съемную головку (насадку), которая может быть трех типов: а) щелевидная, дающая факел в виде плоского веера; б) насадка с регулирующим конусом, дающая конусный факел; в) насадка с центральным отверстием, дающая лучевой факел.

Регулировка дисперсности водяных капель достигается изменением отношения подаваемой воды и воздуха. При уменьшении количества воды и увеличении количества воздуха дисперсность капелек возрастает. При увеличении подачи воды капли

получаются более крупными, а размеры факела уменьшаются.

Пневмораспылитель типа Иргиредмет хорошо оправдал себя на практике и может быть рекомендован для пневмогидрообеспыливания (особенно в сочетании с аспирацией) не только в дробильных цехах, где он был применен впервые, но и в других производствах, например при обеспыливании тракта горелой земли в литейных, а также в стекольной и химической промышленности.

Применение пневмогидрообеспыливания может дать хорошие результаты при токсических пылях, например в металлургии ртути и свинца.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

БОРТОВЫЕ ОТСОСЫ

§ 21. ТИПЫ БОРТОВЫХ ОТСОСОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Бортовой отсос можно рассматривать как частный случай щелевидного отсоса. Этот приемник вредностей представляет собой непрерывную или составленную из секций щель, расположенную вдоль фронта вредных выделений. За счет создания значительной скорости в щели образуется всасывающий факел, в зоне которого вредности захватываются активно. Кроме того, подтекающий к щели воздух также способствует попаданию вредностей в щель отсоса.

По конструктивному выполнению бортовые отсосы бывают обычные (иначе — простые) и опрокинутые. У обычных отсосов щелевые отверстия расположены в вертикальной плоскости, у опрокинутых — в горизонтальной. Если щель бортового отсоса расположена с одной стороны зеркала выделения вредностей, то отсос называется односторонним (однобортовым). При расположении щелей с двух противоположных сторон зеркала бортовой отсос называется двусторонним, или двухбортовым. Если щели расположены под углом (обычно прямым) друг к другу, то отсос называется угловым. У круглых аппаратов отсосы бывают кольцевыми, полукольцевыми и подковообразными.

Если с одной стороны зеркала вредностей располагается бортовой отсос, а с другой — щель для подачи воздуха, то такое устройство называется отсосом со сдувкой (передувкой). Отсос со сдувкой может быть назван иначе активизированным отсосом.

Как уже говорилось, бортовой отсос пригоден для удаления любых вредностей, начиная от водяного пара и кончая пылью.

На рис. 41 схематично показаны три модификации двусторонних бортовых отсосов у прямоугольного источника вредности.

Односторонние бортовые отсосы эффективны и выгодны по расходу воздуха только при малой ширине обслуживаемого зеркала (ванны, стола, желоба); двусторонние отсосы применяются при большей ширине зеркала. Не так давно было распространено

ошибочное мнение, что односторонние отсосы выгоднее двусторонних по расходу воздуха. Это было заблуждение, основанное на применявшейся тогда неправильной методике расчета.

На рис. 42 показана схема движения частиц вредностей над ванной, снабженной односторонним отсосом. При бездействии

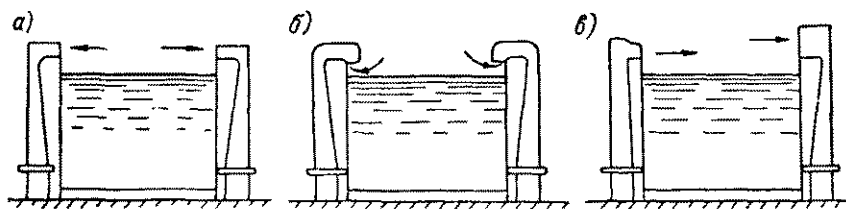


Рис. 41. Типы бортовых отсосов

а—обычный (простой) отсос; *б*—опрокинутый отсос; *в*—отсос со сдувкой

отсоса частица *а* свободно поднимается над зеркалом у противоположного отсосу борта ванны в спокойном воздухе. При недостаточном отсосе (при недостаточной конечной скорости всасывающего факела), когда частица не улавливается, путь ее изображается стрелкой с буквой *б*. При более интенсивном отсосе частица *в* засасывается в щель; наконец, при еще большем объеме удаляемого воздуха частица *г* движется по еще более низкой траектории, как бы прижимаясь к зеркалу ванны.

Прорыв вредностей в помещение происходит в основном у свободных бортов ванны. Чем ближе к зеркалу будут прижаты удаляемые частицы вредностей, тем меньше опасность их «проскока» в помещение. Чем токсичнее выделяющиеся вредности, тем ближе к зеркалу должен быть их путь. Условная высота подъема вредностей над зеркалом их выделения называется высотой спектра течения (высотой спектра вредностей).

Опрокинутые бортовые отсосы стали входить в практику в середине 50-х годов. Их широко пропагандировали, считая, что эти отсосы эффективнее обычных и требуют значительно меньшего расхода воздуха.

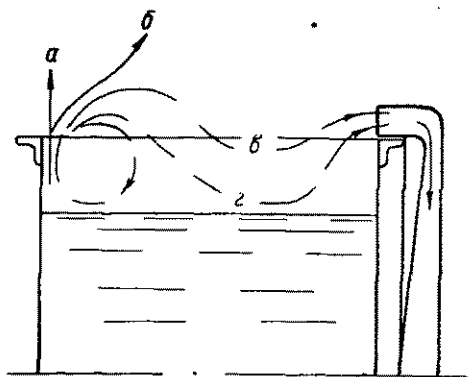


Рис. 42. Схема движения частицы над ванной

Последующие исследования проф. В. В. Батурина показали, что во многих случаях опрокинутые отсосы эффективнее обычных только тогда, когда уровень раствора в ванне относительно низок (на расстоянии, равном 2—3 значениям ширины щели, т. е. 150—300 мм).

Опрокинутые бортовые отсосы еще мало распространены в практике. Наблюдений за их работой в производственных условиях почти не имеется. Поэтому отвергать эти отсосы или рекомендовать их пока не приходится, и применять их следует с известной осторожностью. Опрокинутые бортовые отсосы перекрывают часть зеркала, что не всегда приемлемо. Например, почти никогда не снабжаются опрокинутыми отсосами круглые ванны или аппараты.

Опрокинутые бортовые отсосы могут найти применение у длинных и глубоких ванн, загрузка которых ведется при помощи крана; высота стояния жидкости здесь не играет роли. Типичным примером являются травильные ванны для листового металла, имеющие ширину 900—1000 мм, длину 7—8 м и глубину 2—3 м. Применение здесь двухсторонних опрокинутых отсосов может дать ощутимую экономию воздуха, отсасываемого от ванн.

Опрокинутые бортовые отсосы могут использоваться также для захвата и удаления вредностей от длинных и узких желобов с относительно высокими бортами. У таких желобов (например, для выпуска шлака) вполне терпимо перекрытие с одной стороны части зеркала отсосом. Высота стенок желоба может быть достаточно большой без ущерба для технологии.

Обычные бортовые отсосы широко распространены не только в гальванических и травильных цехах, но и во многих иных производствах. Их применяют для локализации вредностей у закаточных баков в термических цехах, пропиточных ванн, различных вакуум-аппаратов с периодически открывающейся крышкой, плавильных печей при невозможности капсюляции, открытых желобов с вредными выделениями, узких и длинных столов, где производится ручная работа, связанная с выделением газов и пыли. Угловые бортовые отсосы применяются для удаления паров и пыли от квадратных в плане аппаратов и выбивных решеток в литейных.

Во всех случаях, когда невозможно укрытие зеркала с вредными выделениями кожухом, бортовой отсос является эффективным местным отсосом, если он правильно сконструирован и правильно рассчитан. К сожалению, в настоящее время разработана методика расчета только для бортовых отсосов у гальванических и травильных ванн.

Если зеркало выделения вредностей имеет большую ширину, то даже двусторонний бортовой отсос оказывается неэффективным. Как известно из теории струй, спектры всасывания очень

ограничены, даже при значительных скоростях в сечении щели. Перекрыть всасывающим факелом зеркало значительной ширины не удается; в середине его скорости настолько малы, что не препятствуют проскоку вредностей в помещение. Поэтому предельной для двустороннего отсоса считается ширина зеркала 1,60 м.

Для одностороннего бортового отсоса предельной шириной зеркала считается 0,80 м. Однако по расходу воздуха двусторонний отсос выгоднее, нежели односторонний, даже при малой ширине зеркала. Поэтому во всех случаях, когда это возможно, рекомендуется при ширине зеркала свыше 400—500 мм применять двусторонний бортовой отсос.

Если зеркало выделения вредностей имеет ширину более 1,60 м, приходится использовать активизированный бортовой отсос, т. е. отсос со сдувкой. Он эффективен и сравнительно экономичен при условии, если над зеркалом вредностей нет выступающих частей. Если над зеркалом имеются выступающие части (подвески, штанги, сами изделия), то эффект отсоса со сдувкой резко снижается.

При эксплуатации всякого открытого бака или ванны неизбежны периоды, когда обрабатываемое изделие или материал загружаются и выгружаются. При этом поднятые над уровнем жидкости предметы создают препятствие для приточной струи отсоса со сдувкой. В периоды загрузки и разгрузки сдувка настолько неэффективна (иногда даже вредна), что порой ее исключают. Если нахождение изделия (или материала) под уровнем жидкости продолжительно, а время загрузки и выгрузки незначительно, то применение отсоса со сдувкой возражений не встречает. При обратном соотношении бортовой отсос со сдувкой вряд ли рационален, и нужно искать иное решение.

Следует упомянуть о том, что при наличии выступающих над уровнем зеркала предметов обычный бортовой отсос тоже становится менее эффективным и требует почти двукратного расхода воздуха. Если верхняя кромка щели бортового отсоса находится на одном уровне с выступающими над поверхностью жидкости изделиями или электродами, объем воздуха удаляемого от бортового отсоса, должен быть увеличен на 70%.

Бортовые отсосы со сдувкой применяются на практике только при прямоугольной форме зеркала. Однако в частных случаях возможно использование этого местного отсоса и для круглых аппаратов.

На рис. 43 показано в плане оборудование круглого закалочного бака бортовым отсосом со сдувкой. Бак имеет диаметр 3,0 м. Закаливаемые в масле изделия загружаются краном, следовательно, укрытие бака невозможно. Единственным средством для улавливания паров масла, особо интенсивно выделяющихся, когда изделие полностью погружено, является бортовой отсос.

Но при диаметре 3,0 м потребовался бы расход воздуха порядка 60 000 м³/ч для обычного кольцевого отсоса, притом без гарантии от проскока паров в середине бака, где выделение наиболее значительно. При бортовом отсосе со сдувкой расход воздуха меньше почти в два раза. Кроме того, в период наибольшего выделения вредности проскок ее в середине бака исключается, а по периметру выделения паров почти не бывает.

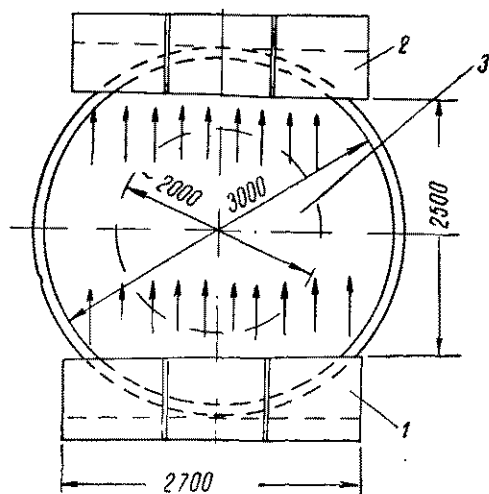


Рис. 43. Схема отсоса со сдувкой у круглого бака
1—секция сдувки; 2—секция отсоса; 3—габарит изделия

При конструировании бортовых отсосов и сдувок очень важно обеспечить равномерность всасывающей и приточных струй. Для этого всасывающие и приточные щели не делают слишком длинными. Обычно стараются придерживаться отношения высоты всасывающей щели к ее длине в пределах от 1:10 до 1:15. Как правило, всасывающую щель (даже при клиновидном воздуховоде) не делают длиннее 1200 мм. Приточные щели обычно выполняют не длиннее 1000 мм. Как всасывающие, так и приточные щели снабжа-

ются расщечками, располагаемыми друг от друга на расстоянии, равном 2—3 значениям ширины щели.

Для равномерного распределения скоростей во всасывающей щели отсоса существенно устройство «перезжима» (по предложению к. т. н. П. В. Сидякова) при входе воздуха в патрубок отсоса. Ширина щели перезжима берется 0,40—0,50 высоты всасывающей щели отсоса.

Бортовые отсосы у небольших прямоугольных ванн (аппаратов, столов) делаются сплошными (П-образными). Такие отсосы (рис. 44) рекомендуется применять при длине щели не более 1200 мм. При большей длине щели, а также при кольцевой ее конфигурации отсосы делаются секционными.

Воздух от бортовых отсосов чаще всего удаляется подпольными каналами, вследствие чего выходные патрубки отсосов обычно направлены вниз. Это наиболее конструктивно особенно для отсосов секционных. Для П-образных отсосов направление выходного патрубка безразлично (на рис. 44 патрубок направлен вверх).

Высота всасывающей щели (ширина для опрокинутого отсоса) берется в пределах $40 \div 100$ мм. Однако возможно применение щелей и большей высоты. При отсосах со сдувкой высота щели может быть значительно больше (до 300 мм). Высоту щели сдувки обычно принимают около $0,013 b$, где b — ширина обслуживаемого зеркала, но не менее 5—7 мм.

Бортовые отсосы — секционные и П-образные — выполняются из листовой стали толщиной 2—5 мм на сварке или из листового

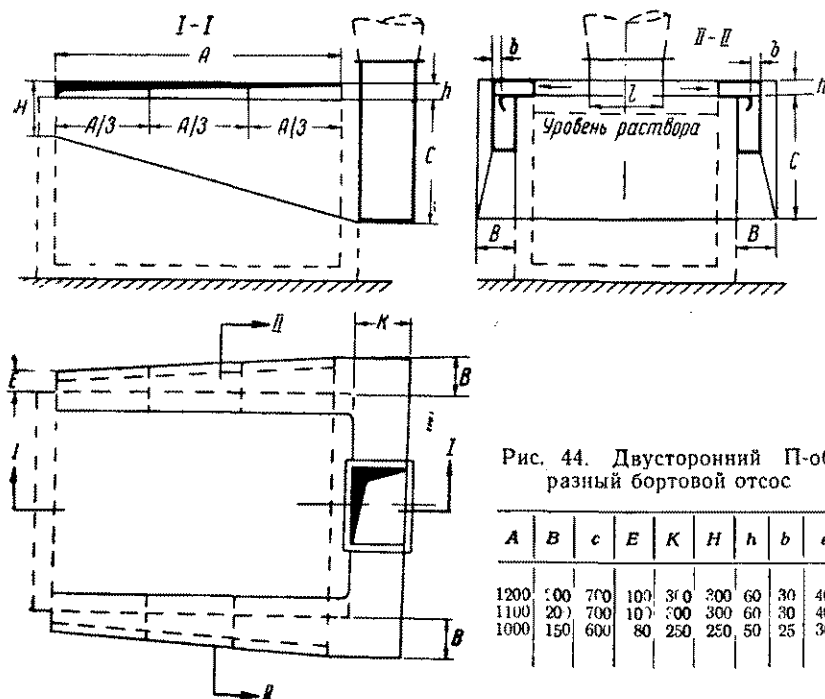


Рис. 44. Двусторонний П-образный бортовой отсос

A	B	c	E	K	H	h	b	e
1200	100	700	100	300	300	60	30	400
1100	200	700	100	300	300	60	30	400
1000	150	600	80	250	250	50	25	300

винипласта. Значительно реже отсосы делают литыми из чугуна.

При конструировании ванны с односторонним отсосом существенно устройство обтекателя у противоположного отсосу борта ванны. Во всяком случае желательно этот борт делать с плавным закруглением, а не с острым углом.

Для прямоугольных гальванических и травильных ванн разработаны типовые бортовые отсосы. Их размеры и конструктивные данные приведены в соответствующих справочниках. Для кольцевых отсосов, а также для отсосов у столов, желобов и т. д. конструкцию отсоса приходится разрабатывать для каждого частного случая. При этом следует руководствоваться общими соображениями, изложенными выше.

Широкое применение бортовых отсосов в промышленности началось в 30-х годах. Тогда же появились первые теории работы отсосов и первые формулы для их расчета. Пионерами в этом деле были инженеры Виварелли и Бромлей. Предложенные ими формулы предназначались для расчета бортовых отсосов у гальванических и травильных ванн.

Одной из первых была предложена формула инж. Бромлея, выведенная им на основе формулы Делаваля и имеющая вид:

$$\frac{v_x}{100 - v_x} = k F^{0,7} x^{-1,4}, \quad (50)$$

где v_x — скорость в «критическом» сечении на расстоянии x от всасывающей щели в % от потребной скорости в щели v ;

k — коэффициент, равный 0,05 при отношении ширины щели к длине 1:10;

F — площадь сечения одной щели отсоса в m^2 ;

x — расстояние от щели до «критического» сечения в m ; для одностороннего отсоса $x = b$; для двустороннего $x = 0,5 b$, где b — ширина зеркала ванны.

Определив по формуле значение v_x в % по отношению к скорости в щели v и задаваясь необходимой в данном случае скоростью v'_x в $m/сек$ в «критическом» сечении (т. е. в конце вытяжного факела), значение потребной скорости в щели v находим по выражению:

$$v = \frac{v'_x \cdot 100}{v_x} [m/сек], \quad (51)$$

где v'_x — скорость, выраженная в %;

v_x — скорость в $m/сек$.

По найденной скорости в щели отсоса v в $m/сек$ и суммарной площади отсасывающих щелей f в m^2 вычисляется объем воздуха L , удаляемого от ванны:

$$L = 3600 f v [m^3/ч]. \quad (52)$$

Формула Бромлея дает хороший результат, если правильно задаться скоростью v'_x , т. е. конечной скоростью факела. В частных случаях при значениях $v_x < 5\%$ формула дает преувеличенное значение скорости в щели отсоса v . Учитывая это, рекомендуется принимать значения v_x меньшие действительно потребных для улавливания выделяющихся вредностей.

В Технических условиях по расчету отсосов от ванн б. Ленинградского отделения «Металлохимзащита», составленных авто-

ром в 1938 г., рекомендовались, в частности, следующие расчетные значения скорости v'_x :

ванны травления в серной и соляной	
кислотах	0,20 - 0,22 м/сек
цианистые	0,22 - 0,25 .
декапирования в серной и со-	
ляной кислотах	0,10 - 0,16 .
осветления	0,22 .

Для расчета бортовых отсосов от гальванических и травильных ванн формула Бромля в настоящее время не применяется. Но она может быть использована при расчете отсосов от столов, желобов и т. п., почему и приводим ее здесь.

Для облегчения расчетов по формуле Бромля дается табл. 9, содержащая вспомогательные величины.

Таблица 9

Данные для расчета по формуле Бромля

N	$N^{0,7}$	$N^{-1,4}$	N	$N^{0,7}$	$N^{-1,4}$
0,03	0,086	135,5	0,35	0,48	4,35
0,04	0,105	90,6	0,40	0,53	3,60
0,05	0,123	66,3	0,45	0,57	3,06
0,06	0,140	51,4	0,50	0,62	2,64
0,08	0,170	34,0	0,60	0,70	2,0
0,09	0,19	29,0	0,70	0,78	1,65
0,10	0,20	25,0	0,80	0,86	1,37
0,15	0,27	14,0	0,90	0,93	1,16
0,20	0,32	9,5	1,0	1,0	1,0
0,25	0,38	7,0	1,5	1,33	0,57
0,30	0,43	5,4	2,0	1,65	0,38

Рассчитаем по формуле Бромля бортовой отсос от желоба для шлака при следующих условиях: температура шлака 900 °С; выделяющиеся газы вредные (допустимая концентрация до 1 мг/м³); ширина желоба $b=500$ мм, длина неукрытой части $l=2,1$ м.

Принимаем обычный односторонний секционный отсос; длина одной секции 700 мм; общая длина отсоса 2100 мм, высота щели $h=60$ мм.

В данном случае:

$$F = 0,70 \cdot 0,060 = 0,042 \text{ м}^2; \quad x = b = 0,50 \text{ м};$$

$$k = 0,05; \quad f = 2,1 \cdot 0,060 = 0,126 \text{ м}^2.$$

Вычисляем правую часть формулы, пользуясь табл. 9:

$$\frac{v_x}{100 - v_x} = 0,05 \cdot 0,11 \cdot 2,64 \approx 0,015.$$

Отсюда

$$v_x \approx 1,5\%.$$

Значение v_x значительно меньше 5%. Во избежание преувеличенной величины скорости v , следует принять приуменьшенное значение v'_x .

Для токсических вредностей при высокой температуре скорость в критическом сечении (конечную скорость факела) следовало бы принять 0,60—0,80 м/сек. Но дабы не получить завышенного значения скорости в щели v , примем:

$$v'_x = 0,40 \text{ м/сек.}$$

Вычисляем скорость в сечении щели v :

$$v = \frac{0,40 \cdot 100}{1,5} \approx 26,0 \text{ м/сек.}$$

Объем воздуха, удаляемого бортовым отсосом:

$$L = 3600 \cdot 0,126 \cdot 26,0 \approx 12\,000 \text{ м}^3/\text{ч},$$

т. е. на 1 м² зеркала ($f_s = 2,1 \cdot 0,50 = 1,05 \text{ м}^2$):

$$L_0 = \frac{12\,000}{1,05} \approx 11\,400 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2.$$

Полученный результат можно признать приемлемым. Однако высоту щели отсоса следовало бы принять порядка 100 мм.

При двустороннем отсосе получим следующее:

$$x = 0,25; \quad f = 2,10 \cdot 0,06 \cdot 2 \approx 0,25 \text{ м}^2; \quad F = 0,042 \text{ м}^2.$$

Тогда

$$\frac{v_x}{100 - v_x} = 0,05 \cdot 0,11 \cdot 7,0 \approx 0,038.$$

Отсюда

$$v_x \approx 3,8\%.$$

Скорость в сечении щели v (принимая $v'_x = 0,50 \text{ м/сек}$):

$$v = \frac{0,50 \cdot 100}{3,8} \approx 13,0 \text{ м/сек.}$$

Объем воздуха, удаляемого бортовым отсосом:

$$L = 3600 \cdot 0,25 \cdot 13,0 \approx 11\,700 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Как и следовало ожидать, при двустороннем бортовом отсосе объем удаляемого воздуха несколько уменьшился.

Вслед за формулой Бромлея появилась формула Виварелли, предназначенная для ванн горячих, т. е. с температурой раствора от 40°C и выше. Формула Виварелли имеет вид:

$$L = k_3 k_T B \left(\varphi \frac{T_B - T_n}{3T_n} \cdot 9,8b^3 \right)^{0,5} \cdot l \cdot 3600 \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (53)$$

где k_3 — коэффициент, учитывающий степень токсичности выделяющихся вредных веществ;

k_T — коэффициент надбавки на подсос воздуха с торцов ванны, зависящий от отношения ширины ванны к ее длине;

B — безразмерная характеристика; для одностороннего отсоса $B=0,35$, для двустороннего — $B=0,50$;

φ — угол в долях π ; для обычного отсоса $\varphi = \frac{3}{2} \pi$, т. е. $\approx 4,70$;

T_a — абсолютная температура ванны;

T_n — абсолютная температура помещения;

b — расчетная ширина ванны в м;

l — расчетная длина ванны в м.

Коэффициент k_3 колеблется в пределах от 0,80 (ванна обезжиривания) до 2,0 (ванна хромирования). Коэффициент k_T изменяется в пределах от 1,0 для узких и длинных ванн до 1,60 (односторонний отсос) и 1,28 (двусторонний отсос) — для квадратных ванн.

Для обычного двустороннего отсоса при неогражденной ванне формула принимает вид:

$$L = k_3 k_T \cdot 1800 l \left(46,0 b^3 \frac{T_a - T_n}{3 T_n} \right)^{0,5} [м^3/ч]. \quad (54)$$

Рассчитаем объем удаляемого воздуха от ванны хромирования с размерами зеркала: $l=1,5$ м; $b=0,80$ м ($t=60^\circ\text{C}$).

Принимаем: $k_3=2,0$; $k_T \approx 1,15$; $T_n=273+20=293^\circ\text{C}$; $T_a=273+60=333^\circ\text{C}$.

$$L = 2,0 \cdot 1,15 \cdot 1800 \cdot 1,50 \left(46,0 \cdot 0,8^3 \cdot \frac{333 - 293}{3 \cdot 293} \right)^{0,5} \approx 6450 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Т. е. на 1 м^2 зеркала ($f_3 = 1,5 \cdot 0,80 = 1,20 \text{ м}^2$):

$$L_0 = \frac{6450}{1,20} \approx 5350 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2.$$

Полученный по этой формуле объем удаляемого воздуха завышен, как это будет видно из дальнейшего.

При расчете бортовых отсосов для травильных и гальванических ванн формула Виварелли в настоящее время почти не применяется.

Графики ленинградского Промстройпроекта для расчета обычных бортовых отсосов, составленные путем обработки экспериментальных и теоретических материалов, появились в конце 40-х годов. Расчет по графикам крайне прост и дает хорошие результаты, вот почему этот способ рекомендован Указаниями СН 7—57.

На рис. 45 приведены графики Промстройпроекта для расчета однобортового и двухбортового отсоса в зависимости от длины ванны A и ее ширины B . Графики дают непосредственно объем воздуха в $\text{м}^3/\text{ч}$, удаляемого отсосами от ванны. При этом принято, что конечная скорость всасывающего факела в «крити-

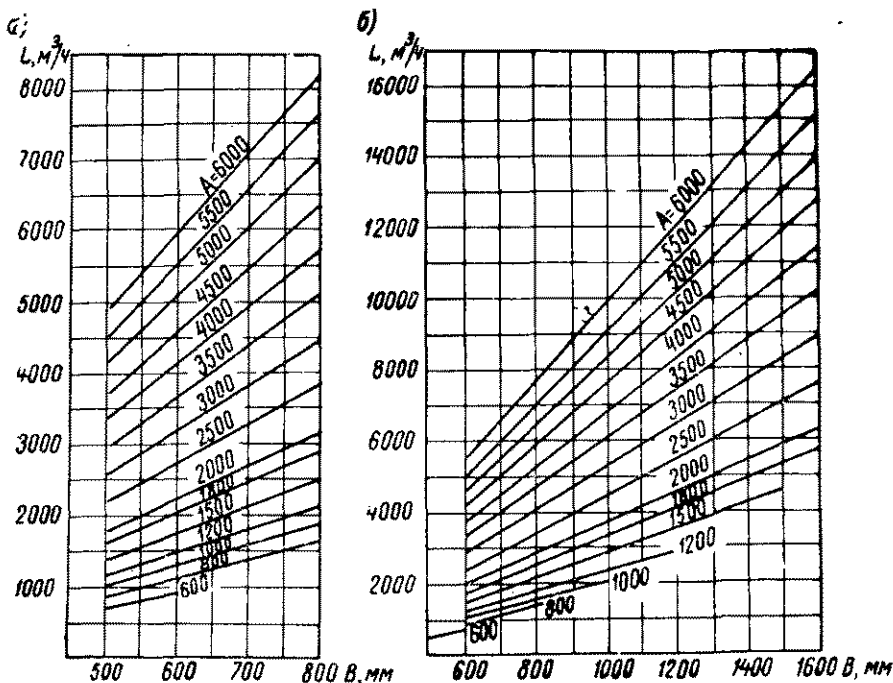


Рис. 45. Графики для расчета бортовых отсосов
а—отсос однобортовой; б—отсос двухбортовой

ческом» сечении v_k равна $0,20 \text{ м/сек}$. При других значениях конечной скорости факела объем воздуха, полученный из графика, умножается на коэффициент k . Если объем удаляемого воздуха полученный по графику, обозначить L' , то расчетный объем L выразится:

$$L = kL' [\text{м}^3/\text{ч}]. \quad (55)$$

Значения коэффициента k принимаются:

при $v_k = 0,20 \text{ м/сек}$	1.0
• $v_k = 0,25$	1.25
• $v_k = 0,30$	1.50
• $v_k = 0,35$	1.75
• $v_k = 0,40$	2.0
• $v_k = 0,45$	2.25
• $v_k = 0,50$	2.50

В некоторых случаях при относительно безвредных ваннах принимают конечную скорость факела меньшей, чем 0,20 м/сек. В этом случае $k < 1$.

$$\begin{array}{ll} \text{при } v_k = 0,15 \text{ м/сек} & \dots \dots \dots k = 0,75; \\ \text{. } v_k = 0,10 & \dots \dots \dots k = 0,50. \end{array}$$

Принимаемая при расчетах конечная скорость факела v_k зависит от степени токсичности вредных выделений над зеркалом ванны, а также от температуры жидкости. Чем более токсичны выделения и чем более высокую температуру имеет раствор, тем большее принимается значение v_k .

В табл. 10 приводится перечень гальванических и травильных ванн с указанием состава раствора, его температуры, выделяющихся вредностей и рекомендуемых минимальных конечных скоростей факела v_k в м/сек.

Табл. 10 составлена по разным источникам, в частности по данным СН 7—57. Некоторые значения v_k приняты на основе личного опыта автора.

При пользовании графиками Промстройпроекта разрешается уменьшать объемы воздуха, определенные по графику, на 15% при одностороннем отсосе и на 10% — при двустороннем, если продольная сторона ванны располагается у стены. Но так как объемы воздуха при этом способе расчета получаются небольшими, автор не рекомендует снижать их при расположении ванн продольной стороной у стены.

Определим по графикам Промстройпроекта объем воздуха, который нужно отсасывать от ванны хромирования, аналогичной рассмотренной ранее.

Принимаем $v_k = 0,50$ м/сек. Объем воздуха по графику для двухстороннего отсоса при $A = 1500$ мм и $B = 800$ мм:

$$L' \approx 2200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Коэффициент $\kappa = 2,50$.

Расчетный объем удаляемого воздуха

$$L = 2200 \cdot 2,50 = 5500 \text{ м}^3/\text{ч},$$

т. е. на 15% меньше, чем по формуле Виварелли. Объем воздуха на 1 м² площади зеркала ($f_3 = 1,20$ м²):

$$L_0 = \frac{5500}{1,20} \approx 4600 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2.$$

Кроме способа Промстройпроекта, рекомендуемого СН 7—57, в настоящее время применяется метод расчета, разработанный МИОТом. Этот способ, базирующийся на формуле, полученной М. М. Барановым, пригоден в равной степени для обычных и опрокинутых отсосов. Но расчеты по этому способу громоздки, а результаты не всегда удовлетворительны.

Состав раствора, выделяющиеся вредности и рекомендуемые минимальные конечные скорости факела для гальванических и травильных ванн

Назначение ванны	Обрабатываемый материал	Температура в °C	Состав раствора	Выделяющиеся вредности	Скорость факела v_k , м/сек
Травление	Сталь	15—65	Серная кислота	Туман серной кислоты	0,25—0,30
То же	"	30—40	Соляная кислота	Хлористый водород	0,30
"	"	15—20	Азотная кислота	Пары кислоты, окислы азота	0,30—0,40
"	Медь	15—20	Плавиковая кислота	Фтористый водород	0,40
"	Алюминий	15—20	Едкий натр	Туман щелочи	0,25
"	Кадмий	15—20	Цианистый калий	Цианистый водород	0,30—0,40
Декапирование	Сталь	15—20	Соляная кислота	Хлористый водород	0,20
То же	"	15—20	Слабая серная кислота	Туман серной кислоты	0,15
"	"	18—20	Хромпик	То же	0,30
"	Медь и сплавы	18—20	Цианистый калий	Цианистый водород	0,30—0,40
Электротравление	Сталь	15—20	Серная кислота	Туман серной кислоты	0,25
Матирование	Медь	18—20	Азотная и серная кислоты	Пары кислоты, окислы азота	0,30—0,40
Промывка после травления в азотной кислоте	Сталь	18—20	Вода, слабая азотная кислота	Окислы азота	0,25
Матирование	Алюминий	15—20	Хлористый натр	Туман щелочи	0,20
Обезжиривание	—	60—80	Фосфористый натр	То же	0,25
"	—	15	Бензин	Пары бензина	0,20
"	—	15	Хлорированные углеводороды	Пары углеводородов	0,25—0,30

Назначение ванны	Обрабатываемый материал	Температура в °C	Состав раствора	Выделяющиеся вредности	Скорость факела v_k , м/сек
Электрообезжиривание	—	60—80	Фосфористый натр	Туман щелочи	0,30
Кислое цинкование, никелирование, меднение, кадмирование, лужение	Сталь, медь	25—40	Сернистые соли металлов	Туман солей	Не вентилируются
Интенсивное никелирование	Сталь	30—40	Сернистый никель	Туман солей никеля	0,15—0,20
Цианистое цинкование, меднение, кадмирование, латунирование, золочение, серебрение	Сталь и цветные металлы	15—40	Цианистый натр или калий, свободный цианид	Цианистый водород	0,30—0,40
Хромирование	Черные и цветные металлы	45—60	Хромовый ангидрид, серная кислота	Хромовый ангидрид	0,40—0,50
Щелочное лужение	Медь	60—70	Едкий натр	Туман щелочи	0,25
Свинцевание	Черные металлы	15—20	Соль свинца, плавиковая кислота	Фтористый водород	0,30—0,40
Железнение	Сталь	100	Серная кислота	Туман серной кислоты	0,25—0,30
Оксидирование	Черные металлы	130—155	Едкий натр, азотная кислота	Туман щелочи	0,30
•	Латунь	18—25	Аммиак	Аммиак	0,20
•	Алюминий	100	Едкий натр	Туман щелочи	0,25—0,30
•	Магний	80	Хромпик, азотная кислота	Окислы азота	0,30
•	Алюминий	18—25	Серная кислота	Туман серной кислоты	0,25
Фосфатирование	Черные металлы	95—99	Мажер	Фосфорная кислота	0,25

Назначение ванны	Обрабатываемый материал	Температура в °C	Состав раствора	Выделяющиеся вредности	Скорость факела v_k , м/сек
Освещение	Цветные металлы	15—20	Хромовый ангидрид, азотная кислота	Окислы азота	0,30
Полировка	Медь	—	Фосфорная кислота	Фосфорная кислота	0,30
"	Алюминий	70	Серная и плавиковая кислоты	Фтористый водород	0,40
"	Сталь	—	Серная кислота	Туман серной кислоты	0,30—0,40
Снятие металлических покрытий	—	18—20	Соляная и серная кислоты, хромовый ангидрид	Хромовый ангидрид	0,30—0,40
То же	—	30	Азотная кислота	Окислы азота	0,40
Пассивирование	Цветные металлы	—	Хромпик	Хромовый ангидрид	0,30—0,40
Хроматирование	—	80	Бихромат натрия	Окислы азота	0,40
Анодирование	—	18—25	Серная кислота	Туман серной кислоты	0,30
Амальгамирование	—	25	Цианистый калий	Цианистый водород	0,30
Анодирование в хромпике	—	—	Хромовый ангидрид	Хромовый ангидрид	0,40
Воронение	Сталь	150	Фосфорные соли	Фосфорная кислота	0,30
Промывка горячая	—	90	Вода	Водяной пар	0,10—0,15
Химическое никелирование	—	60—85	Хлористый никель	Аммиак	0,20

Количество воздуха, удаляемого бортовыми отсосами от ванн, определяется по формуле:

$$L = \alpha \sqrt[3]{t_b - t_n} \cdot xsl \text{ [м}^3 \text{ ч]}, \quad (56)$$

где α — коэффициент, зависящий от ширины ванны B и степени токсичности вредных выделений;
 t_b — температура раствора в ванне в $^{\circ}\text{C}$;
 t_n — температура помещения в $^{\circ}\text{C}$;
 x — поправочный коэффициент, учитывающий глубину жидкости в ванне;
 s — поправочный коэффициент, учитывающий подвижность воздуха в помещении;
 l — длина ванны в м.

Токсичность вредных выделений учитывается так называемой высотой спектра вредностей k (высотой спектра течения). Чем токсичнее выделения от ванны, тем меньше должна быть высота спектра вредностей. Для расчета принимаются три высоты спектра вредностей — 40, 80 и 160 мм.

Для очень вредных ванн (травление в азотной и плавиковой кислоте, матирование в кислотах, свинцевание, снятие металлических покрытий в азотной кислоте, хромирование, осветление, цианистые покрытия при $t = 30 \div 40^{\circ}\text{C}$, анодирование в хромпике, оксидирование)

$$k = 40 \text{ мм};$$

для вредных ванн (травление в соляной и серной кислоте, декапирование в цианистом калии и в хромпике, железнение, снятие металлических покрытий в серной и соляной кислоте, амальгамирование, электрообезжиривание)

$$k = 80 \text{ мм};$$

для всех остальных ванн

$$k = 160 \text{ мм}.$$

Поправочный коэффициент x , зависящий от глубины уровня жидкости в ванне H (от уровня щели всасывания до уровня раствора), равен 1,0 при отношении $\frac{H}{b} = 1,0$, где b — высота щели бортового отсоса. В табл. 11 приводится величина поправочного коэффициента x для других значений отношения $\frac{H}{b}$.

Коэффициент s , учитывающий подвижность воздуха в помещении, изменяется от 1,0 до 1,65 (для спокойного воздуха $v = 0,20$ м/сек).

Коэффициент s тем меньше, чем больше разность $\Delta t = t_b - t_n$. Некоторые значения коэффициента s приведены в табл. 12.

Величина поправочного коэффициента χ для некоторых значений отношения $\frac{H}{b}$

$\frac{H}{b}$	Обычный двусторонний отсос	Опрокинутый отсос	Обычный односторонний отсос
1,0	1,0	1,0	1,0
1,5	1,30	0,90	0,95
2,0	1,70	0,80	0,90
2,5	2,50	0,70	0,85

Таблица 12

Некоторые значения коэффициента s
(при $\Delta t = 20 \div 80^\circ \text{C}$)

Высота спектра вредностей h , мм	Односторонний обычный и опрокинутый отсос	Двусторонний обычный отсос	Двусторонний опрокинутый отсос
40	1,01—1,07	1,12—1,40	1,0—1,08
80	1,03—1,10	1,16—1,53	1,03—1,12
160	1,05—1,14	1,23—1,65	1,04—1,16

Для воздуха, обладающего подвижностью ($v = 0,40 \div 0,50$ м/сек), коэффициент s несколько больше (примерно на 20—30%). Нужно оговориться, что величины s , большие, чем 1,30, внушают сомнение в своей правильности.

Значение коэффициента α в зависимости от ширины ванны и высоты спектра вредностей приведены в табл. 13.

Хотя авторы формулы (56) не оговаривают пределов ее применения, следует обратить внимание на то обстоятельство, что для холодных ванн с температурой, равной температуре помещения, формула непригодна (так же, как формула Виварелли). Действительно, если $t_{\text{в}} = t_{\text{п}}$, то подкоренное выражение обращается в нуль; следовательно, и вся правая часть формулы обращается в нуль. Минимальная величина Δt , для которой даются значения входящих в формулу коэффициентов, составляет 20°C , т. е. минимальная температура раствора в ванне 35°C .

Непригодность метода МИОТа для расчета бортовых отсосов у холодных ванн, столов и аппаратов, работающих при низких температурах, сильно снижает его ценность. В большинстве практических случаев предпочтительнее пользоваться методом Промстройпроекта. Автор считает этот метод наиболее приемлемым для расчета бортовых отсосов.

Говоря о расчете опрокинутых бортовых отсосов, следует предостеречь проектировщиков от пользования принципиально не-

Значения коэффициента α в зависимости от ширины зеркала ванны B и высоты спектра вредностей k

Тип отсоса	Высота спектра вредностей k , мм	Ширина зеркала ванны B , мм						
		500	600	700	800	900	1000	1100
Обычный односторонний	40	730	1000	1300	—	—	—	—
	80	530	800	1000	—	—	—	—
	160	400	600	800	—	—	—	—
Обычный двусторонний	40	375	450	525	600	675	750	825
	80	285	350	400	455	520	575	680
	160	220	260	300	350	380	430	480
Опрокинутый односторонний	40	680	900	1100	—	—	—	—
	80	500	700	900	—	—	—	—
	160	400	530	690	—	—	—	—
Опрокинутый двусторонний	40	400	490	575	670	750	900	940
	80	300	375	455	540	600	680	750
	160	240	300	350	410	470	520	580

верной формулой инж. Данюшевского, приводимой в некоторых справочниках. Формула эта неверна уже потому, что не учитывает степени токсичности вредных выделений от ванн.

Приводим несколько сравнительных подсчетов по разным методам определения объема воздуха, удаляемого от гальванических ванн.

Рассчитаем по способу МИОТа ванну хромирования, уже дважды рассмотренную ранее. Длина ванны $l=1,50$ м; ширина $B=0,80$ м; $t_b=60^\circ\text{C}$. Воздух в помещении спокойный, $t_n=20^\circ\text{C}$. Высота щели $b=80$ мм; глубина уровня жидкости $H=80$ мм. Отсос обычный двусторонний.

Отношение $\frac{H}{b}=1,0$. Тогда коэффициент $x=1,0$. Высота спектра вредностей $k=40$ мм; $\Delta t=60-20=40^\circ\text{C}$. При этих условиях коэффициент s можно принять 1,30. Коэффициент α находим по табл. 13 (при $k=40$ мм и $B=800$ мм $\alpha=600$).

Объем удаляемого воздуха:

$$L = 600 \cdot \sqrt[3]{60-20} \cdot 1,0 \cdot 1,30 \cdot 1,50 \approx 4000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Это несколько меньше, чем по графикам рис. 45. Но если в предыдущем расчете принять $v_k=0,40$, (а не 0,50, как было

принято), то объем удаляемого воздуха стал бы равен: $L = 2200 \times 2,0 = 4400 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Объем воздуха на 1 м^2 площади зеркала:

$$L_0 = \frac{4000}{1,20} \approx 3300 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2.$$

Такой удельный объем удаляемого воздуха для ванны хромирования шириной $0,80 \text{ м}$ явно недостаточен (см. ниже).

Для тех же условий при опрокинутом двустороннем отсосе будем иметь ($x=1,0$; $s \approx 1,05$; $\alpha=670$):

$$L = 670 \sqrt[3]{60 - 20} \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,50 \approx 3600 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В данном случае опрокинутый отсос немного экономичнее обычного (разница в объеме воздуха $\approx 10\%$). Надо иметь в виду, что при опрокинутом отсосе свободная ширина зеркала уменьшилась на 160 мм .

Если бы глубина уровня раствора H была бы не 80 , а 160 мм , то поправочный коэффициент x был бы равен $0,80$, а объем удаляемого воздуха

$$L' = 3600 \cdot 0,80 \approx 2900 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

При таком условии опрокинутый отсос был бы значительно экономичнее обычного.

Рассмотрим ванну химического обезжиривания таких же размеров, что и предыдущая. Температура ванны $t_{\text{в}}=90^\circ\text{C}$; $\Delta t=90-20=70^\circ\text{C}$.

Для обычного двустороннего отсоса:

$$k = 160 \text{ мм}; \quad x = 1,0; \quad s \approx 1,25; \quad \alpha = 350.$$

$$L = 350 \sqrt[3]{70} \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,50 \approx 2700 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

То же, для опрокинутого отсоса ($s \approx 1,06$; $\alpha=410$):

$$L = 410 \sqrt[3]{70} \cdot 1,0 \cdot 1,06 \cdot 1,50 \approx 2700 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для этого примера обычный и опрокинутый отсос требуют одинакового расхода воздуха.

По графикам Промстройпроекта, при $v_{\text{к}}=0,25$:

$$L = 2200 \cdot 1,25 = 2750 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По формуле Виварелли ($k_3=0,80$; $k_{\text{т}} \approx 1,15$; $T_{\text{в}}=363^\circ\text{C}$):

$$L = 0,80 \cdot 1,15 \cdot 1800 \cdot 1,50 \cdot \left(46,0 \cdot 0,8^3 \cdot \frac{70}{879} \right)^{0,5} \approx 3400 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Как видно, результат несколько преувеличен.

Определим скорости в щелях отсоса для рассчитанных ванн, ориентируясь на объемы воздуха, найденные по графикам, если суммарная площадь щелей f :

$$f = 1,5 \cdot 0,08 \cdot 2 = 0,24 \text{ м}^2.$$

Тогда v для ванны хромирования

$$v = \frac{5500}{0,24 \cdot 3600} \approx 6,40 \text{ м/сек};$$

для ванны обезжиривания

$$v = \frac{2750}{0,24 \cdot 3600} \approx 3,20 \text{ м/сек}.$$

Скорости получились умеренными, так как высота щели 80 мм для данных ванн несколько великовата (можно ограничиться высотой 50—60 мм).

Для ориентировочных подсчетов объема воздуха, удаляемого от ванн, а также для проверки расчетов по формулам, иногда пользуются нормами удельного объема воздуха на 1 м² зеркала.

В табл. 14 приведены некоторые данные удельных объемов воздуха, удаляемого от ванн бортовыми отсосами. Данные заимствованы из отечественной и иностранной практики. Цифры таблицы относятся к двусторонним отсосам; для односторонних отсосов их следует увеличить на 20—30 %.

Таблица 14

Объемы воздуха, удаляемого двусторонними бортовыми отсосами, на 1 м² площади зеркала

Наименование зеркала выделения вредности	Объем удаляемого воздуха в м ³ /ч·м ² при ширине зеркала в мм		
	500—600	700—800	900—1000
Ванны травления в азотной и плавиковой кислоте, ванны свинцевания, хромирования, цианистые при $t=40^\circ\text{C}$ и др.	3 000—4 000	4 000—5 000	5 000—6 000
Ванны травления в соляной и серной кислоте, цианистые ванны ($t=15^\circ\text{C}$), ванны электрообезжиривания, полировки, анодирования и др.	2 500—3 000	3 000—3 500	3 500—4 500
Прочие гальванические ванны	2 000—2 200	2 300—2 600	2 500—3 500
Баки для закалки в масле	2 500—3 000	3 500—4 000	4 000—5 500
Баки, желоба, печи при $t=500-800^\circ\text{C}$, при выделении вредных газов	8 000—9 000	11 000—12 000	15 000—18 000
То же, при маловредных газах	6 000—7 000	8 000—10 000	12 000—14 000

Кроме гальванических и травильных ванн, в таблице указаны некоторые другие аппараты, снабжаемые бортовыми отсосами.

Надежного и удобного для практики способа расчета кольцевых и полукольцевых бортовых отсосов до настоящего времени не существует. Работы ЛИОТа по этому вопросу, к сожалению, не дали результатов, которыми могли бы воспользоваться проектировщики. Пригодных для практической работы графиков или формул ЛИОТ пока не дал.

Для определения количества воздуха, которое необходимо удалять от круглого зеркала бортовым отсосом, приходится пользоваться эмпирическими данными, а в некоторых случаях принимать объем удаляемого воздуха по аналогии с действующими установками.

При расчете кольцевых и полукольцевых бортовых отсосов возможно использовать данные табл. 14, принимая условно ширину зеркала равной $0,80 d$, где d — диаметр круглого зеркала.

Рассчитаем кольцевой бортовой отсос у зеркала печи диаметром $d = 1,20$ м, с поверхности которого выделяется токсическая аэрозоль (мельчайшие частицы SiO_2). Температура зеркала $\approx 1300^\circ\text{C}$. Допустимая концентрация SiO_2 составляет не более $1,0 \text{ мг/м}^3$, аэрозоль относится к категории вредных.

Условная ширина зеркала

$$B = 0,80d = 0,80 \cdot 1,20 = 0,96 \text{ м.}$$

По степени токсичности, на основании данных табл. 14, следовало бы принять удельный объем воздуха порядка $15\,000$ — $18\,000 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$. Учитывая более высокую температуру, примем:

$$L_0 = 22\,000 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2;$$

площадь зеркала $f_3 = 1,13 \text{ м}^2$;

потребный объем удаляемого воздуха

$$L = 1,13 \cdot 22\,000 \approx 25\,000 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Высоту щели назначаем 100 мм . Длина щели $\approx 3,80 \text{ м}$, площадь сечения

$$f = 3,80 \cdot 0,10 = 0,38 \text{ м}^2.$$

Скорость в щели

$$v = \frac{25\,000}{3600 \cdot 0,38} \approx 18,0 \text{ м/сек.}$$

Подобная установка при объеме удаляемого воздуха в $25\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ была осуществлена на практике. Работа ее оказалась удовлетворительной.

Приведем еще один пример определения объема удаляемого воздуха от периодически открывающегося круглого аппарата. Выделения — аэрозоль окислов селена (допустимая концентрация $0,1 \text{ мг/м}^3$), т. е. вещество особо вредное. Температура при открытой крышке примерно 200°C . При открытой крышке рабо-

чий наклоняется над аппаратом. Диаметр зеркала 0,80 м, площадь его 0,50 м². Бортовой отсос — кольцевой секционный (т. е. с разрывами). Общая длина щели ≈ 2,0 м (80% от длины окружности зеркала).

Условная ширина зеркала:

$$B = 0,80 \cdot 0,80 = 0,64 \text{ м.}$$

По табл. 14, учитывая особую вредность выделений, но несколько меньшую температуру, принимаем удельный объем воздуха равным:

$$L_0 = 10\,000 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2;$$

потребный объем удаляемого воздуха

$$L = 0,50 \cdot 10\,000 = 5000 \text{ м}^3/\text{ч};$$

высоту щели назначаем 60 мм; площадь ее сечения

$$f = 2,0 \cdot 0,06 = 0,12 \text{ м}^2;$$

скорость в щели

$$v = \frac{5000}{3600 \cdot 0,12} \approx 11,80 \text{ м/сек.}$$

Бортовые отсосы со сдувкой обычно рассчитываются по формулам, выведенным профессором В. В. Батуриным. Этот способ расчета рекомендован, в частности, СН 7—57.

Объем приточного воздуха, необходимый для сдува при бортовых отсосах со сдувкой, определяется по формуле:

$$L_c = 300 K b^2 l \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (57)$$

где K — коэффициент, зависящий от температуры жидкости:

b — ширина зеркала в м;

l — длина зеркала в м.

Коэффициент K следует принимать равным:

при $t = 95 \div 70^\circ$	1,0	при $t = 60^\circ$	0,85
• $t = 40^\circ$	0,75	• $t = 20^\circ$	0,50

где t — температура жидкости.

Высоту щели сдува во избежание ее засорения рекомендуется принимать равной не менее 5—7 мм. Среднюю скорость в щели сдува — в пределах 10—12 м/сек; при больших начальных скоростях приточной струи возможно возникновение волны на поверхности жидкости.

Высота щели сдува $h_c = 0,013 \text{ } b \text{ [м]}$;

среднюю скорость сдува можно определять по формуле:

$$v_c = 6,67 K b \text{ [м сек]},$$

но не более 12 м/сек.

Объем воздуха, удаляемого бортовым отсосом при наличии сдувки, рассчитывается по формуле:

$$L_b = 6L_c [м^3/ч].$$

Высота щели отсоса $h_b = 16 h_c [м]$,

среднюю скорость в щели отсоса можно вычислить по выражению:

$$v_b = 2,5Kb [м/сек].$$

При расчете ванн с сильно токсическими выделениями, а также при температуре зеркала более 100°C , автор рекомендует умножать значения L_c и L_b , найденные по вышеприведенным формулам, на коэффициент ψ , больший единицы, а именно:

при температуре зеркала до 100°C , при вредных выделениях

$$\psi = 1,20 \div 1,30;$$

то же, при особо вредных выделениях

$$\psi = 1,35 \div 1,40;$$

при температуре зеркала свыше 100°C , при вредных выделениях

$$\psi = 1,30 \div 1,40;$$

то же, при особо вредных выделениях:

$$\psi = 1,45 \div 1,50.$$

При этом соответственно следует изменять высоты приточной и всасывающей щелей.

Рассчитаем бортовой отсос со сдувкой для случая, приведенного на рис. 43. Условная ширина бака $h = 2,5 м$.

Температуру зеркала во время закалки изделий в масле примем 150°C ; выделения маловредные. Коэффициент ψ можно принять равным 1,15.

Объем воздуха для сдува ($l = 2,70 м$; $K = 1,0$):

$$L_c = 300 \cdot 1,0 \cdot 2,5^2 \cdot 2,70 \cdot 1,15 \approx 5800 м^3/ч.$$

Объем удаляемого воздуха:

$$L_b = 6 \cdot 5800 \approx 35000 м^3/ч.$$

При скорости приточной струи в $12 м/сек$ потребная площадь щели сдува:

$$f = \frac{5800}{3600 \cdot 12} \approx 0,130 м^2.$$

Длина щели 2,70; следовательно, ее высота:

$$h_c = \frac{0,130}{2,70} \approx 0,05 м.$$

Высота щели отсоса:

$$h_b = 16 \cdot 0,05 = 0,80 м.$$

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ ЦЕХОВ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

§ 23. ТРАВИЛЬНЫЕ ЦЕХИ

Травление металлов в кислотах и щелочах — весьма распространенная операция на металлообрабатывающих предприятиях. Черные металлы травятся преимущественно в серной и соляной кислотах, реже — в азотной. Цветные металлы чаще всего травятся в азотной кислоте, реже — в плавиковой. Особняком стоит алюминий, который обычно травится в растворах щелочей.

Травление сопровождается выделением паров, газов и полых капель. Помещения травильных цехов нуждаются в интенсивной вентиляции.

Основное оборудование травильных цехов — ванны для травления и для промывки. Ванны промывки бывают холодные и горячие; иногда промывка в ваннах заменяется струйной при помощи душевых сеток или перфорированных труб. Реже промывка проводится направленными струями, например, из брендспойтов.

Ванны промывки в большинстве случаев вредностей не выделяют или выделяют их в малых количествах. Местные отсосы здесь не нужны. Исключением является промывка после травления в азотной кислоте. В этих промывочных ваннах вблизи погружаемых деталей образуется слабая азотная кислота, разлагающаяся с выделением бурых ядовитых окислов азота. Ванны горячей промывки выделяют пары воды с небольшой примесью кислоты. Эти ванны рекомендуется снабжать местным отсосом.

Иногда травильные ванны не выделяются в изолированное помещение, а размещаются в общей цепочке с гальваническими. Такая схема применяется, в частности, в автоматах и полуавтоматах.

В некоторых случаях в травильных отделениях устанавливаются также ванны обезжиривания и известкования. Это горячие вредные ванны, требующие устройства местного отсоса.

Небольшие травильные ванны, предназначенные для обработки мелких деталей, часто устанавливаются в укрытиях типа

шкафных или витринных. Загрузка и выгрузка деталей производится вручную через рабочие проемы. Иногда в укрытия помещаются и ванны промывки, например, при травлении в азотной кислоте.

Крупные ванны, особенно ванны с механической загрузкой и выгрузкой, чаще всего снабжаются бортовыми отсосами. При ширине зеркала более 1,60 м вместо бортовых отсосов применяют отсос со сдувкой. Ванны для горячей промывки также снабжаются бортовыми отсосами; отсосы со сдувками для этих ванн не применяются.

Ванны, снабженные крышками, для целей травления почти не используются. Травление — процесс относительно кратковременный, и устройство крышек вследствие агрессивности травящей среды затруднительно.

Для уменьшения вредных выделений с поверхности зеркала применяются различные присадки, образующие на поверхности жидкости нечто вроде корки. Это несколько снижает вредность ванн, но не снимает необходимости устройства местных отсосов.

Применять укрытия типа шкафов для ванн шириной более 700 мм не рекомендуется. Высота проема в укрытии должна быть минимальной — только для работы рук при загрузке и выгрузке. Выше рабочего проема желательно иметь прозрачную стенку из стекла или пластмассы, поставленную наклонно для удобства наблюдения за процессом.

Укрытие должно освещаться изнутри и иметь приспособления типа стеклоочистителя для удаления конденсата с прозрачной стенки. Отсос воздуха производится со стороны, противоположной рабочему проему, из нижней и верхней зон укрытия. Рабочий проем желательно снабжать передвижными шторами для уменьшения живого сечения во время травления.

На рис. 46 схематично показано укрытие для небольшой травильной ванны при ручной загрузке и выгрузке.

С вентиляционной точки зрения приходится различать два периода в процессе травления. Основной, — когда травимые детали находятся в ванне, и более короткий — период разгрузки. В первом периоде вредности (пары, полые капли) выделяются с зеркала ванны и улавливаются местным отсосом. При раз-

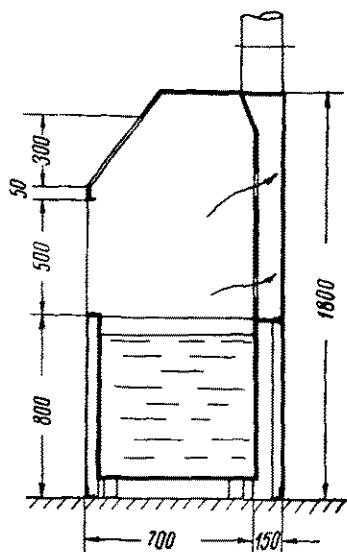


Рис. 46. Укрытие для небольшой травильной ванны

грузке мокрые протравленные детали вынимаются, и выделение вредности происходит вне ванны. Разгрузка — операция кратковременная, но улавливание вредности вне ванны весьма затруднительно.

Если травильная (а иногда и промывочная) ванна заключена в укрытие, то локализация вредностей протекает одинаково как при травлении, так и при разгрузке. В этом заключается преимущество укрытия перед бортовым отсосом.

В подавляющем большинстве случаев заключить травильные ванны в укрытие невозможно. При большой ширине ванн, при крупных деталях, а также при механической загрузке и выгрузке укрытия, как правило, не применяются.

Бортовые отсосы — секционные или П-образные — наиболее распространенные местные приемники вредностей в травильных цехах. Применение опрокинутых бортовых отсосов не противопоказано, так как травильные ванны обычно не имеют штанг (кроме ванн для электротравления). Глубина же ванны при механизированной загрузке и выгрузке роли не играет.

Бортовые отсосы достаточно полно улавливают вредные выделения травильных ванн во время травления. Когда же «садка» из ванны вынимается и некоторое время выдерживается над ее поверхностью для стока жидкости, вредные выделения с поверхности «садки» бортовым отсосом почти не захватываются. Чтобы избежать загрязнения зоны дыхания рабочих, обслуживающих ванны, а затем и всего помещения, приходится принимать дополнительные меры по улавливанию вредностей вне ванны. Здесь возможны различные решения в зависимости от условий процесса.

Если травление протекает с подогревом (серная и соляная кислоты) то выделяющиеся с поверхности мокрой «садки» вредности устремляются вверх. В этом случае неплохие результаты может дать расположенная над травильными и промывочными ваннами ширма (завеса) с отсосом из-под нее.

Схема вентиляции травильного отделения с несколькими ваннами, расположенными в один ряд, при загрузке и разгрузке с помощью тельфера, с применением бортовых отсосов и ширмы показана на рис. 47. Травильных и промывочных ванн по две. Промывка делается в холодной воде, промывочные ванны бортовых отсосов не имеют. Травление производится в серной кислоте с подогревом до 60 °С. Травлению подвергаются отоженные изделия, потому ванна обезжиривания отсутствует. Для прохода тельфера и «садки» в ширме имеются отверстия. Вытяжка воздуха из-под ширмы механическая. Бортовые отсосы секционные, выполненные из винипласта. Воздух от бортовых отсосов удаляется подпольными каналами. Для сбора конденсата имеется специальный приямок. Удаление конденсата из приямка производится ручным насосом. Приточный воздух подается в рабочую зону в чистую часть помещения.

При травлении «на холоде» или с небольшим подогревом, в частности в соляной и азотной кислотах, от вынутой «садки» не образуется устойчивого теплового потока, направленного вверх. При выделении окислов азота облако вредностей имеет тенденцию опускаться вниз. Устройство ширм в данном случае бесполезно. Приходится прибегать к установке над ваннами всасывающих панелей, чаще всего в виде батареи (рис. 48).

При широких ваннах дополнительно к всасывающим панелям (или иному отсасывающему устройству) устанавливают

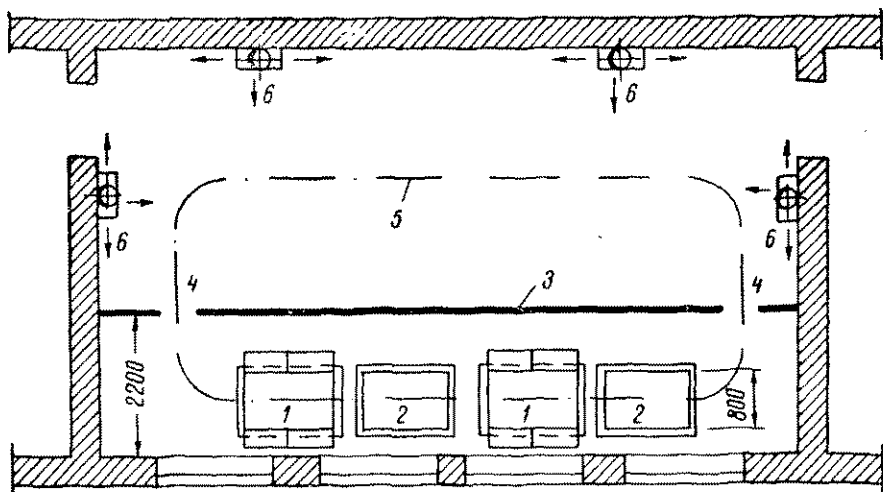


Рис. 47. Схема вентиляции травильного отделения

1—ванны для травления; 2—ванны для промывки; 3—ширма; 4—отверстия для прохода тельфера; 5—монорельс; 6—воздухораспределители приточной вентиляции

сопла, сдувающие облако вредностей в сторону всасывающих устройств. Работа этих сопел предусматривается только на время нахождения «садки» над ванной.

При полной механизации загрузки и разгрузки возможно целиком капсулировать травильную ванну (или агрегат, состоящий из травильной и промывочной ванны) в емкое укрытие, имеющее проемы, закрываемые шторами или распахивающимися дверками для прохода тельфера с «садкой». Схема такого укрытия показана на рис. 49.

Для наблюдения за процессом загрузки и выгрузки фронтальная стена кабины-укрытия снабжается смотровыми окнами. Как и в малых укрытиях, окна должны быть оборудованы стеклоочистителями с ручным приводом.

Ввиду крайней агрессивности отсасываемых сред бортовые отсосы от травильных ванн рекомендуется выполнять из вини-

и пласта. Конструкция и размеры таких типовых отсосов приведены в справочнике С. А. Рысина «Вентиляционные установки машиностроительных заводов».

Подпольные вытяжные каналы обычно выполняются кирпичными, перекрытыми сборными железобетонными плитками. Каналы прокладываются с уклоном (порядка 0,01) в сторону приямка. Изнутри штукатурятся кислотоупорным цементом и покрываются слоем битуминоля. Перекрывающие плиты также покрываются битуминолем.

Воздуховоды, проложенные сверху, желательно выполнять из винипласта. При стальных воздуховодах следует предусмотреть антикоррозийную защиту изнутри. Для этой цели может быть применен асфальтовый лак № 411, которым воздуховод покрывается изнутри в два-три слоя с промежуточной сушкой. Возможно также покрытие перхлорвиниловым лаком за 4—5 раз.

Вентиляторы вытяжных систем рекомендуются кислотоустойчивые (из винипласта и специальных сталей). Возможно использовать и обычные вентиляторы при условии их антикоррозийной защиты. Кроме упомянутых покрытий, можно с успехом применить оклейку рабочего колеса и кожуха вентилятора листовым полиизобутиленом на стироловом клее. Рекомендуются вентиляторы с массивным рабочим колесом, по возможности с малым количеством лопаток. Вполне пригодны шестилопастные пылевые вентиляторы.

Вытяжные вентиляторы травильных цехов не следует устанавливать на дворе или в холодном помещении во избежание интенсивной конденсации кислых паров. Выхлопные трубы выводятся как можно выше над кровлей и снабжаются факельным выбросом. Скорость выхода воздуха из насадка рекомендуется в пределах 25—20 м/сек (большая цифра относится к малым установкам, меньшая — к большим).

Подачу приточного воздуха в травильные цехи (стопроцентная компенсация вытяжки), по мнению автора, следует произ-

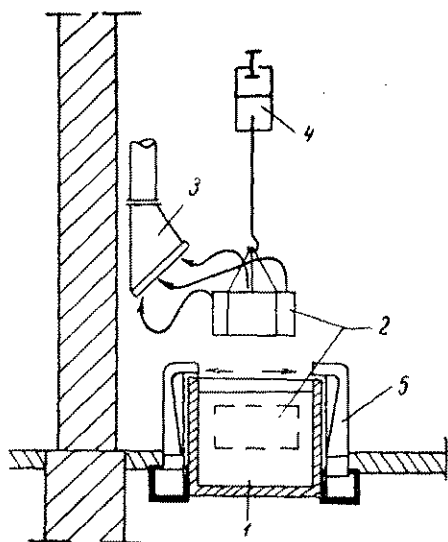
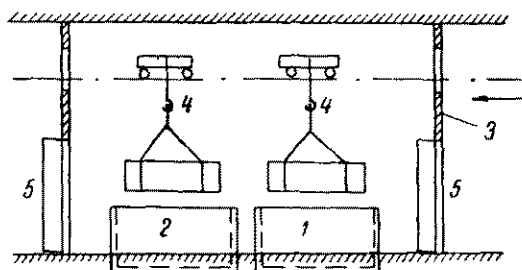


Рис. 48. Всасывающие панели над ваннами

1—травильная ванна; 2—«садка»; 3—всасывающая панель; 4—тельфер; 5—бортовой отсос

водить преимущественно в рабочую зону рассредоточенно, воздухомораспределителями с равномерной раздачей. В самый цех подается 80—90% воздуха; недостающее количество — в коридоры и соседние помещения. Воздухомораспределители устанавливаются в чистой части цеха, т. е. в достаточном удалении от травильных ванн (рис. 47). При невозможности распределить весь приточный воздух в рабочей зоне, часть его можно подавать в среднюю с помощью перфорированных воздуховодов.

б)



а)

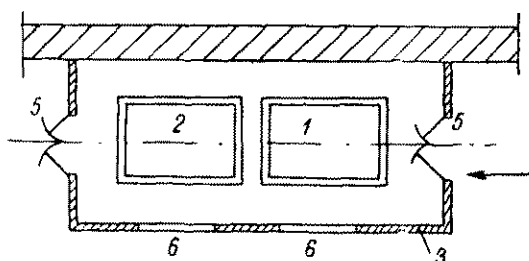


Рис. 49. Схема полного укрытия большой травильной ванны

а—план; б—разрез; 1—травильная ванна; 2—промывная ванна; 3—укрытие; 4—тельфер с «садкой»; 5—распахивающиеся дверки; 6—смотровое стекло со стеклоочистителем

имея в виду необходимость общеобменной вытяжки из верхней зоны у самого потолка.

Вентиляция верхней зоны травильных цехов обязательна. При наличии ширмы над ваннами достаточно удалять воздух из верхней зоны в однократном объеме. При отсутствии ширмы из верхней зоны следует удалять воздух в трех-пятикратном объеме.

Суммарная кратность обмена воздуха в травильных цехах достигает иногда очень больших величин. Нормальной кратностью для таких цехов при высоте 5 м считают от 40 до 60 обменов в час. Однако нередки случаи, когда кратность обмена в травильных помещениях доходит до 100. При таких больших

воздухообменах во избежание ощутимого дутья требуется особенно тщательно решить схему подачи приточного воздуха. Дутье в травильных цехах почти неизбежно. Задача проектировщика — свести его к минимуму.

Скорость в проемах и неплотностях емких укрытий для ванн следует принимать не менее $0,60 \text{ м/сек}$ при травлении в серной кислоте (без нагрева) и не менее $0,80\text{—}1,0 \text{ м/сек}$ — при травлении в соляной, азотной и плавиковой кислотах (при небольших размерах проема лучше принимать скорость $1,20 \text{ м/сек}$). Скорость в горизонтальном сечении ширм принимать менее $0,10\text{—}0,15 \text{ м/сек}$ не следует. Скорость в живом сечении всасывающих панелей рекомендуется в пределах $4,0\text{—}5,0 \text{ м/сек}$, в зависимости от дальности установки панелей (сравнительно низкие скорости объясняются периодичностью выделения вредностей).

§ 24. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЦЕХИ

Гальваническими называются цехи, в которых производится нанесение защитных и декоративных покрытий электролитическим способом. Иногда в помещениях этих цехов устанавливаются только ванны для покрытий; чаще же вместе с гальваническими размещают и вспомогательные ванны — обезжиривания, травления, декапирования, окраски и т. п. Дополнительные операции — галтовку и крацовку — обычно тоже производят в гальваническом цехе. Нередко сюда же относят и отделочные операции — шлифовку и глянецку.

Основное оборудование гальванических цехов — вспомогательные, гальванические и промывочные ванны, которые устанавливаются или обособленно, или иногда соединяются в агрегаты, обычно с полуавтоматическим или автоматическим обслуживанием. Встречаются также специальные агрегаты, например, для обработки ленты или проволоки. Но все они, в конце концов, представляют комбинацию из нескольких ванн и вспомогательных механизмов.

К подсобному оборудованию гальванических цехов относятся барабаны для галтовки, сушила, изредка дробеструйные аппараты и станки для крацовки, а также выпрямители тока.

Гальванические цехи требуют интенсивной вентиляции. В помещениях этих цехов выделяются все известные вредности, а именно: тепло, влага, газы, пары, полые капли, жидкие аэрозоли и пыль.

Небольшие ванны заключаются в укрытия типа шкафов и витрин. Более крупные ванны снабжаются бортовыми отсосами. Применяются и отсосы со сдувками, но сравнительно редко.

Укрытие автоматов и полуавтоматов вместе с манипуляторами сплошными кожухами является еще проблемой. Удастся заключить в сплошной кожух, имеющий только входное и выходное рабочее отверстие, лишь специальные автоматы.

Гальванические и вспомогательные ванны можно разбить условно на две категории: ванны вредные, требующие устройства местного отсоса, и ванны безвредные, не требующие местного отсоса. Есть еще промежуточная группа, например, ванны горячей промывки, для которой местные отсосы не обязательны.

В зависимости от химического состава раствора все процессы, протекающие в гальванических ваннах, можно разделить на три группы: кислые, щелочные и цианистые. К кислым процессам относятся травление, декапирование и целый ряд гальванических покрытий, протекающих в кислой среде: цинкование, никелирование, меднение, лужение, хромирование, свинцевание. К щелочным процессам можно причислить обезжиривание, щелочное лужение, воронение. И, наконец, к третьей группе относятся цианистые покрытия — цинкование, меднение, кадмирование, серебрение и другие, а также некоторые виды травления и декапирования. При цианистых процессах выделяется весьма ядовитая и специфическая вредность — цианистый водород.

Цианистые процессы протекают в щелочной среде. Попадание в эту среду кислоты вызывает бурное выделение цианистого водорода. Цианистые ванны располагают обособленно, часто в изолированных помещениях. Кроме того, категорически запрещается объединять одной вытяжной системой отсосы от кислых и цианистых ванн.

Вытяжные системы, удаляющие воздух от цианистых ванн, выполняются особо тщательно, с соблюдением особых предосторожностей. Шиберы устанавливаются на всасывающей стороне, напорные воздухопроводы делаются короткими и хорошо уплотненными. Помещение, где устанавливаются вентиляторы, должно непрерывно проветриваться. Чистка вентиляторов и воздухопроводов производится с соблюдением предосторожностей; лучше всего эту работу производить в респираторе.

Цианистые и щелочные ванны разрешается вентилировать одной вытяжной системой. Можно объединять в одну систему вентиляцию кислых и щелочных ванн. Ванны хромирования можно присоединять к вытяжным системам и с кислыми и со щелочными ваннами только в порядке исключения (не более двух ванн).

Ванны горячей промывки в гальванических цехах, как правило, местными отсосами не снабжаются. Выделяющиеся от зеркала водяные пары обычно растворяются приточным воздухом. При нормальном соотношении между вредными (снабжаемыми местными отсосами) и относительно безвредными, не-вентилируемыми ваннами (ванны кислых покрытий, ванны промывки) приточного воздуха, подаваемого для компенсации вытяжки, оказывается более чем достаточно для растворения водяных паров. При этом относительная влажность воздуха редко превышает 60%.

Если в помещении установлены только 2—3 вентилируемые ванны и несколько ванн покрытий, не требующих местного отсоса (например, ванны никелирования), то приточного воздуха может оказаться недостаточно для растворения водяных паров. Последние выделяются в помещение с поверхности всех ванн, не имеющих бортовых отсосов. Кроме того, с зеркала гальванических ванн выделяются еще и полые капли, загрязняющие воздух помещения. В этом отношении особенно неприятны (даже опасны) полые капли никелевых ванн (никелевые растворы вызывают кожную болезнь — никелевый дерматит).

При большом количестве ванн никелирования и малом количестве вредных ванн воздухообмен, создаваемый местными отсосами, относительно невелик, и его приходится искусственно увеличивать, чтобы иметь гарантию от создания повышенной влажности и повышенной концентрации никелевой аэрозоли, являющейся следствием того, что лопаются полые капли.

В таких случаях или усиливают общеобменную вытяжку из верхней зоны, проверяя воздухообмен по влаге (или по влаге и теплу), или снабжают бортовыми отсосами ванны горячей промывки. Иногда снабжают бортовыми отсосами и ванны никелирования, особенно работающие с повышенной плотностью тока (интенсивное никелирование).

Ванны горячей промывки также снабжаются местными отсосами, когда по процессу требуется температура воды 85—95 °С. Большие ванны горячей промывки (для крупных деталей или листов) желательно снабжать бортовыми отсосами во избежание туманообразования возле них.

Если кратность воздухообмена в цехе, обусловленная местными отсосами, превышает 25 в час, то обычно подаваемого воздуха достаточно для поглощения влаги и разбавления жидкостных аэрозолей до допустимого предела. При меньших кратностях рекомендуется производить расчет воздухообмена по влаге. Вообще кратности обмена в гальванических цехах редко бывают ниже 15. В большинстве случаев кратности достигают 30—50, а в некоторых случаях доходят до 100.

Высокие кратности обмена в гальванических цехах возникают иногда за счет ненормальной высоты помещения. В реконструируемых зданиях располагают гальванические отделения в помещениях высотой 3—4 м. Такая высота недостаточна и сильно затрудняет вентилирование. Нормальная высота гальванических цехов 5 м. При этой высоте кратность обмена обычно получается в пределах 20—50 обменов в час.

Независимо от устройства местных отсосов, в гальванических цехах необходимо предусматривать общеобменную вытяжку из верхней зоны. Вытяжка может быть естественной или механической. Минимальный объем удаляемого из верхней зоны воздуха — однократный (СН 7—57). Рекомендуемый объем верх-

ней вытяжки — двух-трехкратный. При большом количестве гальванических ванн, не снабженных местными отсосами, объем удаляемого из верхней зоны воздуха следует принимать не менее пятикратного. Впрочем, как уже говорилось, воздухообмен в этом случае лучше определять расчетом (по влаге) и корректировать в зависимости от количества неветилируемых ванн и состава их раствора, выделяющего те или иные полые капли.

Вытяжку из верхней зоны рекомендуется устраивать над ваннами, наиболее интенсивно выделяющими пузырьки газа. Для проветривания помещения в период бездействия ванн желательно иметь естественную вытяжку при помощи дефлекторов. Такая вытяжка предотвращает возможное скопление водорода у перекрытия и образование гремучего газа.

Гальванические цехи стараются располагать в первом этаже здания. Вытяжные воздуховоды в этом случае, как правило, устраиваются подземными в виде каналов, аналогичных каналам травильных цехов. При расположении гальванического цеха в верхних этажах вытяжные воздуховоды обычно прокладываются под потолком. Однако и в этом случае иногда специально утолщают перекрытие, чтобы в его толще разместить подпольные каналы.

Как и в травильных цехах, воздуховоды и каналы прокладываются с уклоном к приямку или к месту спуска конденсата. Материал воздуховодов — винипласт или сталь, защищенная антикоррозийными покрытиями.

В воздуховодах и каналах гальванических цехов, а также на лопастях вытяжных вентиляторов часто образуются осадки (особенно при наличии ванн хромирования). Это надо иметь в виду при проектировании. Воздуховоды и каналы должны иметь плотно закрывающиеся люки для прочистки. Следует применять вентиляторы с малым количеством лопаток; конструкция рабочего колеса должна быть солидной, здесь вполне пригодны шестилопастные вентиляторы. Обязательно следует предусматривать спуск конденсата из кожуха вентилятора.

Антикоррозийная защита вентиляторов менее актуальна, нежели в травильных цехах. Удаляемые от ванн кислые и щелочные среды нейтрализуют друг друга. Однако в отдельных случаях и здесь следует защищать стальные вентиляторы от коррозии или устанавливать вентиляторы, выполненные из винипласта. В большинстве же случаев достаточно покрывать кожух и рабочее колесо вентилятора асфальтовым лаком № 411.

Вытяжные установки гальванических цехов выполняются влагонепроницаемыми и взрывобезопасными. Вытяжка из верхней зоны — только во взрывобезопасном исполнении.

Выхлопы вентиляционных систем делаются преимущественно факельные со скоростью выхода воздуха 20—25 м/сек. Обяза-

тельно нужно стремиться поднять устья выпускных труб не менее чем на 5—6 м выше конька кровли.

Вытяжные вентиляторы, удаляющие влажный воздух от ванн, не рекомендуются устанавливать снаружи здания. Лучшие всего вытяжные вентиляторы размещать в специальном изолированном и вентилируемом помещении, расположенном выше обслуживаемого ими цеха. Для спуска конденсата и атмосферной влаги из кожухов вентиляторов в вентиляционной камере следует предусматривать трап.

Распределение приточного воздуха в гальванических цехах имеет свои специфические особенности. В помещение, где установлены ванны, подают 80—85% потребного воздуха. Остальная часть во избежание подсоса холодного воздуха и туманообразования подается в соседние помещения, в коридоры и на лестницы. Для подсоса воздуха в помещение ванн в перегородках, стенах и дверях устанавливаются самозакрывающиеся решетки, выполненные из винипласта или алюминия.

Воздух следует подавать в среднюю зону, т. е. на высоте не ниже 2,5—3,0 м от пола. Средняя зона, пожалуй, наиболее чистая в гальванических цехах; в нижней зоне находятся вредные ванны с их выделениями, а верхняя зона загрязнена поднимающимися к потолку газами и пылями каплями. Однако, по мнению автора, возможно воздух (в объеме 30—40% от общего количества) подавать и в рабочую зону вдали от ванн с малыми скоростями выхода воздуха из воздухораспределителей (порядка 0,5—0,7 м/сек).

Воздухораспределители (перфорированные трубы или трехдиффузорные насадки, направляющие воздух вниз) располагаются в средних проходах, в которых большую часть времени находятся рабочие. Воздух должен подаваться равномерно с малыми скоростями.

Сосредоточенная подача приточного воздуха в гальванических цехах категорически противопоказана.

Приточный воздух, подаваемый в гальванические цехи, желательно очищать от пыли как с технологической, так и с санитарной точек зрения.

Гальванические ванны с вредными выделениями укрываются в шкафы или снабжаются бортовыми отсосами. Колокольные ванны или помещаются в укрытия или снабжаются неподвижными подковообразными бортовыми отсосами (рис. 50).

Количество воздуха, удаляемого бортовым отсосом от колокольной ванны, можно определять по выражению:

$$L = 3000d^3n \text{ [м}^3\text{/ч]}, \quad (58)$$

где n — коэффициент, учитывающий токсичность выделений;
 d — диаметр открытой части колокола в м.

По мнению автора, коэффициент 3000 не обеспечивает полную локализацию выделяющихся вредностей, и его следует заменить на 5000.

Высота щели отсоса h обычно принимается равной $0,10 d$.

Для ванн маловредных (обезжиривание, щелочное лужение, оксидирование в аммиаке и т. п.) коэффициент n можно принимать равным 1,0. Для более вредных ванн значение n следует брать в пределах 1,20—1,50.

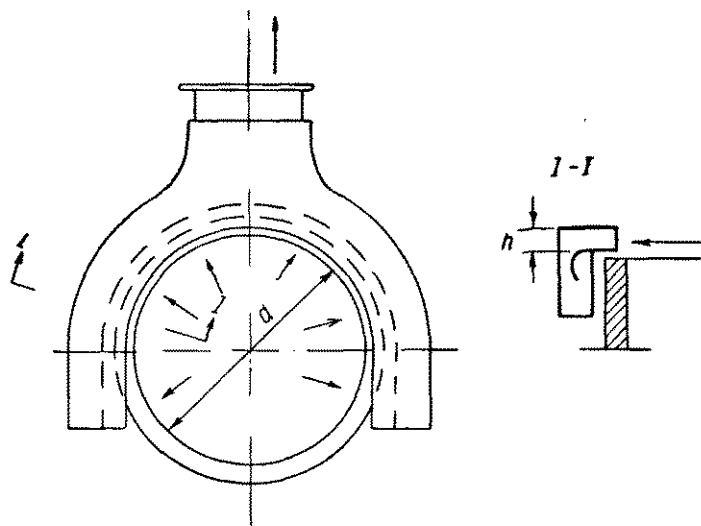


Рис. 50. Схема подковообразного бортового отсоса
 d —диаметр открытой части колокола; h —высота щели отсоса

Рассчитаем объем удаляемого воздуха от колокольной ванны цианистого латунирования. Внутренний диаметр ванны $d = 0,40$ м. Коэффициент $n = 1,50$.

$$L = 5000 \cdot 0,40^3 \cdot 1,5 = 480 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Можно принять округленно: $L = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$;

высота щели $h = 0,10 \cdot 0,40 = 0,04 \text{ м}$;

длина щели $l \approx 0,90 \text{ м}$ (при диаметре полукольца отсоса $0,42 \text{ м}$);

площадь щели $f = 0,90 \cdot 0,04 = 0,036 \text{ м}^2$;

скорость в щели

$$v = \frac{500}{3600 \cdot 0,036} \approx 3,80 \text{ м/сек}.$$

Удельный объем воздуха на 1 м^2 площади зеркала:

$$L_0 = \frac{500}{0,126} \approx 4000 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$$

Это хорошо сходится с данными табл. 14 (учитывая вращение ванны).

Для длительных процессов гальванических покрытий при ручном обслуживании наиболее рационально укрывать ванну в кожух с верхним отверстием, закрываемым раздвижными шторами. Одна из возможных конструкций такого укрытия показана на рис. 51. Ванна размерами 1400×700 мм предназначена для хромирования. Отверстие в кожухе, закрываемое раз-

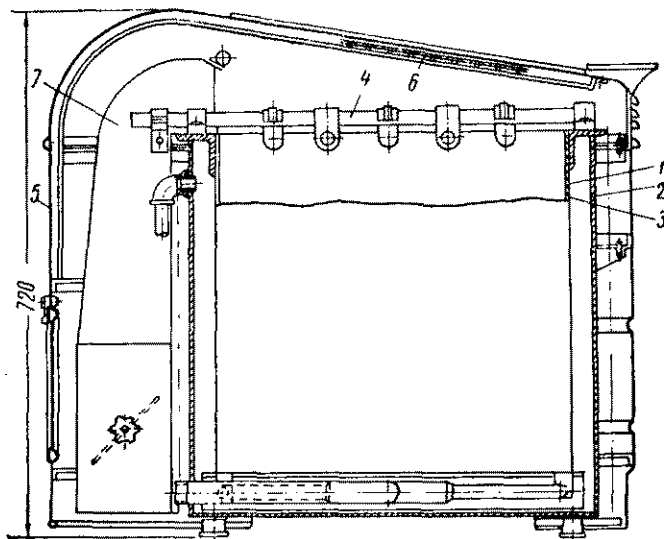


Рис. 51. Ванна с полным укрытием

1—корпус ванны; 2—водяная рубашка; 3—свинцовая изоляция;
4—штанга; 5—стенка кожуха; 6—раздвижные шторы; 7—отсасывающий патрубок

движными шторами, имеет размеры 700×1300 мм при полном раскрытии. Рабочее раскрытие предусматривается на ширину 400 мм. Площадь отверстия в рабочем положении: $0,40 \cdot 1,30 = 0,52 \text{ м}^2$, площадь щелей в передней стенке кожуха $0,08 \text{ м}^2$, суммарная площадь $0,60 \text{ м}^2$. При скорости в живом сечении отверстий, равной $1,50 \text{ м/сек}$, потребный объем воздуха составляет:

$$L = 3600 \cdot 0,60 \cdot 1,50 \approx 3200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

При закрытой шторе подсос воздуха производится через отверстие в передней стенке. Объем воздуха при этом сокращается до $700 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Проект вентиляции небольшого гальванического цеха представлен на рис. 52 и 53. Показаны планы одного из отделений цеха, причем на рис. 52 изображены надземные воздуховоды

(приточные и вытяжные), а на рис. 53 — подземные вытяжные каналы того же отделения.

Травильные ванны помещены в укрытия, аналогичные показанным на рис. 46 и рис. 51. Ванны снабжены односторонними обычными бортовыми отсосами. Имеется шкафное укрытие для колокольной ванны цианистого серебрения.

Бортовые отсосы — с нижними патрубками; патрубки присоединены к подпольным каналам. Последние сходятся к прием-

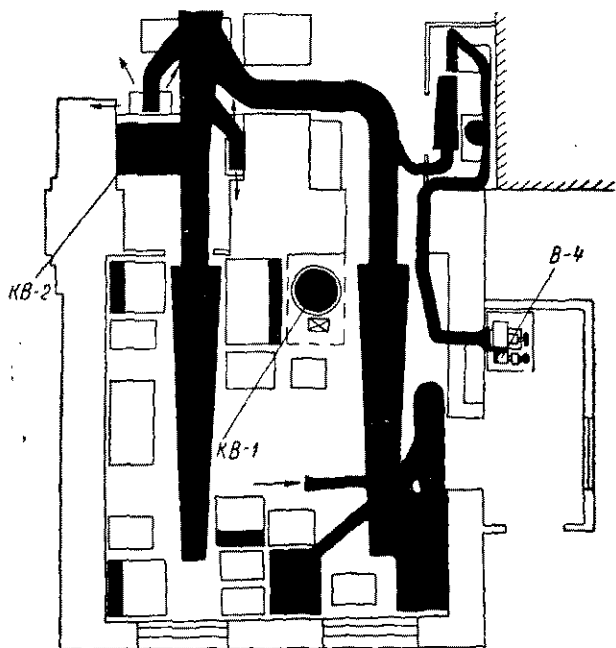


Рис. 52. Вентиляция гальванического цеха. Воздуховоды

ку для сбора конденсата, который откачивается из приемка ручным насосом. Воздух из подпольных каналов попадает в вертикальный стояк, присоединяемый к вытяжной системе В-1, расположенной в камере на втором этаже.

Воздух, удаляемый от станка для полировки (круг матерчатый), очищается от волокнистой пыли в циклоне ЛИОТ с водяной пленкой (при повышенном расходе воды). После очистки воздух удаляется наружу системой В-4.

Приточная установка обслуживает несколько отделений цеха. Приточный воздух подается частично в рабочую зону коробчатыми воздухораспределителями с равномерной раздачей и

частично — в среднюю зону при помощи перфорированных воздухопроводов.

Гальванический цех расположен в стесненном помещении, чем и вызывается своеобразная трассировка подпольных каналов.

Галтовочные барабаны при сухой галтовке нуждаются в местном отсосе пыли. Отсос производится через полую ось барабана. Удаляемый воздух очищается от пыли мокрым или сухим способом. Образующаяся при галтовке пыль мелкая; содержа-

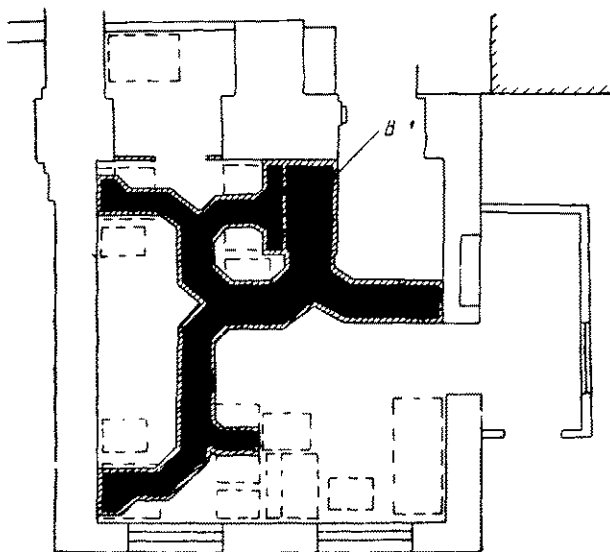


Рис. 53. Вентиляция гальванического цеха.
Подземные каналы

ние ее в отсасываемом воздухе колеблется от 500 до 1500 мг/м³.

Объем воздуха, который необходимо отсасывать от галтовочного барабана, можно определять аналогично очистным барабанам, но с понижающим коэффициентом, равным 0,70. При введении понижающего коэффициента формула принимает вид:

$$L = 1300D^2 \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (59)$$

где D — диаметр барабана в м.

Можно также определять объем воздуха, удаляемого от галтовочных барабанов, по скорости во входной цапфе, которую обычно принимают 25—30 м/сек. Расчетная формула при этом будет:

$$L = 3600fv \text{ [м}^3/\text{сек]}, \quad (60)$$

где f — площадь полой цапфы в м²;

v — входная скорость в м/сек.

Обработка изделий вращающейся металлической щеткой — крацовка — сопровождается небольшим пылевыведением, локализуемым местным отсосом. Щетка заключается в кожух, от которого производится отсос воздуха. Иногда вместо кожуха возле щетки на пути пылевого факела располагают пылеотсасывающую воронку.

Объем воздуха, удаляемого от крацовочной щетки, можно определять из расчета $2,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 мм диаметра щетки, но не менее $500 \text{ м}^3/\text{ч}$ на одну щетку. При удалении пыли воронкой объем воздуха примерно такой же.

Очистка воздуха от пыли в отдельных случаях может не производиться, так как абсолютное количество пыли невелико, а концентрация ее редко превышает $150\text{—}200 \text{ мг}/\text{м}^3$. Однако при нескольких крацовочных щетках все же желательно обеспылить удаляемый воздух. Очистка может производиться в циклонах с водяной пленкой или в скрубберах.

Помещения выпрямительных характеризуются только тепловыделениями. Вентиляция здесь общеобменная приточно-вытяжная по принципу «снизу — вверх».

§ 25. ШЛИФОВАЛЬНО-ПОЛИРОВОЧНЫЕ ЦЕХИ

В шлифовально-полировочных цехах производится предварительная шлифовка изделий до нанесения защитных или декоративных покрытий, а также последующая полировка после нанесения этих покрытий.

Предварительная шлифовка изделий производится преимущественно войлочными кругами (реже — матерчатыми), покрытыми по периферии («накатанными») мелким наждаком. Полировка и глянцовка изделий после нанесения покрытий выполняется матерчатыми кругами с применением пасты или без таковой.

Иногда до шлифовки производится грубая обдирка на абразивных кругах. Но чаще эта операция выполняется в заготовительных цехах.

Вспомогательным процессом шлифовально-полировочных цехов является изготовление кругов, в основном их накатка мелким наждаком.

Процессы обдирки, шлифовки и полировки, как известно, сопровождаются пылевыведениями. Образующаяся пыль состоит из металлических и абразивных частичек, а также волокон войлока и материи. Пыль — основная вредность шлифовально-полировочных цехов. При изготовлении кругов выделяется еще сопутствующая вредность — пары клея.

Все обдирочно-шлифовально-полировочные операции, как правило, производятся вручную на станках, снабженных теми или иными кругами. Обычно станки имеют по два круга. Стан-

дартный диаметр кругов: абразивных 250 мм, войлочных и матерчатых 400 мм.

Круги снабжаются местными укрытиями с отсосом из них воздуха. При надлежащей конструкции кожуха-укрытия и при достаточном объеме удаляемого воздуха удается почти полностью обеспылить шлифовально-полировочные операции.

Для войлочных и матерчатых кругов, у которых рабочая часть — нижняя, рекомендуется кожух со значительно открытым кругом и укороченным выносом, имеющий двойной отсос (от нижней части выноса и от самого круга).

Такой кожух показан на рис. 54. Высота нижней части кожуха (вынос) устанавливается в зависимости от размеров и формы обрабатываемой детали. Во время шлифовки или полировки рабочий поддерживает коленом обрабатываемую деталь. Высота нижней части кожуха должна быть удобной, чтобы поддерживать деталь. В некоторых случаях при обработке длинных деталей нижняя часть кожуха снимается или заменяется более укороченной. Тогда кожух делается разъемным.

В практике нередко случается, когда мощная аспирация не дает надлежащего эффекта, потому что кожухи-укрытия у кругов весьма далеки от совершенства. Проектным организациям, а также заводам, выпускающим шлифовально-полировочные станки, следует спроектировать, наконец, несколько моделей кожухов, испытать их и внедрить в практику вместо кустарных, порой совершенно нерациональных укрытий.

Обеспыливание обдирочных, шлифовальных, полировочных и глянцовочных станков относится к малой аспирации. Высота помещений здесь не превышает 5 м. Воздуховоды прокладываются горизонтально и параллельно стенам. Иногда воздуховоды трассируются над полом, в подпольных каналах или в подвале. Количество аспирируемых точек (укрытий) на одну систему бывает до 10. Однако такие большие системы неудобны в эксплуатации. Для более надежного действия системы и для удобства ее эксплуатации рекомендуется подключать к одному вентилятору не более двух-трех станков (4—6 аспирируемых точек). Для чистки воздуховодов от оседающей в них пыли необходимо предусматривать люки. Скорость воздуха в воздуховодах (до очистных сооружений) обычно принимают не менее 13 м/сек; лучше принимать 15—18 м/сек.

Очистка воздуха перед выбросом его наружу обязательна (содержание пыли в удаляемом воздухе 500—800 мг/м³). Как правило, в шлифовально-полировочных цехах применяется мокрая очистка. Сказанное в § 6 об очистке воздуха от волокнистой пыли вполне справедливо для данного случая. При матерчатых кругах содержание такой пыли в удаляемом воздухе может быть 1000—1200 мг/м³. В этом случае для очистки воздуха мож-

но рекомендовать циклон ЛИОТ с водяной пленкой и оросительный фильтр (рис. 8).

Вентиляторы всегда устанавливаются после пылеуловителей, причем предпочтительны пылевые вентиляторы. Устанавливать

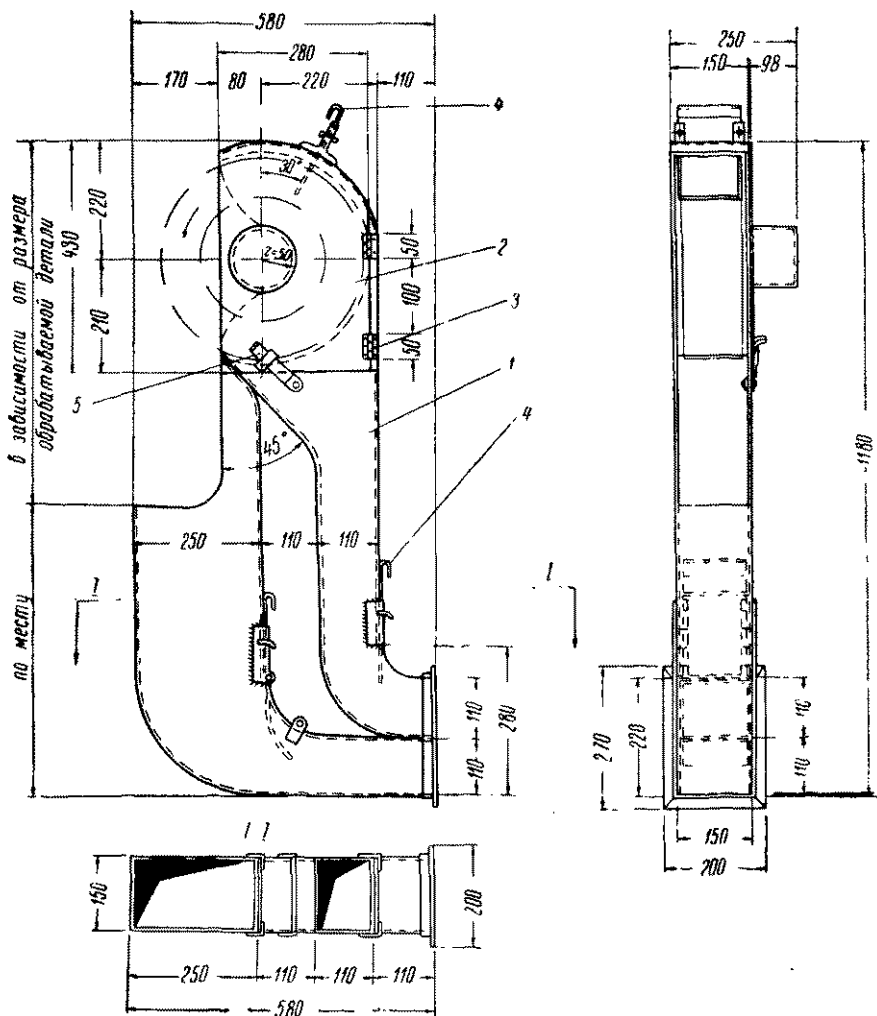


Рис. 54. Кожух для шлифовально-полировального круга

1—корпус кожуха; 2—подвижная часть корпуса; 3—петля; 4—регулирующая задвижка; 5—защелка, удерживающая подвижную часть корпуса

их следует в изолированных (во избежание распространения шума) теплых помещениях, предусмотрев отвод воды из кожухов.

Объем воздуха, который необходимо отсасывать от укрытий кругов, определяется по эмпирическим данным в зависимости от материала и диаметра круга.

Для абразивных кругов нормальной толщины, при диаметре до 250 мм объем удаляемого воздуха:

$$L = 2d \text{ [м}^3/\text{ч]}. \quad (61)$$

То же для кругов диаметром от 300 до 600 мм:

$$L = 1,8d \text{ [м}^3/\text{ч]}. \quad (62)$$

где d — диаметр круга в мм.

При таком объеме удаляемого воздуха скорость засоса в свободном сечении кожуха достигает 7—10 м/сек. Этого оказывается достаточно, чтобы пыль не пробивалась наружу.

Для войлочных кругов, накатанных наждаком, независимо от диаметра круга, объем удаляемого воздуха равен:

$$L = (3,0 \div 4,0) d \text{ [м}^3/\text{ч]}. \quad (63)$$

То же для матерчатых кругов:

$$L = (5,0 \div 6,0) d \text{ [м}^3/\text{ч]}. \quad (64)$$

где d — диаметр круга в мм.

При этом необходимо, чтобы скорость в открытом сечении кожуха была не менее 3—4 м/сек при войлочных кругах и 4—5 м/сек — при матерчатых. Последнее условие связывает объем отсасываемого воздуха с толщиной круга (ибо чем толще круг, тем шире кожух и больше площадь свободного сечения).

Надо сказать, что нормы, рекомендуемые объем воздуха, равный $4d$ и $6d$, несколько завышены, если применяется рациональная конструкция кожуха. Поэтому всегда следует проверять, какова скорость в свободном сечении кожуха при данной его конструкции и данной толщине круга. Это особенно существенно для крупных полировочных цехов, где количество кругов измеряется порой десятками и сотнями.

Для кожуха, показанного на рис. 54, суммарная площадь свободного сечения (с учетом щелей и неплотностей) составляет около $0,08 \text{ м}^2$. Принимая скорость для войлочного круга 4,0 м/сек, получим объем удаляемого воздуха:

$$L_1 = 3600 \cdot 0,08 \cdot 4,0 \approx 1150 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

При $d=400$ мм и норме $3d$ получаем:

$$L_2 = 3 \cdot 400 = 1200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Круги толщиной 120 мм встречаются относительно редко. Чаще круги бывают 80—100 мм. Однако встречаются круги толщиной до 180 мм. Для кожуха, изображенного на рис. 54, площадь отводящего патрубка равна $0,22 \cdot 0,15 = 0,033 \text{ м}^2$. При скорости 14 м/сек патрубок пропускает $\approx 1700 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха. Следовательно, для матерчатого круга размеры патрубка должны быть увеличены. При толщине такого круга 180 мм и площади

свободного сечения $0,10 \text{ м}^2$, при скорости $5,0 \text{ м/сек}$ потребный объем воздуха:

$$L_1 = 3600 \cdot 0,10 \cdot 5,0 = 1800 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Отсюда видно, что при максимальной скорости (большей, чем требуется СН 7—57), объем удаляемого воздуха получается меньше, чем при минимальной норме $5 d$, для которой:

$$L_2 = 5 \cdot 400 = 2000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Таким образом, расчеты подтверждают сказанное о том, что нормы объема удаляемого воздуха для рациональной конструкции кожуха завышены. Если же конструкция кожуха неудачна, то норма даже в $6 d$ ($2400 \text{ м}^3/\text{ч}$) мало поможет делу.

Накатка войлочных кругов мелким наждаком, о которой упоминалось выше, также сопровождается пылевыделением. Эта операция чаще всего производится вручную: намазанный по периметру клеем круг рабочий «катает» по слою порошкообразного наждака. После накатки круги высушиваются в специальной сушилке.

Накатка кругов механическим способом пока большого распространения не получила.

Так как при ручной накатке рабочему приходится наклоняться над столом, шкафное укрытие здесь непригодно. Применяют витринное укрытие (со стеклом сверху при работе стоя) или бортовой отсос по длинным сторонам стола.

Столы для накатки имеют длину не более 600 мм , ширину $400—500 \text{ мм}$. Их следует снабжать двусторонним отсосом. Высота щели рекомендуется около 50 мм , скорость воздуха в щели $5,0—6,0 \text{ м/сек}$. При этом удельный объем воздуха на 1 м^2 площади стола от 3600 до $4300 \text{ м}^3/\text{ч}$.

При устройстве витринного укрытия скорость воздуха в проеме принимают $1,40—1,60 \text{ м/сек}$.

Станки для механической накатки кругов снабжаются кожухом с рабочим проемом. Скорость в живом сечении проема принимается порядка $1,80—2,0 \text{ м/сек}$.

Клееварки заключаются в шкафные укрытия с проемом для обслуживания. Скорость воздуха в проеме принимают $0,50—0,70 \text{ м/сек}$ в зависимости от сорта клея.

На рис. 55 приведен проект вентиляции небольшого шлифовального отделения. Шлифовка производится войлочными кругами, накатанными наждаком. Шлифовальные станки имеют по два круга диаметром 400 мм . Всего установлено 8 станков. Объем воздуха, удаляемого от станков, определен проектом по $1600 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 круг, т. е. всего $25 600 \text{ м}^3/\text{ч}$. Воздуховоды четырех однотипных аспирационных систем проложены частично над полом помещения и частично в подвале (на чертеже не показаны). Очистка воздуха от пыли производится в циклонах ЛИОТ с водяной пленкой. 4 циклона установлены в соседнем помещении

обдирочного участка. Вытяжные вентиляторы размещены в изолированной камере на чердаке здания.

На участке накатки кругов имеются два станка для механической накатки и три стола для ручной накатки. Станки оборудованы укрытиями с проемами для обслуживания (400×500 мм). Столы для накатки снабжены двусторонними бортовыми П-об-

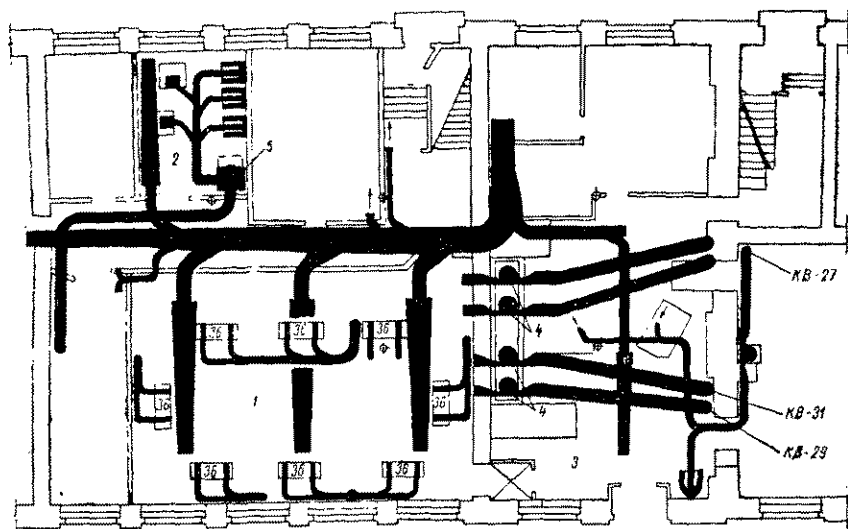


Рис. 55. Вентиляция шлифовального отделения

1—шлифовальный участок; 2—участок накатки кругов; 3—обдирочный участок;
4—циклон с водяной пленкой; 5—фильтр-промыватель

разными отсосами. Для очистки воздуха от пыли установлен оросительный фильтр.

Обдирочный участок обеспечен станком на два абразивных круга и двумя шлифовальными станками, отсос пыли от которых производится воронками, установленными на гибких шлангах. Очистка воздуха от пыли производится в циклоне ЛИОТ с водяной пленкой.

Приточный воздух подается во все помещения в верхнюю зону с помощью перфорированных воздухораспределителей. Часть воздуха подается на лестницы, в коридоры и в чистые помещения. Приточная установка расположена во втором этаже здания, что в данном случае допустимо.

Упомянем в заключение о гидравлическом сопротивлении кожухов-укрытий для кругов.

По данным инж. Кучерука, сопротивление кожухов у абразивных кругов составляет $30\text{—}35 \text{ кг/м}^2$. Сопротивление кожухов у матерчатых и войлочных кругов можно принимать равным $20\text{—}25 \text{ кг/см}^2$. Однако этот вопрос еще нуждается в уточнении.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

§ 26. СТАНОЧНЫЕ (МЕХАНИЧЕСКИЕ) ОТДЕЛЕНИЯ

Высота помещений механических цехов чаще всего колеблется в пределах 4,0—4,5 м. При такой высоте и при тепловыделениях 15—25 ккал/м³·ч температурный градиент можно не учитывать и принимать для расчета $t_{yx} = t_p$.

Воздухообмен в станочных отделениях, определенный по теплу, обычно дает кратность от 3,0 до 6,0 в час. При кратностях около 5,0 воздухообмен в большинстве случаев достаточен для удаления паров эмульсии. При меньших кратностях воздухообмен иногда увеличивают (в зависимости от состава эмульсии).

Приток воздуха в рабочую зону станочных отделений следует подавать рассредоточенно с малыми скоростями. Вытяжка в основном из верхней зоны — механическая или естественная. При наличии в составе эмульсии масла или нефтепродуктов вытяжка ($\frac{1}{3}$ всего объема) производится и из нижней зоны.

Некоторые проектировщики считают возможным применять для вытяжки из механических отделений осевые вентиляторы, устанавливаемые в окнах. Это нельзя признать правильным, так как вентиляторы создают шум, затемняют помещение и уродуют фасад здания. Кроме того, вывести устья выхлопных труб выше конька кровли затруднительно. Выбрасывать же воздух непосредственно возле окон бессмысленно, так как при открытых окнах (летний период) он снова будет поступать в помещение.

Станки для заточки инструментов, работающие периодически и кратковременно (не более одного-двух часов в смену с перерывами), обычно не изолируют в отдельное помещение. Обеспыливание заточных станков производится преимущественно с помощью рециркуляционных агрегатов с пылеуловителями (например, типа ЗИЛ-900). Против такого вентиляционного решения возражать не приходится. Необходимо только предусматривать установку для регенерации ячеек масляных фильтров, обычно имеющихся в пылеуловителях рециркуляционных агрегатов.

Иначе обстоит дело, если имеются постоянно работающие станки, выделяющие пыль, — шлифовальные или обдирочные. При постоянно работающих станках необходимо проектировать вытяжную вентиляцию с выбросом воздуха наружу и с компенсацией вытяжки притоком.

Изолированные помещения для этих станков рассматриваются как «пыльные». Вытяжная вентиляция здесь с местными отсосами от пылящих точек; приток подается в верхнюю зону.

О необходимости вентиляции с местными отсосами при мокрой шлифовке, а также об очистке воздуха, удаляемого от станков для обдирки, заточки и шлифовки, уже говорилось выше (см. §§ 6 и 10). Добавим только, что при аспирации станков мокрой шлифовки необходимо устанавливать мокрые пылеуловители как можно ближе к аспирируемым станкам. На воздушных водах следует предусматривать лючки для прочистки, а также быстроразборные соединения отдельных звеньев.

У заточных и шлифовальных станков с подвижными кругами (а также у некоторых стационарных кругов) улавливание пылевого факела производится воронками, присоединяемыми к гибким шлангам. Размеры и конструкция воронок зависят от типа станка. Чаще всего применяются прямоугольные воронки размерами от 70×90 мм до 90×140 мм.

Некоторые импортные станки поставляются со встроенными воронками для улавливания пылевого факела. У нас до последнего времени такие станки почти не изготовлялись. Обычно воронки пристраиваются к станкам по месту во время монтажа вентиляции, что нельзя признать рациональным.

Объем воздуха, удаляемого отсосами-воронками при обеспыливании шлифовальных и заточных станков определяется различными путями. К сожалению, все они неточные. Имеются опытные данные (подчас — разноречивые) для некоторых стандартизованных пылеприемников. Есть указания о потребной скорости всасывания в сечении воронок. Наконец, объем отсасываемого воздуха можно определять по графику, приводимому в некоторых справочниках и учебниках. Пользоваться для этой цели формулой, имеющейся в СН 7—57, не рекомендуется, так как в этой формуле много произвольных и трудноопределяемых величин.

Ориентировочно можно принять следующие объемы воздуха L , удаляемого от заточных и шлифовальных станков (при воронке, установленной на пути пылевого факела, в 100—150 мм от края круга):

плоскошлифовальный станок с диаметром круга до 350 мм (воронка 80×90 мм)	500—650 м ³ /ч
плоскошлифовальный станок с диаметром круга свыше 350 мм (воронка 90×100 мм)	650—800 "
универсально-заточный станок (воронка 90×100 мм)	600—750 "

внутришлифовальный станок	500—600	м ³ /ч
круглошлифовальный	500—700	"
переносный обдирочно-шлифовальный станок — по диаметру круга d мм	3d	"

Скорость в живом сечении отсасывающей воронки при обеспыливании обычно принимают 20—25 м/сек. При очень близком расположении пылеприемника возможно ограничиться скоростью 15—18 м/сек.

Иногда источниками пыли в механических цехах являются токарные и фрезерные станки. Это происходит при обработке пластмасс. Удаление пыли от таких станков также производится воронками, присоединенными к гибкому шлангу. Размеры воронки для этого случая можно принимать 90×140 мм, а объем удаляемого воздуха 800—1000 м³/ч.

Относительно редко токарные станки используются для шоопирования деталей, представляющих тело вращения. При шоопировании выделяется мелкодисперсная пыль металлов и их окислов. Пылеудаление здесь также может быть достигнуто отсосом-воронкой. Воронка должна быть значительно больших размеров (200×300, 300×400 мм). Скорость во всасывающем сечении можно принимать в пределах 10—15 м/сек.

Проект вентиляции небольшого ремонтно-механического цеха приведен на рис. 56. На плане первого этажа показаны станочное отделение со шлифовально-заточным участком, а также сварочный и слесарно-сборочный участки. Цех расположен в реконструированном здании, вследствие чего шлифовально-заточный участок стеснен. В станочном отделении размещены периодически работающие точила и токарный станок для обработки пластмасс. Эти пылевыводящие станки присоединены к аспирационной системе В-11, обслуживающей обдирочный станок и абразивный диск для резки металла. Другая аспирационная система (В-10) обслуживает четыре шлифовальных станка. Очистка воздуха от пыли в обеих системах производится в циклонах ЛИОТ с водяной пленкой. Приточный воздух в пыльные помещения подается в верхнюю зону перфорированными воздуховодами.

В станочном отделении имеются различные станки, работающие с применением эмульсии. Общеобменная вытяжка запроектирована только из верхней зоны (из нижней зоны вытяжка осуществляется за счет аспирации). Приточный воздух подается в рабочую зону коробчатыми воздухораспределителями с равномерной раздачей. На слесарно-сборочном участке предусматривается общеобменная вентиляция с подачей воздуха в рабочую зону и вытяжкой его из верхней зоны.

Приточная установка расположена в специальном помещении, находящемся во втором этаже. Вытяжные вентиляторы

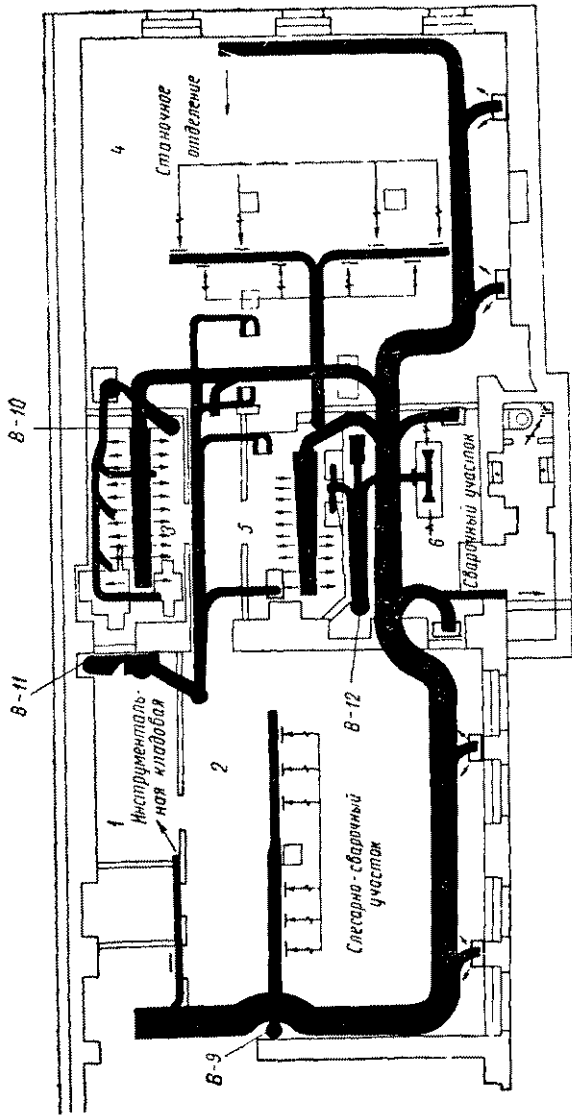


Рис. 56. Вентиляция ремонтно-механического цеха

1—инструментальный участок; 2—слесарно-сварочный участок; 3, 5—шлифовально-заточный участок; 4—станочное отделение; 6—сварочный участок

установлены в отепленных изолированных помещениях на чердаке здания.

Нерациональная планировка механического отделения и неправильная его вентиляция показаны на рис. 57. В одном помещении размещены металлообрабатывающие и шлифовально-заточные станки. Как уже говорилось, пылящие станки необходимо выносить в изолированные помещения. В данном случае это не сделано. Кроме того, не выделена специальная приточная камера: установка П-1 размещена на площадке. В станоч-

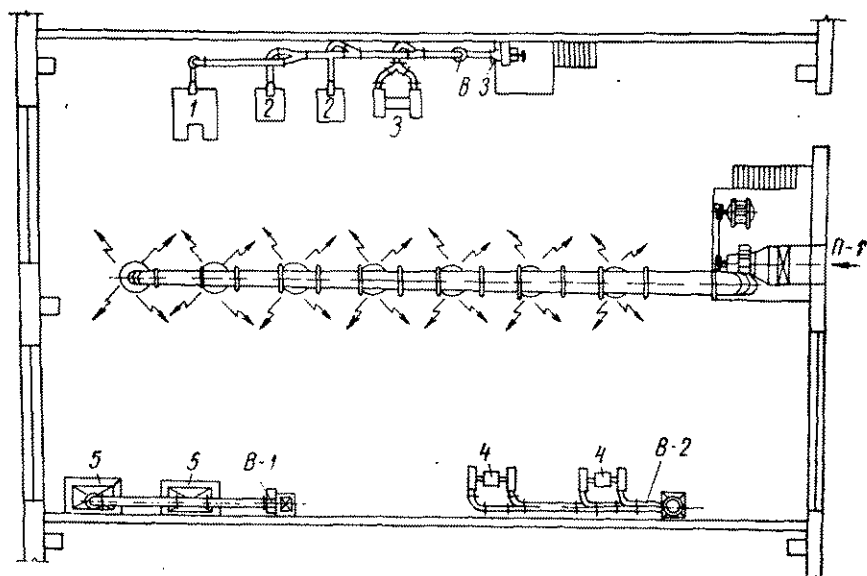


Рис. 57. Неправильное решение вентиляции механического отделения

1—универсально-заточный станок; 2—заточный станок; 3—точильный станок; 4—обдирочно-шлифовальный станок; 5—газосварочный пост

ном помещении расположены также газосварочные посты, что нельзя считать удачным.

Вентиляция в этом механическом отделении запроектирована неправильно. Основные ее недостатки следующие:

а) вентиляторы — приточный и вытяжные — расположены в рабочем помещении, что усиливает в нем шум. Особенно шумят вытяжные вентиляторы аспирационных систем;

б) общеобменная вентиляция для удаления тепла и паров эмульсии выполнена по схеме «сверху—вниз» (приток подается в верхнюю зону, вытяжка только местная из нижней зоны). Такая схема при выделении тепла, газов и паров неудовлетворительна;

в) аспирационная система В-2 запроектирована с возвратом в помещение очищенного воздуха. Для постоянно работающих обдирочно-шлифовальных станков такое решение неприемлемо.

§ 27. КУЗНЕЧНЫЕ, ТЕРМИЧЕСКИЕ И СВАРОЧНЫЕ ОТДЕЛЕНИЯ

Кузнечные отделения ремонтно-механических цехов иногда устраиваются самостоятельными, но чаще объединяются с термическими, а порой и сварочными. Эти помещения характеризуются выделениями тепла (иногда весьма значительными), вредных газов и аэрозолей. В сварочных отделениях, если они обособлены, тепловыделения невелики; основная вредность здесь аэрозоль «сварочный дым».

В кузнечных отделениях ремонтно-механических цехов обычно устанавливаются горны и режы — нагревательные печи. На новых предприятиях горны используют газообразное топливо, а печи имеют электронагрев. Перевод печей и горнов с угольного и мазутного отопления на газовое топливо или электронагрев настолько улучшил санитарное состояние современных кузниц, что их уже нельзя зачислять в разряд «грязных» помещений, каковыми они считались еще недавно.

Вентиляция кузниц с угольным или мазутным отоплением направлена на борьбу с теплом, газами (в основном — окисью углерода и сернистым газом) и пылью. Последняя вредность — сопутствующая — имеет место при любом топливе, но особенно значительна при твердом. Для кузниц, работающих на газе или с электронагревом, задача вентиляции сводится к борьбе с теплом и незначительным рассеянным пылевыведением (в основном — окалина).

Кузнечные горны, имеющие открытый огонь, укрываются кожухами или зонтами со свесами. Вытяжка от горнов, как правило, устраивается естественной при помощи шахт с дефлекторами.

Удачная конструкция зонта над горном разработана МИОТом. Рассматривать ее не будем, так как она приведена во всех справочниках. Там же имеются графики (или таблицы) для определения объема удаляемого от зонта воздуха в зависимости от количества сжигаемого топлива.

При работе горна на газе конструкция зонта может быть упрощена, поскольку здесь отпадает дымная операция разжигания топлива.

Кузнечные печи, работающие на твердом или жидком топливе, обязательно должны иметь дымоотвод в дымовую трубу. Применявшиеся еще недавно печи с выпуском продуктов горения под зонт, размещенный над печью, должны быть изъяты. Для печей, работающих на газе, также желателен отвод продуктов горения в дымовую трубу.

У печей с отводом газов в трубу, а также у электропечей местные отсосы (обычно в виде зонтов со свесами или щелей) устраиваются только у рабочих окон. Зонты или щелевидные отсосы предназначены для улавливания выбивающихся из печей газов. Вытяжка обычно устраивается механическая.

Объем воздуха, удаляемого от зонтов у рабочих окон кузнечных и термических печей, определяется по обычной формуле. Скорость в горизонтальном сечении зонта желательно принимать около 0,80—1,0 м/сек. При щелевидных отсосах, размещаемых над рабочим окном или по сторонам его, скорость засоса воздуха принимается 6—8 м/сек.

Общеобменная вентиляция кузниц рассчитывается по теплу и проверяется на растворение окиси углерода. Тепловыделения подсчитываются по практическим данным или по тепловому балансу в зависимости от установленного оборудования и расхода топлива (или электроэнергии).

Ориентировочно для малых кузниц тепловыделения в помещение можно принимать в % от теплотворной способности сжигаемого топлива. Эти тепловыделения с учетом остывания металла в помещении колеблются в пределах:

для кузниц, оборудованных горнами	35—50 %
то же, нагревательными печами с отводом дымовых газов в трубу	45—55 %

Для кузнечных печей с электронагревом тепловыделение в помещение (с учетом остывающего металла) — 40—70% от тепла, соответствующего установленной мощности электронагревателей.

Что касается выделения в помещение окиси углерода, то, по данным МИОТ, можно принимать ее количество в г на 1000 ккал теплотворной способности топлива:

при нагреве в угольных горнах	4,0—12,0
то же, в мазутных печах	5,0—12,0
" в печах на твердом топливе	6,0— 7,0
" при газовом отоплении	1,0— 2,0

При электрообогреве с выделением окиси углерода можно не считаться.

В больших кузнечных цехах общеобменная вентиляция обычно устраивается естественной при помощи аэрации. Часть приточного воздуха подается через воздушные души. Общеобменная вытяжка чаще всего осуществляется через шахты и фонари.

В малых кузницах при относительно скромной высоте помещения (4,5—5,5 м), особенно при расположении в многоэтажном здании, вентиляция устраивается с механическим побуждением, с подачей подогретого приточного воздуха (аэрация в холодный период здесь невозможна). Приточный воздух подается

в рабочую зону; общеобменная вытяжка проектируется из верхней зоны.

Устройство воздушных душей с подачей свежего воздуха к рабочим местам в малых кузницах и термических применяется относительно редко. Чаше устанавливают переносные рециркуляционные агрегаты веерного типа, например, конструкции СИОТ. Надо сказать, что это полумеры. В кузницах у ковочных машин и у рабочих окон печей облучение может достигать до $2-5 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$. Воздух, содержащий окись углерода, мало пригоден для обдувания им человека. Поэтому рекомендуется проектировать воздушные души с подачей свежего воздуха, подогретого зимой и профильтрованного. Желательно также охлаждение подаваемого к душам воздуха в летний период путем промывки его распыленной водой по адиабатическому циклу.

Обдувание свежим воздухом с помощью воздушных душей рекомендуется и в термических отделениях, особенно при обработке относительно крупных изделий.

В термических отделениях, кроме нагревательных печей (обычно муфельные электропечи), устанавливаются различные ванны и баки для закалки, цементации, цианирования и т. п.

Закалочные ванны (кроме масляных) помещаются в укрытия с рабочими проемами. Реже у закалочных ванн устраиваются кольцевые щелевые отсосы.

Масляные закалочные баки чаще всего оборудуются бортовыми отсосами. Так как при закалке иногда происходит возгорание масла, баки снабжаются самостоятельными вытяжными системами.

Определение объемов воздуха, удаляемого от укрытий и отсосов, производится по данным, приведенным в главах третьей и шестой.

Кроме местных отсосов, в термических отделениях устраивается общеобменная вытяжка из верхней зоны для удаления избыточного тепла. Она может быть механической или естественной при помощи шахт с дефлекторами.

В термических отделениях при закалке изделий в воде и масле, а также при обработке их в солевых ваннах доля тепла, переходящего в воздух помещения, несколько меньше, чем в кузницах. С известным приближением можно считать, что в помещение переходит 30—35% от тепла топлива или от тепла, соответствующего установленной мощности нагревателей. Если же нагретый металл или часть его остывает в помещении, процент теплоперехода в помещение повышается до 40—50%.

В небольших термических отделениях приточный воздух, как правило, подается механически с подогревом в холодный период. Воздух выпускается в рабочую зону воздухораспределителями или насадками воздушных душей. В теплый период приток естественный через нижние фрамуги окон.

При определении воздухообмена по теплу, если высота помещения 5 м и больше, для кузниц и термических можно принимать температурный градиент в пределах от 0,90 до 1,10.

В сварочных отделениях ремонтно-механических цехов встречаются три вида сварки: а) электросварка, преимущественно ручная; б) газовая сварка и в) точечная сварка. Сварка под слоем флюса или в среде инертного газа почти не встречается. Чаще всего применяются электроды марок ОММ-5, УОНИ, ЦМ-7 и МЭЗ. Электроды других марок употребляются крайне редко.

Сварка ведется на специальных столах и верстаках и на стендах (для крупногабаритных деталей). Иногда сварка производится на нефиксированных местах по всему помещению.

Сварочные отделения характеризуются малыми тепловыделениями. Газы и аэрозоль, образующиеся при сварке, в момент их выделения нагреты и имеют тенденцию подниматься вверх. Если вредности не удаляются сразу местным отсосом, то, поднимаясь вверх, они постепенно остывают; подъемная сила теряется, и аэрозоль как бы «зависает» в воздухе на некоторой высоте от пола, зависящей от диаметра электрода и силы сварочного тока. Высота, на которой наблюдается максимальная концентрация вредностей, называется оптимальной высотой.

Естественно, что вытяжку следует производить на уровне, близком к оптимальной высоте. Рекомендуется располагать вытяжные отверстия на высоте, отстоящей не более чем на 1—2 м от оптимальной.

В ремонтно-механических цехах высота сварочного отделения редко превышает 7 м; чаще всего эта высота колеблется в пределах 4—5 м. Оптимальная высота здесь будет находиться вблизи от перекрытия, и следовательно, общеобменная вытяжка может осуществляться из верхней зоны (для высоких цехов оптимальная высота иногда значительно отличается от высоты помещения, и вытяжку приходится делать из средней зоны).

При электродах диаметром 4 мм и силе тока 120—140 а оптимальная высота составляет 4,0—4,70 м; при диаметре 4—5 мм и силе тока 180—200 а — 6,0—6,60 м. При более толстых электродах (8 мм) и силе тока 300—400 а оптимальная высота будет порядка 10—13 м.

При электросварке и газовой сварке на фиксированных сварочных постах наиболее приемлемым местным отсосом является всасывающая панель. При сварке малогабаритных деталей на столах применяется обычная односторонняя неподвижная панель. При сварке крупных деталей на верстаке или стенде применяются подвижная панель — поворотная (обычно двойная), поворотно-подъемная или поворотно-подвижная (двухшарнирная). Поворотная двусторонняя панель вращается вокруг оси и движется по дуге, образованной поворачивающимся кронштей-

ном. Поворотно-подъемная панель (воздухоприемник ЛИОТ-2), показанная на рис. 58, поворачивается вокруг оси, движется по дуге и имеет вертикальное перемещение. Панель односторонняя. Применяется она при сварке деталей, имеющих переменную высоту.

При сварке на стенде, а также на нефиксированных местах весьма удобна поворотно-подвижная панель, имеющая шарнирный воздуховод и могущая перемещаться не только по дуге, но

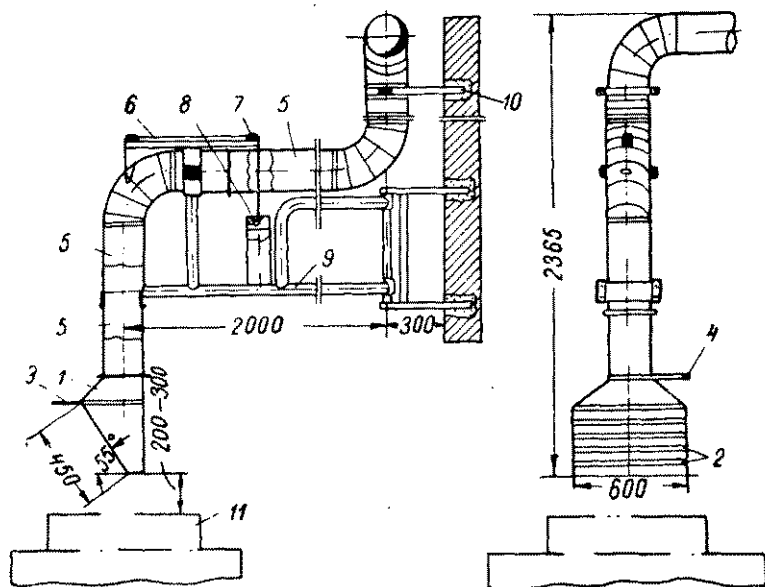


Рис. 58. Поворотно-подъемный воздухоприемник ЛИОТ-2

1—всасывающая панель; 2—пластины; 3—козырек; 4—шибер; 5—воздуховод; 6—трос; 7—ролики; 8—противовес; 9—поворотный кронштейн; 10—неподвижный кронштейн; 11—свариваемая деталь

и в любую точку обслуживаемого ею пространства. Конструкция поворотно-подвижной панели разработана и приводится в альбомах типовых деталей. Панель устанавливается односторонняя.

Количество воздуха, удаляемого всасывающей панелью, определяется по скорости всасывания в живом ее сечении. Скорость принимается в зависимости от местоположения панели по отношению к источнику вредностей и от степени токсичности выделяющихся вредностей, т. е. от марки электрода.

Практика последних лет показывает, что рекомендуемые в учебниках и справочниках скорости всасывания (полученные в условиях, не вполне отвечающих производственным) в большинстве случаев оказываются недостаточными. Скорость в живом сечении панели при электросварке, рекомендуемая

ЛИОТом, равна 3,60 м/сек. Она может оказаться приемлемой лишь для самых безвредных электродов. Кроме того, указанная скорость предусматривает расположение свариваемого предмета в непосредственной близости от панели (на среднем расстоянии 400 мм). Такое расположение на практике часто недостижимо, особенно при сварке сложных по конфигурации и громоздких предметов.

В табл. 5 указаны рекомендуемые скорости воздуха в живом сечении всасывающих панелей при электросварке, в зависимости от марки электродов и расположения панели по отношению к свариваемой детали.

При стационарных панелях скорость всасывания можно принимать в указанных выше пределах, с учетом расположения панели по отношению к свариваемым предметам. Здесь играет роль, в частности, ширина сварочного верстака. Меньшие скорости берутся при электродах марок ОММ-5 и УОНИ, большие — при электродах иных марок.

При подвижных панелях надежнее ориентироваться на далекое расположение и принимать скорость всасывания даже несколько большую, чем для стационарных панелей. При электродах марок ОММ-5 и УОНИ скорость в живом сечении рекомендуется не менее 6,0 м/сек; при электродах ЦМ-7 и МЭЗ — не менее 7,0 м/сек.

Воздухоприемник ЛИОТ-2 имеет панель размерами 600×450 мм. Габаритная площадь панели 0,27 м²; живое ее сечение ≈ 0,067 м². При скорости 7,0 м/сек объем удаляемого воздуха:

$$L = 3600 \cdot 0,067 \cdot 7,0 \approx 1700 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

ЛИОТ рекомендует удалять от такой панели 2000 м³/ч. Это соответствует скорости около 8,5 м/сек в живом сечении. Возражать против такой скорости в сечении подвижной панели не приходится; отсос будет более надежным.

При газовой сварке все сказанное о местных отсосах остается в силе, за исключением объема отсасываемого воздуха. Здесь объем воздуха может быть уменьшен, и скорости в сечении панелей следует принимать в пределах 3,0—4,0 м/сек.

При точечной сварке наблюдается незначительное выделение дыма. Однако и здесь рекомендуется местный отсос, лучше всего осуществляемый воронками. Воронки размещаются как можно ближе к месту выделения дыма. Сечение воронки можно принимать 120×120 мм. Объем удаляемого воздуха рекомендуется 500—700 м³/ч на воронку, что соответствует скорости засоса 10—14 м/сек.

Если сварка производится на нефиксированных рабочих местах и нет возможности создать местный отсос, приходится прибегать к общеобменной вентиляции. Объем удаляемого из по-

мещения воздуха определяется по количеству израсходованных электродов, в зависимости от их марки. При определении количества расходуемых электродов нужно иметь в виду, что при ручной сварке один сварщик может израсходовать до 5 кг электродов за 1 час.

Для общеобменной вентиляции при нормальной для сварочных отделений схеме «снизу — вверх» рекомендуются следующие количества удаляемого воздуха на 1 кг расходуемых электродов:

электроды марки	ОММ-5	4000 м ³ /ч
:	ЦМ-7, ЦМ-8, К-5, УОНИ	5000
:	МЭЗ-04	6000

При газовой сварке, производимой на нефиксированных рабочих местах, воздухообмен определяется по расходу ацетилена из расчета 5 м³ воздуха на 1 л ацетилена, но не менее 3000 м³/ч на один сварочный пост.

При сварке, производимой в замкнутых отсеках, если отсутствует зональная вытяжка, объем удаляемого воздуха рекомендуется принимать не менее 2000 м³/ч на один сварочный пост.

Приточный воздух в сварочные отделения следует подавать рассредоточенно с малыми скоростями в чистые зоны помещения (в удалении от мест производства сварки). Вытяжка устраивается механической, с забором воздуха из верхней зоны.

§ 28. ЭЛЕКТРОРЕМОНТНЫЕ И МАЛЯРНЫЕ ОТДЕЛЕНИЯ

В небольших электроремонтных отделениях производятся разборка, механический ремонт и сборка электродвигателей. В более крупных отделениях добавляется пропитка и сушка обмоток двигателей.

Разборку двигателей, сопровождающуюся пылевыведением, производят в укрытиях типа шкафных или типа МИОТ с отсосом «улитка». Скорость в рабочем проеме принимается 0,80—1,0 м/сек. Воздух, удаляемый из укрытий, может выбрасываться наружу без очистки, т. к. содержание пыли в нем меньше допустимого.

Механические операции не связаны с выделением вредностей. В электроремонтном отделении, в дополнение к местной вытяжке, устраивается общеобменная вентиляция с таким расчетом, чтобы общая кратность обмена была от 3 до 4 (так же, как в сборочных цехах).

Если имеется пропиточный участок, то он выделяется в изолированное помещение. Производство пожаро- и взрывоопасное, что надо иметь в виду при проектировании вентиляции. Пропитка производится специальными лаками, растворителями, которых являются спирт, уайт-спирит, ксилол и бензол.

Осуществляется пропитка в баках или ваннах, обычно снабжаемых бортовыми отсосами. Реже пропиточные баки заключаются в укрытия. Пропитанные изделия либо сразу направляются в сушило, либо временно хранятся на стеллажах. В последнем случае стеллажи оборудуются местными отсосами — всасывающими панелями или щелями.

Сушила чаще всего камерные, рециркуляционные с электроподогревом и встроенным вентилятором. Выбивание паров растворителей из сушила возможно при открытых дверцах.

Некоторые проектировщики устанавливают зонты над дверцами сушил, полагая улавливать пары в месте их выделения. Такое решение неправильно. Пары, возможно, будут уловлены, но предварительно они пройдут через зону дыхания человека, работающего у сушила.

Чтобы предотвратить выбивание паров, следует отсасывать воздух из самого сушила, превращая его на время в подобие вытяжного шкафа. Разница лишь в том, что патрубок отсоса располагается вблизи дверец, чтобы холодный воздух, врывающийся из помещения и препятствующий выбиванию паров, не охлаждал чрезмерно сушило.

Отсос воздуха из сушила производится индивидуальным вентилятором, пуск и остановка которого заблокированы с дверцами. При открывании дверец вентилятор включается, при их закрытии — останавливается. Подключение сушила к постоянно работающему вентилятору нежелательно, так как может нарушить технологический цикл сушила.

Скорость в раскрытом проеме дверец берется 0,4—0,6 м/сек. в зависимости от состава растворителя, учитывая кратковременное нахождение человека возле дверец.

Таким же образом вентилируются камерные (шкафные) сушила в малярном отделении.

Приточный воздух в помещение пропитки подается в рабочую зону. Общеобменную вытяжку устраивают из верхней зоны. Иногда общеобменная вытяжка служит для удаления тепла, выделяемого сушилом.

Вытяжные системы, обслуживающие помещение пропитки, должны быть взрывобезопасными.

В малярных отделениях производятся окраска, лакировка и сушка изделий. До покраски обычно выполняются еще и подготовительные работы — шкурровка и шпаклевка.

Чаще всего окраска производится пульверизационным способом в небольших непроходных кабинах. Одна из конструкций окрасочной кабины с водяной промывкой показана на рис. 59. Кабина предназначена для окраски мелких деталей; рабочий проем ее 800×800 мм.

Окрасочные кабины иногда снабжаются индивидуальными вентиляторами, устанавливаемыми в непосредственной близости

от кабины или на самой кабине. Лучше этого избегать и выносить вентиляторы в специальные изолированные помещения. Одним вентилятором можно обслуживать несколько кабин, но удобнее иметь индивидуальные вентиляторы.

Окраска погружением и кистевая чаще всего выполняются в укрытиях типа шкафных или витринных.

Электростатическая окраска в малярных отделениях ремонтно-механических цехов применяется редко. Так же редко встречается пульверизационная окраска на конвейере в проходных окрасочных камерах.

При определении объема воздуха, удаляемого от окрасочных кабин, следует пользоваться данными табл. 4. При этом надо иметь в виду, что большие скорости в проемах кабин относятся к малым кабинам (площадь рабочего проема до $1,0 \text{ м}^2$), а меньшие — к большим.

Изделия, окрашенные масляными красками, обычно высушиваются в сушилках при повышенной температуре. Нитрокраски сушатся при нормальной температуре на открытых стеллажах (реже в сушильных шкафах без нагрева).

Стеллажи для сушки изделий, окрашенных нитрокрасками, оборудуются местными

отсосами — щелевыми или панелями. Скорость во всасывающем отверстии щелевых отсосов принимают в пределах $3,0\text{—}4,0 \text{ м/сек}$ при выделении ксилола, толуола и бензола и $2,0\text{—}3,0 \text{ м/сек}$ — при выделении уайт-спирита, скипидара и т. п. растворителей. При выделении бензола, ксилола и толуола скорость в живом сечении панелей принимается $3,5\text{—}4,5 \text{ м/сек}$.

При окраске на конвейере (пульверизационной или электростатической) сушка окрашенных изделий производится в проходных туннельных сушилках. Во избежание прорыва паров из рабочих проемов сушил устраиваются так называемые форкамеры, из которых производится отсос воздуха, препятствующий выбиванию паров в помещение из проемов.

На рис. 60 показана схема проходного сушила с форкамерами, а также укрытие конвейера между окрасочной камерой и сушилом. Проемы форкамер имеют такие же размеры, как и

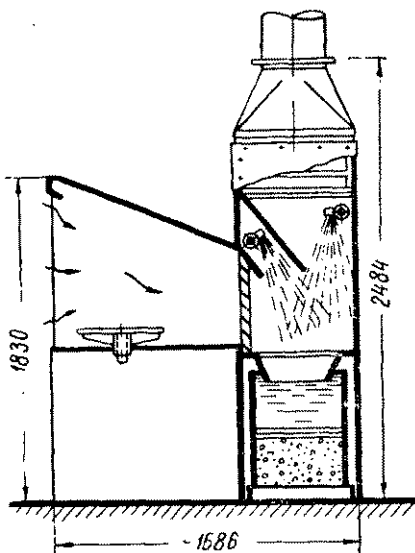


Рис. 59. Кабина с водяной промывкой типа МИОТ

проемы сушила. Скорость воздуха в проемах форкамер принимают 0,50—0,60 м/сек (уайт-спирит, скипидар) и 0,70—0,80 м/сек (ксилол).

Укрытие свободной части конвейера обычно устраивается с подвесными шторами, не доходящими до пола на 0,5 м. Ширина укрытия берется в зависимости от габарита окрашиваемых изделий. По противопожарным соображениям укрытие конвейера не примыкает к окрасочной камере и сушилу.

Объем воздуха, удаляемого из укрытия конвейера, принимается по норме 800—1200 м³/ч на 1 пог. м длины укрытия.

Подготовительные работы — шкурровка и шпаклевка чаще всего производятся вручную в укрытиях типа МИОТ или на столах с решетками и нижним отсосом. Столы с нижним отсосом не рекомендуются; укрытия более рациональны.

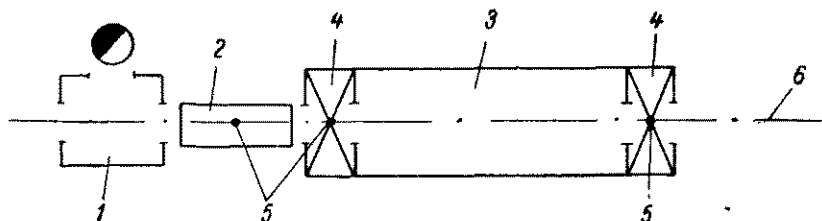


Рис. 60. Проходное сушило с форкамерами и укрытие конвейера
1—окрасочная камера; 2—укрытие конвейера; 3—проходное сушило; 4—форкамеры; 5—места отсоса воздуха; 6—конвейер

При ручной шкурровке выделяется незначительное количество пыли. Скорость в проемах следует принимать до 1,0 м/сек, учитывая энергичное движение рук рабочего в укрытии. Для столов с решетками и нижним отсосом объем отсасываемого воздуха определяется по скорости в габаритном сечении решетки, которую принимают равной 0,70—0,80 м/сек.

Количество пыли при шкурровке незначительно. Удаляемый из укрытий воздух можно выбрасывать наружу без фильтрации.

При крупногабаритных изделиях производить ручную шкурровку в укрытии невозможно. Ее выполняют непосредственно в помещении, однако на фиксированных рабочих местах, оборудованных местным (зональным) отсосом. В зависимости от конфигурации и размеров обрабатываемого изделия применяются щелевые отсосы и отсосы-воронки, а также всасывающие панели. Скорости засоса в живом сечении пылеприемника рекомендуются: для щелевых отсосов и всасывающих панелей 5,0—6,0 м/сек, для воронок 8,0—10,0 м/сек.

Кроме местной вытяжки, в малярных отделениях иногда проектируют общеобменную вентиляцию с удалением воздуха из верхней и нижней зон. Приточный воздух подается преиму-

щественно в рабочую зону рассеянно с малыми скоростями. Часть воздуха можно подать и в верхнюю зону, точнее — в среднюю, т. е. на высоте 2,5—3,0 м от пола. Для помещения шкуровки такая раздача воздуха предпочтительнее. Сосредоточенный приток для малярных отделений противопоказан.

Вытяжные системы малярных отделений должны выполняться взрывобезопасными. Приточные системы, если они расположены на одном уровне или ниже малярного отделения, могут быть в обычном исполнении. Приточный воздух, подаваемый в малярные отделения, желательно фильтровать.

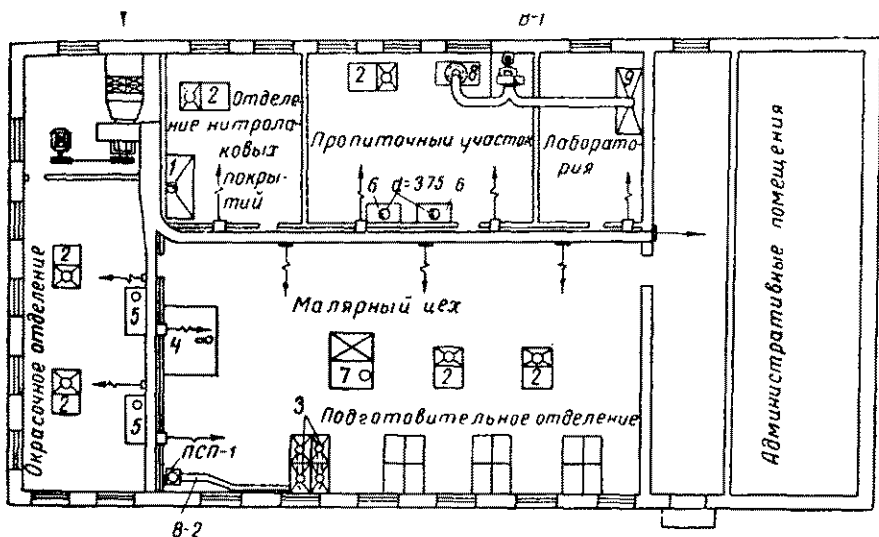


Рис. 61. Неудачное решение вентиляции малярного цеха

1—шкаф воздушной сушки; 2, 7—окрасочные кабины; 3—столы для шкуровочных работ; 4, 5, 6—сушильные камеры; 8—вакуум-приточный бак; 9—лабораторный вытяжной шкаф

Рассмотрим проект вентиляции небольшого малярного цеха, показанный на рис. 61 (план). Проект этот является примером неудачного вентиляционного решения.

Окрасочные кабины имеют встроенные вентиляторы, создающие шум в помещении. Это уже нехорошо. Кроме того, один из вытяжных вентиляторов, не связанных с кабинами, тоже установлен в рабочем помещении. Приточный воздух полностью подается в верхнюю зону воздуховодами с отверстиями. Верхняя зона в данном цехе грязная, так как нагретые пары из сушил поднимаются к перекрытию. Воздух следовало бы подать в рабочую зону равномерно (воздуховод с отверстиями обычно не дает равномерной раздачи).

Запыленный воздух от шкуровочных столов не выбрасывается наружу, а рециркулирует, что тоже нельзя признать рациональным. Сушильные камеры не имеют вытяжки, препятствующей выбиванию паров при раскрытых дверцах. Зонт над вакуум-пропиточным баком не мешает человеку вдыхать токсические пары при загрузке и разгрузке. В отделении нитролаковых покрытий не предусмотрен местный отсос (панель) от передвижной этажерки, на которой помещаются окрашенные изделия до подачи их в сушильный шкаф.

Указанные недостатки, а также ошибки в расчете воздухообмена, заставляют оценить данный проект как неудовлетворительный.

Серийная окраска крупных изделий не рассматривается, так как не применяется в малярных отделениях ремонтно-механических цехов.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПЛАВИЛЬНЫХ ЦЕХОВ

§ 29. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ЦЕХА

Основными профессиональными вредностями, сопутствующими технологическому процессу, являются конвективное и лучистое тепло, газы. Высокая температура в теплый период года сочетается с интенсивным лучистым теплом, доходящим на некоторых участках до $10 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ от нагретых поверхностей оборудования, раскаленного и расплавленного металла. Метеорологические условия в теплый период года ухудшаются сравнительно малой подвижностью воздуха. Низкая температура и повышенная подвижность воздуха (сквозняки) в холодный период года, особенно на нижних отметках плавильных цехов, создают все предпосылки к простудным заболеваниям рабочих. На некоторых участках плавильных цехов в холодный период года наблюдается даже туманообразование, что приводит к потере видимости и может служить причиной травматизма. Образование тумана происходит в результате смешивания расплавленного шлака с водой.

При составлении теплового баланса следует иметь в виду, что согласно СНиП II-Г. 7-62, температура наружной поверхности всех технологических агрегатов, находящихся в зоне обслуживания рабочими, не должна быть больше 45°C . Все расчеты по определению аэрации ведутся на теплый период (СНиП II-Г. 7-62, табл. 4) с обязательным учетом величины инсоляции.

При расчетах воздухообменов в плавильных цехах преобладающую роль играют избытки тепла от:

- нагретых поверхностей печей, конвертеров, газопроводов; остывающего металла;

- тепла, поступающего в цех вместе с газами, прорывающимися через неплотности печей;

- окон печей в момент их открывания;

- перехода электрической энергии в тепловую;

- инсоляции.

Часто проектировщики вентиляции пользуются готовыми данными о поступлениях тепла, полученными от технологов. Эти данные в каждом отдельном случае должны проверяться.

Тепловыделения от боковых стенок и сводов печей могут определяться по формулам (7, 8 и 9).

Если над печами имеются сплошные свисающие зонты, то тепловыделения в цех следует учитывать только от теплоизлучения с поверхности печей, не защищенных свесами (шторами) зонта (см. табл. 15). Тепловыделения от свода печи в этом случае не учитываются.

Тепло, излучаемое через рабочие отверстия печей, определяется по формуле:

$$Q = \varphi F_0 q_n \frac{n}{60} [\text{ккал/ч}], \quad (65)$$

где φ — коэффициент днафрагмирования. Может быть принят по графику (рис. 62);

F_0 — площадь открытого отверстия печи в м^2 ;

q_n — количество тепла, излучаемого через 1 м^2 отверстия печи, в $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$. Эту величину можно определить по формуле Стефана-Больцмана, приняв $C_{\text{пр}}$ равным $4,9 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$;

n — среднее за 1 час число минут, в течение которых отверстие открыто.

Вследствие давления в печи, составляющего обычно от 0,10 до $0,5 \text{ кг/м}^2$, из нее через разного рода неплотности выбиваются газы. Вместе с газами в цех поступает тепло.

Скорость, с которой газы выбиваются из печи, можно определить по формуле:

$$v = \sqrt{\frac{\Delta P \gamma}{\gamma}} [\text{м/сек}], \quad (66)$$

где γ — объемный вес выбивающихся газов, который, в свою очередь, можно найти по формуле

$$\gamma = \frac{347}{T} [\text{кг/м}^3]. \quad (67)$$

Определив скорость, с которой газы выбиваются из печи, можно найти их объем:

$$L = 3600 \alpha F_0 v \gamma \frac{n}{60} [\text{кг/ч}], \quad (68)$$

где α — коэффициент сужения струи, который может приниматься равным 0,6.

Зная количество поступающих из печи газов, нетрудно определить количество вносимого ими тепла:

$$Q = 0,24 L (t_n - t_{p.z}) [\text{ккал/ч}], \quad (69)$$

где $t_{п}$ — температура поступающих в цех газов в град С;
 $t_{р.з}$ — температура рабочей зоны.

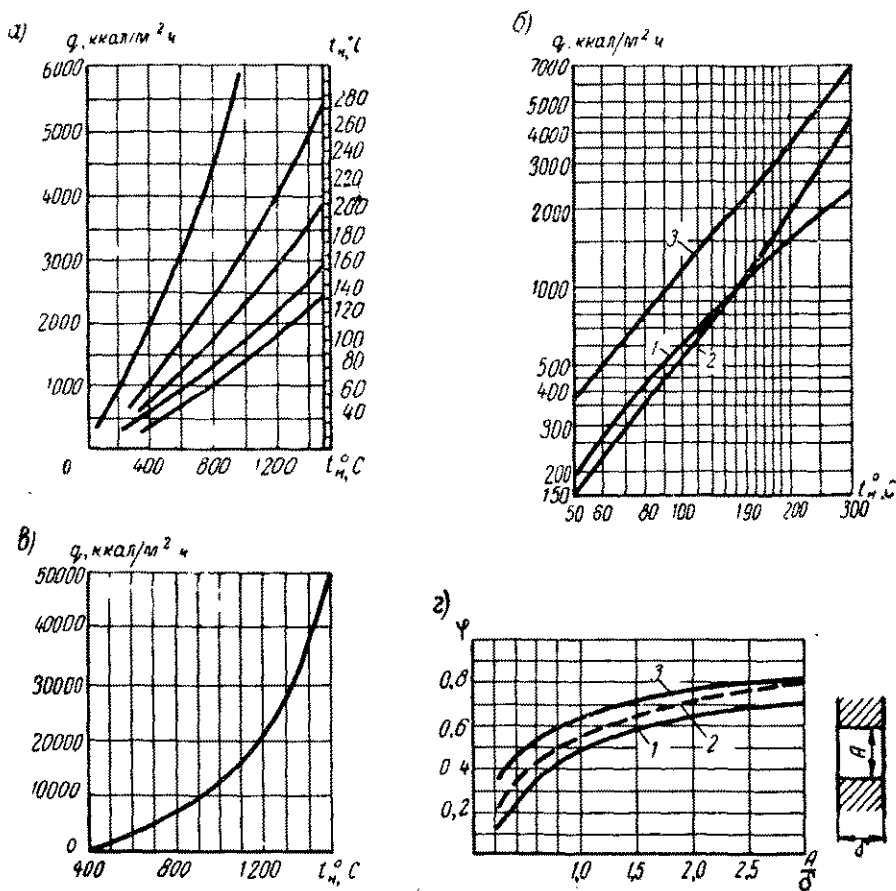


Рис. 62. Графики для определения поступления тепла от печей

а — тепло, передаваемое через стенку печи;
 б — тепло, отдаваемое поверхностью печи: 1 — конвекцией; 2 — лучеиспусканием;
 3 — суммарное поступление тепла;
 в — излучение из отверстия печи;
 г — коэффициент диафрагмирования; 1 — квадратное отверстие; 2 — круглое отверстие; 3 — щелевидное отверстие

Тепловыделения от остывающего металла, шлака, штейна, фанштейна определяются по формуле:

$$Q_{\text{ост}} = G_m b [c_{ж} (t_{п.ж} - t_{п.л}) + W + c_{п.л} t_{п.л} - c_{\text{кон}} t_{\text{кон}}] [\text{ккал/ч}], \quad (70)$$

где G_m — вес остывающего в помещении материала в кг/ч;

Количество тепла, выделяющегося от нагретых поверхностей температурах

(подсчитано по объединенной формуле Стефа)

Температура в помещении +30°				Температура в помеще- нии +25 °С			Температура в помеще- нии +20 °С		
Температура поверхности оборудования	Расположение и форма поверхностей нагрева			Расположение и форма поверхностей нагрева			Расположение и форма поверхностей нагрева		
	верти- кально	цилинд- р	горизон- тально	верти- кально	цилинд- р	горизон- тально	верти- кально	цилинд- р	горизон- тально
40	85	91	96	133	142	151	182	195	218
50	191	204	217	242	259	276	296	315	336
60	309	330	350	381	410	434	418	448	478
70	488	468	498	494	530	554	551	591	631
80	576	616	656	635	680	724	694	746	793
90	725	735	824	785	840	895	845	906	966
100	883	913	1003	944	1037	1076	1006	1078	1150
110	1050	1121	1193	1112	1188	1233	1175	1258	1339
120	1226	1309	1390	1291	1339	1467	1355	1449	1544
130	1414	1508	1602	1479	1580	1679	1544	1650	1758
140	1610	1717	1824	1676	1789	1900	1742	1861	1984
150	1817	1936	2057	1885	2010	2133	1952	2083	2212
160	2034	2166	2295	2142	2280	2416	2170	2315	2467
170	2262	2407	2548	2433	2583	2731	2400	2557	2712
180	2502	2650	2814	2672	2736	2897	2641	2812	2986
190	2652	2823	2991	2824	3000	3175	2894	3078	3260
200	3016	3200	3362	3087	3277	3465	3157	3354	3543
210	3290	3486	3676	3363	3567	3769	3435	3646	3858
220	3577	3790	4002	3650	3868	4083	3723	3948	4168
230	3878	4103	4324	3951	4183	4412	4025	4264	4492

b — коэффициент, учитывающий интенсивность выделения тепла по времени и зависящий от веса;

$c_{ж}$ и $c_{пл}$ — средние удельные теплоемкости материала в жидком и твердом состоянии в пределах рассматриваемых температур в $\text{ккал/кг} \cdot \text{град}$;

$c_{кон}$ — то же, от 0° до $t_{кон}$ в $\text{ккал/кг} \cdot \text{град}$;

$t_{нач}$ и $t_{кон}$ — температура металла или другого материала жидкого и в момент застывания в град С ;

$t_{пл}$ — температура плавления;

W — скрытая теплота плавления металла или другого материала.

В плавильных цехах обычно имеет место циклический технологический процесс, однако выпуск шлака происходит постоянно. Поэтому при расчетах тепловыделений на остывание металла необходимо вносить поправки. Расчеты по определению

технологического оборудования при различных внутренних
воздуха в цехах

на—Больцмана — Нуссельта в ккал/ч на 1 м²)

Температура в помеще- нии +15 °С			Температура в помеще- нии +10 °С			Температура в помеще- нии +5 °С		
Расположение и форма поверхностей нагрева			Расположение и форма поверхностей нагрева			Расположение и форма поверхностей нагрева		
верти- кально	цилиндр	горизон- тально	верти- кально	цилиндр	горизон- тально	верти- кально	цилиндр	горизон- тально
232	248	265	281	301	323	332	358	383
347	373	398	410	430	460	453	488	512
473	508	532	528	568	607	582	627	671
608	653	687	664	704	810	721	776	830
752	807	861	810	870	931	868	934	999
905	971	1036	964	1036	1108	1022	1098	1175
1066	1142	1219	1127	1210	1291	1288	1278	1364
1238	1927	1414	1300	1394	1489	1361	1452	1561
1418	1519	1617	1381	1587	1695	1643	1655	1767
1648	1761	1872	1672	1791	1911	1736	1861	1984
1808	1933	2056	1913	2044	2173	1937	2074	2210
2018	2155	2291	2083	2228	2369	2148	2299	2447
2237	2388	2536	2304	2461	2616	2370	2534	2695
2468	2632	2793	2536	2706	2874	2603	2780	2954
2711	2888	3062	2789	2972	3155	2856	3036	3223
2963	3154	3341	3032	3228	3417	3100	3304	3505
3228	3432	3633	3302	3513	3725	3366	3584	3808
3505	3723	3937	3575	3800	4021	3644	3876	4105
3794	4026	4255	3865	4105	4333	3935	4182	4424
4093	4339	4582	4168	4422	4658	4239	4499	4757

тепла, выделяемого остывающим металлом, чрезвычайно сложны и до сих пор не получили единой методики. В этом случае пользуются аналогами или данными наблюдений в действующих цехах аналогичных предприятий. Н. Н. Тетеревников рекомендует для отливок весом около 50 кг принимать отдачу за первый час 50% содержащегося в них тепла, за второй — 35% и остальное количество тепла — за последующие два часа.

В плавильных цехах тепловыделениями от перехода электрической энергии в тепловую можно пренебречь: большинство электродвигателей расположено на высших отметках цеха (электродвигатели мостовых кранов, троллейкар и т. п.), поэтому влиять на повышение температуры в рабочей зоне они не могут.

Можно пренебречь также тем теплом, которое исходит от людей, т. к. его количество будет лежать за пределами точности наших расчетов.

Расход тепла подсчитывается на основании следующих составляющих:

- а) теплопотери здания через наружные ограждения с учетом инфильтрации, а также облучение наружных ограждений производственными агрегатами и расплавленным металлом Q_1 ;
 - б) нагревание поступающих в цех материалов и транспорта Q_2 и Q_3 ;
 - в) охлаждение от врывающегося через двери и ворота наружного воздуха Q_4 ;
 - г) потери тепла с воздухом, удаляемым местными отсосами Q_5 ;
 - д) охлаждение воздуха от испарения воды, которое может быть определено по формуле Q_6 ;
- $$Q_6 = 595 G_{\text{п}}. \quad (71)$$

При расчете теплопотерь через наружные ограждения для составления теплового баланса, особенно в переходный и холодный периоды года, следует иметь в виду, что температура внутренних поверхностей $t_{\text{отр}}$, стен и кровли может быть выше, чем в обычных помещениях, за счет лучистых тепловыделений, расположенных вблизи печей, газоходов и т. п. Это обстоятельство повышает величину теплопотерь на 25—30% для стен и до 20% для кровли. Поэтому теплопотери для помещений с выделением лучистого тепла следует определять по формуле:

$$Q_1 = Fk \frac{(t_{\text{отр}} - t_{\text{н}})}{1 - 0,133k} \text{ [ккал/ч]}, \quad (72)$$

где k — коэффициент теплопередачи ограждения;
 F — поверхность наружного ограждения;
 $t_{\text{н}}$ — наружная температура.

Материалы поступают в цех периодически, и необходимое для их нагревания тепло следует определять по формуле:

$$Q_2 = Gc (t_{\text{кон}} - t_{\text{нар}}) \text{ [ккал/ч]}, \quad (73)$$

где G — вес одновременно поступающего материала в кг;
 c — теплоемкость материала в ккал/кг·град;
 $t_{\text{кон}}$ — конечная температура, до которой материал нагревается в течение первого часа пребывания в цехе в °C;
 $t_{\text{нар}}$ — температура, с которой материал поступает в цех, в °C.

Тепло, затрачиваемое на нагревание транспортных средств, определяется по формуле:

$$Q_3 = \alpha F (t_{\text{р.э}} - t_{\text{нар}}) \beta \text{ [ккал/ч]}, \quad (74)$$

где α — коэффициент тепловосприятия наружных поверхностей транспортных средств. Может приниматься равным 10 ккал/м²·ч·град;

F — общая поверхность транспортных средств в м^2 ;
 $t_{p,з}$ — температура воздуха в рабочей зоне цеха в $^{\circ}\text{C}$;
 $t_{нар}$ — температура, с которой транспортные средства поступают в цех, в $^{\circ}\text{C}$;
 β — коэффициент, меньший единицы, зависящий от времени нахождения транспортных средств в цехе, их массивности и материалов, из которых они изготовлены.

Тепло, которое требуется для нагревания врывающегося через двери и ворота наружного воздуха, определяется по формуле:

$$Q_4 = 0,24L(t_{p,з} - t_{нар}) \text{ [ккал/ч]}, \quad (75)$$

где L — количество врывающегося воздуха в кг/ч , определяемое по формулам или данным для расчета воздушных завес.

Тепло, удаляемое с воздухом местными отсосами, определяется по формуле:

$$Q_5 = 0,24L(t_{отс} - t_{p,з}) \text{ [ккал/ч]}, \quad (76)$$

где L — количество смеси воздуха и удаляемых местными отсосами газов в кг/ч ;

$t_{отс}$ — температура этой смеси, которая при вытяжке газов через зонты обычно находится в пределах $70\text{—}150^{\circ}\text{C}$.

Так как отсосы не всегда работают идеально, при проектировании обычно принимают, что в цех, минуя зонт, прорывается от 10 до 30% газов.

Избыточное тепло для расчета аэрации должно составлять

$$Q_{изб} = \Sigma Q_{т,выд} - \Sigma Q_{т,исп}. \quad (77)$$

В некоторых случаях отдельные статьи приведенного примерного теплового баланса могут отсутствовать. При составлении теплового баланса для холодного периода года поступление тепла от солнечной радиации не учитывается, а для теплого периода не учитывается расход тепла на нагревание транспортных средств и материалов, поступающих в цех.

По данным обследования целого ряда горячих цехов установлено, что там, где хорошо организована аэрация, перепад температур $t_{yx} - t_n$ не превышает 10°C . В цехах, в которых аэрация организована плохо, этот перепад бывает не менее 14°C . С. Е. Бутаков рекомендует до получения более точных данных для летнего времени принимать температурный перепад $t_{yx} - t_n$ порядка $10\text{—}12^{\circ}\text{C}$. При этом будет выдерживаться требуемый санитарными нормами перепад температур $t_{p,з} - t_n$ не выше 5°C , за исключением мест непосредственно у источников выделения тепла, которые должны быть либо обеспечены теплозащитой, либо оборудованы воздушными душами.

Добиться снижения концентраций сернистого ангидрида или других газов до допустимых норм без мероприятий технологического порядка нельзя.

К числу таких мероприятий надо отнести;

— плавку с соответственно подготовленной газопроницаемой шихтой, при которой возможно осуществление нормальной эвакуации газов из печей рудной плавки;

— капсуляцию таких мощных «поставщиков» сернистого газа, какими являются конвертеры, а также ковши и желоба;

— замену тяжелого труда фурмовщиков механическим;

— механизацию загрузки шихты, устройство дистанционного управления механизмами загрузки;

— механизацию открывания и закрывания шпуровых отверстий;

— обеспечение конвертеров герметическими напыльниками и автоматически управляемыми шиберами, закрывающими газопровод при повороте конвертеров;

— герметизацию электропечей, устройство в своде печи отверстий для пропуска электродов и загрузочных отверстий с уплотнением;

— обеспечение колошников шахтных печей экранами с естественным удалением воздуха из них или водоохлаждением. В последнем случае колошник шахтной печи должен быть из стальных листов с циркуляцией воды между ними.

Примером может служить плавильный цех завода «Реншер» в Швеции, в котором в основном выполнены перечисленные выше мероприятия. В этом цехе почти полностью предотвращено поступление газов от всех технологических агрегатов и преобладающей вредностью является избыточное тепло. Борьба с ним, а также с теми весьма незначительными объемами газа, который случайно может поступить в воздушную среду цеха, ведется с помощью крышных реверсивных вентиляторов по схеме «сверху — вниз», а не «снизу — вверх», как это принято у нас. Для подогрева воздуха, подаваемого крышными вентиляторами, на заводе «Реншер» имеются огневые калориферы, работающие на мазуте, но (по словам администрации цеха) эти калориферы не эксплуатируются.

Основная масса воздуха подается крышными вентиляторами в конвертерный и печной пролеты цеха, а удаление его происходит через остывочный пролет, в котором отсутствуют люди. Таким образом, происходит как бы перетекание приточного воздуха, насыщенного до какой-то степени газами.

В результате такого способа вентиляции, а также осуществления мер технологического порядка, уменьшающих в значительной степени поступление газов в цех, воздушная среда по-

следнего отвечает всем санитарно-гигиеническим требованиям.

Весьма важным фактором при осуществлении подобного способа вентиляции является то обстоятельство, что при этом происходит организованное поступление воздуха и исключается неорганизованное — через ворота цеха и прочие проемы, а это предотвращает сквозняки и простудные заболевания.

При подаче воздуха по схеме «сверху — вниз» с помощью осевых реверсивных вентиляторов отпадает необходимость в устройстве незадуваемых фонарей или шахт.

Вопрос о целесообразности той или иной схемы вентиляции дебатировался профессором С. Е. Бутаковым, Л. А. Глушковым и другими. Нам представляется, что в условиях Севера или Урала с обильными снегопадами вентиляция по схеме «сверху — вниз» себя оправдывает: рабочие, занятые уборкой снега, скапливающегося между отбойными щитами и фонарями, избавлены от необходимости дышать газом, который поступает через фонари при вентиляции по схеме «снизу — вверх». Возражение против такого способа подачи воздуха может подкрепляться доводом о перерасходе энергии, затрачиваемой на приведение в действие крышных осевых вентиляторов. Однако этот перерасход в какой-то степени компенсируется сокращением расходов на очистку фонарей и крыш от снега.

При наличии крышных осевых реверсивных вентиляторов режим вентиляции может устанавливаться в зависимости от времени года: либо «сверху — вниз», либо «снизу — вверх». Аэрация делается управляемой, так как при работе крышных осевых реверсивных вентиляторов на вытяжку обеспечивается поступление свежего наружного воздуха при любых атмосферных условиях и в любых количествах в соответствии с расчетом. Это очень важное обстоятельство, так как в условиях Севера при наличии туманов и полном безветрии аэрация под действием гравитационных сил малоэффективна, что подтверждается опытом эксплуатации не только никелевых, но и алюминиевых заводов.

Трудности при проектировании вентиляции плавильных цехов с механическим побуждением возникают в связи с тем, что отечественная промышленность до сих пор не выпускает крышных осевых реверсивных вентиляторов большой производительности. Однако эта трудность сейчас в известной степени преодолена. Научно-исследовательским институтом санитарной техники разработаны рабочие чертежи такого вентилятора производительностью $100\,000\text{ м}^3/\text{ч}$ на одной оси с электродвигателем (рис. 63). Опытный экземпляр этого вентилятора изготовляется на экспериментальном заводе института Гипроникель.

В настоящее время Ленинградским инженерно-строительным институтом по заданию института Гипроникель производится моделирование аэрации двух крупных плавильных цехов

цветной металлургии. Эта работа выполняется с целью определения результатов вентиляции по принципу «сверху—вниз».

Ниже приводим высказывание профессора С. Е. Бутакова о вентиляции по способу «сверху—вниз», заимствованное из его книги «Основы вентиляции горячих цехов»: «При шахтах достаточной высоты (до 10 м) приток аэрационного воздуха в цех в зимнее время может быть организован сверху—вниз, через расположенные на перекрытии цеха приточные фонари, которые

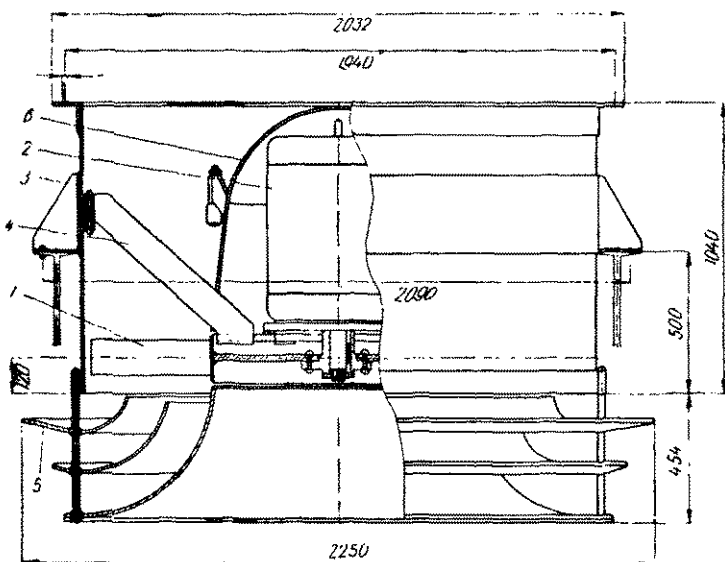


Рис. 63. Крышный осевой реверсивный вентилятор типа ПР-1 № 18 производительностью $100\,000\text{ м}^3/\text{ч}$; напор 34 кг/м^2 ; число оборотов 735 об/мин ; потребляемая мощность $18,7\text{ кВт}$, угол установки лопаток 20° , к. п. д. — $0,5$

1—крыльчатка; 2—электродвигатель; 3—обечайка; 4—кронштейны; 5—воздухораспределитель; 6—обтекатель-колпак над электродвигателем

одновременно могут быть использованы и в качестве световых. При таком решении поступающий через фонари наружный воздух прежде чем опуститься в рабочую зону будет подогреваться за счет имеющихся в цехе тепловыделений. Само собой разумеется, что в этом случае необходимо особо позаботиться об эффективно действующих местных отсосах, удаляющих вредные выделения непосредственно от их источников. При устройстве эффективных местных отсосов и вытяжных шахт высотой до 10 м и при организации притока зимой через фонари над перекрытием, а летом — еще и через боковые световые проемы и ворота общее состояние атмосферы в горячих цехах может быть резко улучшено».

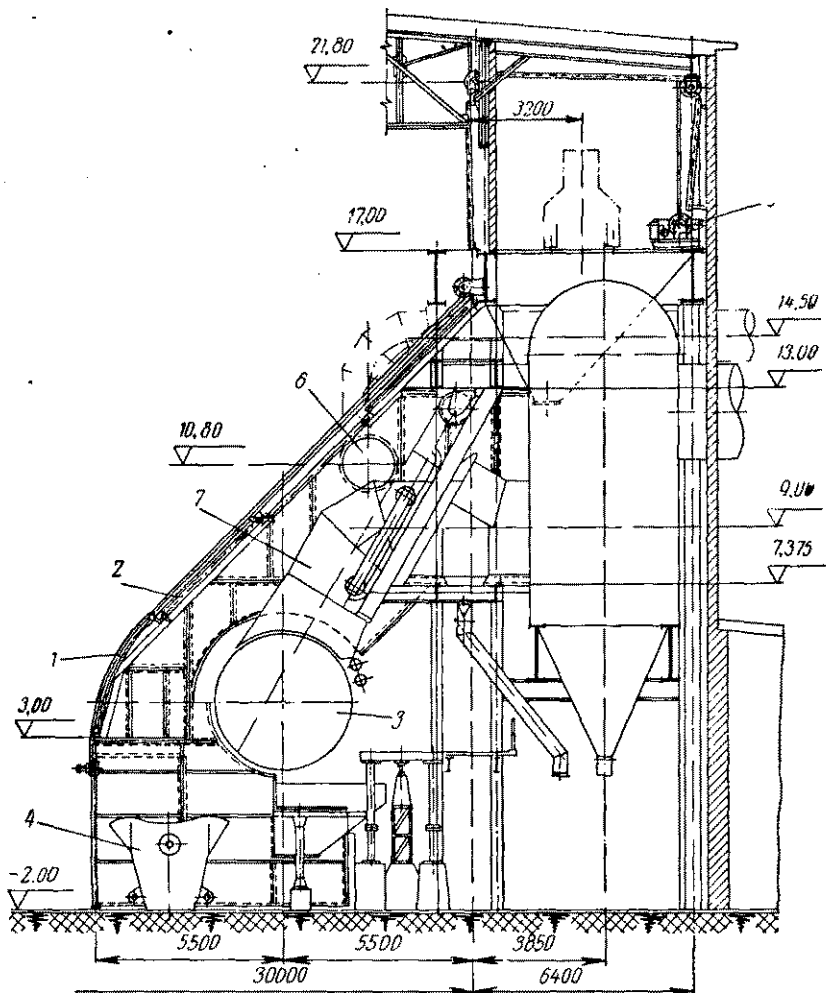


Рис. 64. Укрытие конвертера

1—крытие; 2—подъемная штора; 3—конвертер; 4—ковш, 5—редуктор для подъема шторы; 6—отверстие для присоединения укрытия к вытяжному воздуховоду; 7—напыльник

Необходимым и обязательным условием является также капсулирование конвертера вместе с ковшом для слива фэйштейна. До сих пор такое капсулирование не применялось, чем в значительной степени объясняется поступление в цех больших количеств газов.

Металлургическим отделом института Гипроникель разработаны укрытия конвертеров (рис. 64). Как видно из этого рисунка, укрытие достаточно емкое, и в нем же устанавливается ковш, в который сливается фэйштейн. Замена ручного труда фурмовщиков механическим позволит сделать укрытия конвертеров еще более герметичными, а это даст возможность, в свою очередь, снизить объем воздуха, удаляемого из укрытия. При ручной фурмовке объем воздуха, извлекаемого из такого укрытия, составляет около $50\,000\text{ м}^3/\text{ч}$. Он определен из расчета создания скорости движения воздуха в проемах и щелях укрытия не менее 2 м/сек .

В ближайшее время, очевидно, фурмовка будет производиться механически, так как машины для фурмовки конструкции Ново-Краматорского машиностроительного завода уже проходят испытания.

При надежной капсуляции агрегатов и очагов газовыделений поступление газов в цех сводится к минимуму. Одновременно решается и задача борьбы с избытками тепла, в особенности лучистого, так как каждое укрытие представляет собой экран.

Сделаем ориентировочный расчет поступлений тепла от укрытия конвертера с ковшом. В расчете принят типовой конвертер емкостью 80 т, длина конвертера 10 м, диаметр — 4,2 м, футеровка 460 мм, внутренняя температура в конвертере 1300°C . Напыльник в пределах укрытия диаметром 3 м при длине 10 м, футеровка — 230 мм. Средняя температура газов в напыльнике принята 800°C . По графику (рис. 62) находим, что температура наружной поверхности конвертера будет около 165°C , а количество тепла, поступающее с 1 м^2 , составляет $2200\text{ ккал/м}^2\cdot\text{ч}$. По графику видно, что на долю лучистого тепла приходится 50% всего тепла и столько же на тепло конвективное. Расчет приводится ориентировочный, проверка теплоступлений по формуле Нуссельта — Стефана — Больцмана не производится. Наружная поверхность конвертера составляет:

$$\frac{3,14 \cdot 4,2^2}{4} \cdot 2 + 3,14 \cdot 4,2 \cdot 10 = 158\text{ м}^2.$$

Теплоступление от напыльника, по тем же графикам, составляет $2400\text{ ккал/м}^2\cdot\text{ч}$, из них на долю конвективного тепла приходится $1200\text{ ккал/м}^2\cdot\text{ч}$.

Наружная поверхность напыльника — $94,2\text{ м}^2$. Таким обра-

зом, суммарные теплопоступления под укрытие конвертера за счет конвективного тепла составляют:

$$158 \cdot 1100 + 94,2 \cdot 1200 \approx 290\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Все конвективное тепло будет воспринято проходящим через укрытие воздухом, т. к. вытяжное отверстие, как это видно из рис. 64, находится в верхней части укрытия.

Поступающий в него воздух с температурой $+15^\circ\text{C}$ покинет укрытие с температурой

$$\frac{290\,000}{50\,000 \cdot 1,2 \cdot 0,24} + 15 = 35^\circ\text{C.}$$

Учесть долю лучистого тепла, влияющего на повышение температуры стенок ограждения конвертера, теоретически трудно, и здесь приходится это повышение принимать по аналогии с подобными укрытиями для ковшей.

Приняв среднюю температуру наружной поверхности укрытия конвертера равной 45°C , нетрудно подсчитать количество тепла, которое будет поступать в цех:

а) конвекцией

$$\alpha_k = 2,2 \sqrt[4]{45 - 15} = 5,17 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град};$$

$$q_k = 5,17 (45 - 15) = 155 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч.}$$

б) лучеиспусканием

$$q_a = 4,6 \left[\left(\frac{273 + 45}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + 15}{100} \right)^4 \right] = 60 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч.}$$

Общее количество тепла, поступающего с 1 м^2 укрытия, составляет:

$$155 + 60 = 215 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч.}$$

При площади одного укрытия, равной 480 м^2 , тепловыделения составят:

$$215 \cdot 480 = 103\,000 \text{ ккал/ч.}$$

От открытого конвертера и напыльника тепловыделения конвекцией, по натурным обследованиям, составляют $290\,000 \text{ ккал/ч}$, лучеиспусканием — $290\,000 \text{ ккал/ч}$, а суммарно — $580\,000 \text{ ккал/ч}$.

При укрытом конвертере тепловыделения снижаются весьма значительно, почти полностью исключается возможность поступления газов. Последнее может иметь место в момент заливки штейна в конвертер при поднятой шторе, когда скорость конвекционного потока над горловиной конвертера будет превышать скорость входа воздуха в открытое отверстие шторы, т. е. будет более 2 м/сек .

Из приведенного примера видно, что при проектировании вентиляционных устройств в первую очередь необходимо проду-

мать конструкцию и спроектировать укрытия над местами газовой выделений, желобами, ковшами, шпуровыми отверстиями и конвертерами. Эти укрытия должны быть достаточно удобными в обслуживании, не требовать применения ручной силы при открывании или поворотах и обеспечивать легкий доступ к той

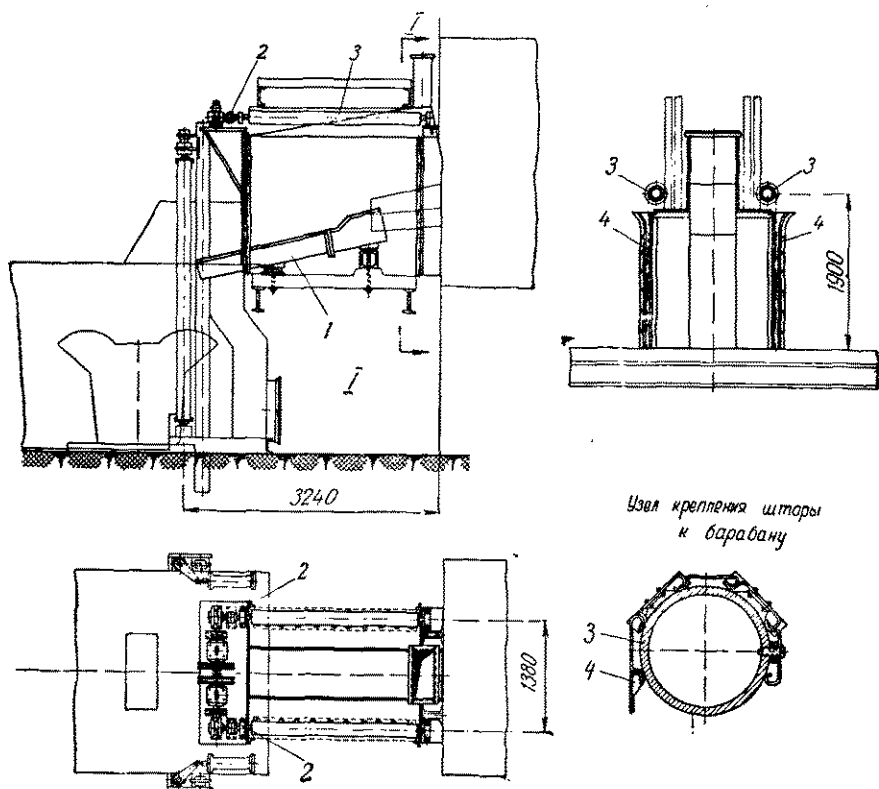


Рис. 65. Шторное укрытие желоба
1—желоб; 2—электродвигатель с редуктором; 3—барабан; 4—штора

части технологического оборудования, которую они капсулируют.

На рис. 65 приведено шторное укрытие желоба. Это укрытие выполненное на одном из заводов цветной металлургии, показало высокую эффективность в сочетании с удобствами обслуживания желобов. Штора укрытия состоит из отдельных звеньев, наматываемых на трубу, приводимую во вращательное движение через редуктор. Пуск дистанционный. Удобство укрытия заключается в том, что во время выпуска расплава одна из штор может быть опущена полностью, а вторая — поднята на

высоту, достаточную для наблюдения за желобом. При ремонте желоба или его смене обе шторы поднимаются, обеспечивая свободный доступ к желобу. Объем воздуха, отсасываемого из укрытия, составляет от 25 000 до 40 000 м³/ч в зависимости от длины шторного укрытия, а также величины прозоров, через ко-

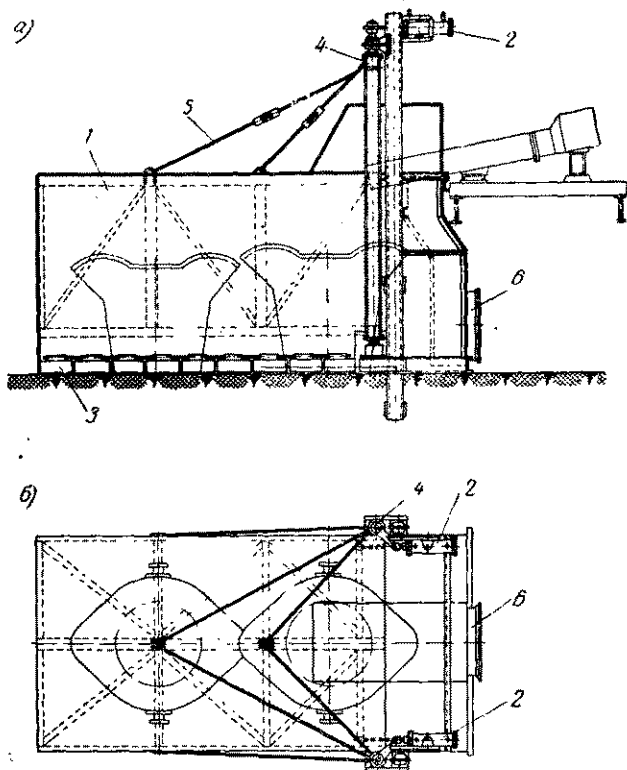


Рис. 66. Раздвижное укрытие над ковшами
 а—общий вид; б—вид сверху; 1—укрытие; 2—пневматический привод; 3—шторы; 4—поворотная ось; 5—тяги; 6—воздуховод для отсоса воздуха

торые будет поступать воздух из цеха. На основании практики эксплуатации подобных укрытий можно принимать скорость движения воздуха в прозорах укрытия около 2 м/сек.

На рис. 66 приведено раздвижное укрытие над ковшами. Оно продолжительное время находится в эксплуатации и хорошо зарекомендовало себя. Это укрытие состоит из двух отдельных секций (половинок), каждая из которых с помощью тяг подвешена к поворачивающейся вертикальной оси, приводимой в движение с помощью пневматического привода с дистанцион-

ным управлением. В момент установки ковшей на место укрытие раздвигается, а после установки — сдвигается. Для уменьшения зазоров между полом цеха и укрытием на последнем подвешены шторы.

В некоторых случаях, когда устройство стационарно раскрывающихся или иного типа укрытий над ковшами выполнить не представляется возможным, можно рекомендовать применение накатных зонтов. Описание такого зонта приведено в главе второй. Такая установка в плавильном цехе № 1 б. Подольского оловянного завода показала высокую эффективность, обеспечивая полное удаление газов в момент выпуска шлака из печи.

Эффективным способом улавливания газов, образующихся у желобов, является применение бортовых отсосов. Опыт эксплуатации таких отсосов показал их высокую эффективность. Так, бортовые отсосы, установленные у желобов электропечей Новосибирского оловянного завода, полностью улавливали образующиеся газы. Бортовые отсосы необходимо размещать над желобами на высоте не менее 100 мм во избежание попадания в них расплавленного шлака или металла и образования настилов. Для облегчения смены желобов или их футеровки бортовые отсосы следует проектировать откидными, высоту щели бортового отсоса рекомендуется принимать равной 80—100 мм. Скорость воздуха, входящего в бортовой отсос, принимается в зависимости от ширины желоба. При ширине последнего, равной 500 мм, эту скорость рекомендуется принимать порядка 13—14 м/сек, а при ширине желоба 700 мм — 18—20 м/сек.

Для ориентировочных расчетов можно принимать объем воздуха, отсасываемого с 1 пог. м. желоба шириной 500 мм, около 8000 м³/ч, а при ширине желоба 700 мм — 12 000—14 000 м³/ч. Эти цифры получены при регулировке и наладке выполненных в натуре систем и отвечают случаю почти полного захвата выделяющихся газов.

При выпуске шлака или другого вида расплава в прудки, имеющие размеры в плане 1500×3000 мм, хорошие результаты по улавливанию газов могут быть получены при применении бортовых отсосов в сочетании со сдувками. Такая установка, спроектированная и смонтированная впервые на Новосибирском оловянном заводе, показана на рис. 67. Установка эксплуатировалась в течение ряда лет и показала высокую эффективность, обеспечивая почти полный захват газов.

Применение сдувок с отсосами может найти место и в случае выпуска шлака или расплава в ковши, если они устанавливаются в специальном приямке. Такая установка (рис. 68) дает полную свободу действиям крана и в то же время обеспечивает воздушную среду цеха от загрязнения. Не исключается возможность применения подобных установок и в других отраслях промышленности.

В некоторых случаях над шпуровыми отверстиями приходится устанавливать зонты (рис. 69).

При проектировании таких зонтов надо иметь в виду, что:

- размеры входного отверстия зонта должны быть такими, чтобы удалять выбивающиеся из печи газы с учетом искривления газового потока под действием гравитационных сил;

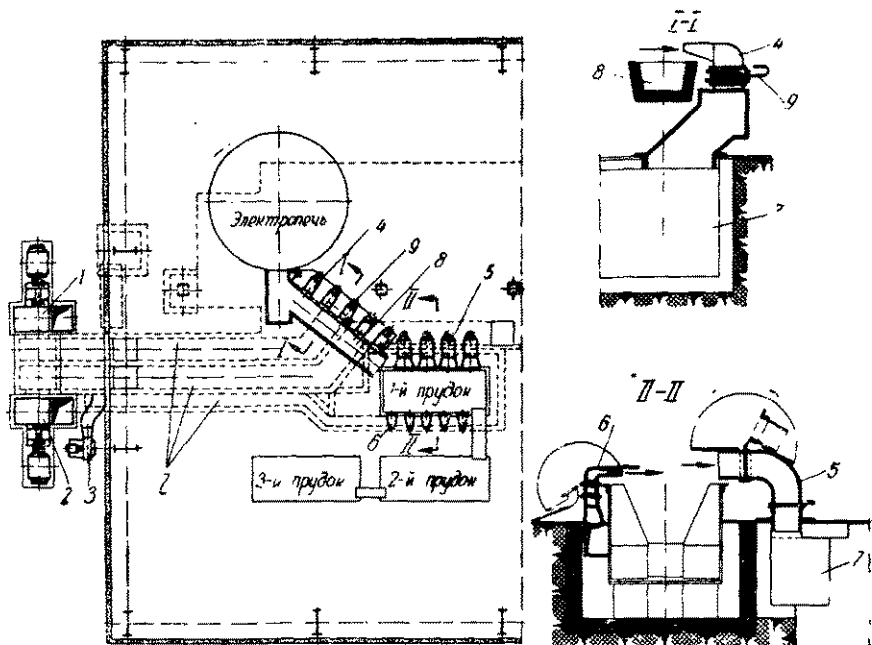


Рис. 67. Бортовой отсос со сдувкой у электропечи для выпуска расплава в прудки

1—вентилятор, обслуживающий бортовые отсосы у желобов; 2—вентилятор, обслуживающий бортовые отсосы у прудка; 3—вентилятор сдувки; 4—бортовой отсос у желоба; 5—бортовой отсос у прудка; 6—сдувка; 7—подпольные каналы; 8—желоб; 9—шибер

- объем воздуха и газов (смесь) должен определяться по объему выбивающихся газов и подтекающей к зонту струи окружающего воздуха;

- для создания равномерной скорости по всему входному сечению зонта следует проектировать зонты с таким расчетом, чтобы центральный угол раскрытия не превышал 60° ;

- зонт-козырек должен снабжаться боковыми свесами (стенками).

Применение зонтов с активной щелью в данном случае не может быть рекомендовано.

Вследствие того, что выбивание газов из печи происходит

Здесь T_n — абсолютная температура выбивающихся из печи газов:

$$T_n = 273 + 1200 = 1473^\circ\text{C};$$

$T_{\text{пом}}$ — абсолютная температура окружающего воздуха:

$$T_{\text{пом}} = 273 + 27 = 300^\circ\text{C};$$

α — коэффициент турбулентной структуры; для струи, выходящей из окна печи, его можно принять равным 0,1.

Тогда критерий Архимеда

$$A_2 = \frac{9,81 \cdot 0,4 \cdot (1473 - 300)}{3,8^2 \cdot 300} = 1,06;$$

$$\bar{y} = \frac{0,375}{0,4} = 0,935;$$

$$\bar{x} = \sqrt[5]{\frac{0,935^2}{0,81 \cdot 1,06 \cdot 0,1}} = 1,58.$$

В абсолютных единицах расстояние между осью струи и стенкой печи

$$x = 1,58 \cdot 0,4 = 0,63 \text{ м.}$$

Минимально необходимый вылет зонта

$$l_1 = x + \frac{b}{2} [\text{м}],$$

где b — ширина потока газов при входе в зонт, определяемая из выражения для плоской струи:

$$b = b_1 \left(4,8 \frac{ax}{b_1} + 1 \right) [\text{м}];$$

в данном случае величина b_1 может быть принята равной высоте проема, т. е. 0,25 м.

$$b = 0,25 \cdot \left(4,8 \cdot \frac{0,61 \cdot 0,63}{0,25} + 1 \right) \approx 0,55 \text{ м};$$

$$l_1 = 0,63 + \frac{0,55}{2} \approx 0,90.$$

Объем горячих газов, поступающих из окна печи, составляет

$$L = 1 \cdot 0,25 \cdot 3600 \cdot 3,8 = 3400 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

При температуре $+1200^\circ\text{C}$ вес газа будет:

$$G_0 = 3400 \cdot 0,239 = 815 \text{ кг/ч.}$$

Для того чтобы избежать перегрева зонта, необходимо понизить температуру газов до 350°C , подсасывая воздух из помещения с температурой $+27^\circ\text{C}$.

Температура смеси:

$$350 + \frac{1200G_0 + 27G_n}{G_0 + G_n}.$$

Отсюда вес подмешиваемого воздуха

$$G_n = 815 \frac{1200 - 350}{1200 - 27} = 630 \text{ кг ч.}$$

Необходимая производительность зонта должна быть не менее

$$815 + 630 = 1445 \text{ кг/ч}$$

или

$$\frac{1445}{0,567} = 2550 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

При применении воздушной завесы размер вылета зонта значительно сокращается, что видно из следующего примера. Возьмем расчетные данные, аналогичные предыдущему примеру. Давление воздуха в коллекторе, подводящем воздух к воздушной завесе, принимаем 150 кг/м^2 .

По формуле

$$d = 1,14 \sqrt{\frac{F}{n} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta p_2}} \quad (79)$$

определяем диаметр отверстий в коллекторе, предварительно задавшись количеством их. Предполагая делать отверстия в коллекторе на расстоянии 40 мм друг от друга, получим число их 25, т. к. длина окна, согласно условию, равна 1 м.

$$d = 1,14 \sqrt{\frac{0,25}{25} \cdot \frac{0,2}{150}} \approx 0,006.$$

Принимаем диаметр отверстий 6 мм.

Расчетный расход воздуха завесы на 1 м длины коллектора при объемном весе 1,18 и потерях через неплотности воздухопровода 12% будет

$$L = 10\,000 \cdot 25 \cdot 0,06 \sqrt{150} = 110 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Эти же величины можно было бы получить с достаточной для практических целей точностью из табл. 16.

Необходимый вылет зонта

$$l'_1 = 0,25 \left(4,8 \frac{0,1 \cdot 0,375}{0,25} + 1 \right) = 0,43 \text{ м},$$

в то время как тот же вылет без воздушной завесы, согласно предыдущему примеру, 0,9 м. Отсюда видно, что применение воздушной завесы у зонтов-козырьков почти в два раза уменьшает размеры их вылета.

Размеры и производительность воздушных завес

Высота проема печи в м	Диаметр от- верстий кол- лектора в мм	Давление в коллекторе в кг/м²	Число от- верстий на 1 м	Длина коллектора в м		
				1	2	3
				Требуемый внутренний диаметр коллектора в мм		
				65	95	100
				Производительность коллектора в м³/ч при $\gamma=1,18$		
0,25	6	150	25	120	240	360
0,5	8	150	20	175	350	520
0,75	10	150	18	250	500	750

Объем смеси газов и воздуха, удаляемых через этот зонт, в обоих случаях должен быть одинаковым.

Рассмотренные нами примеры локализации газовыделений непосредственно в местах их образования охватывают почти все возможные случаи для плавильных цехов.

Наиболее сложным является вопрос удаления газов от электропечей рудной плавки. Даже при самой тщательной герметизации мест пропускания электродов через свод печи некоторое количество газов будет выбиваться в цех. Значительный эффект может быть получен при устройстве у таких печей на площадке загрузки емкого зонта в виде свесов (штор) по периметру печи. Такое устройство выполнено на комбинате Североникель и работает достаточно эффективно.

Объем воздуха, извлекаемого из такого укрытия, может быть определен из условия создания скорости движения воздуха в свободном сечении между полом и нижней кромкой свеса, равной 1 м/сек. Следует считать, что штора может не доходить до пола площадки на 1 м. Обычно этот объем для 6-электродной печи рудной плавки мощностью 33 000 ква составляет от 200 000 до 300 000 м³/ч. В качестве побудителей тяги в данном случае могут быть использованы осевые крышные вентиляторы производительностью по 100 000 м³/ч или вентиляторы типа 1 ВГ-47 производительностью 468 000 м³/ч.

Схематически установка шторы на шестиэлектродной электропечи рудной плавки с вентилятором типа 1 ВГ-47 показана на рис. 70, представляющем собой поперечный разрез плавильного цеха. На рис. 71 показан поперечный разрез плавильного цеха комбината Печенганикель со шторным укрытием электропечи и с вытяжкой из него, осуществляемой двумя реверсивными вентиляторами типа ПР-1 № 18 производительностью каждый по 100 000 м³/ч. На этом же рисунке показана

установка вентиляторов того же типа на кровле цеха. Они служат для подачи воздуха, осуществляя принцип вентиляции «оверху — вниз». Те же вентиляторы, установленные над остывочным пролетом, служат для извлечения воздуха, осуществляя

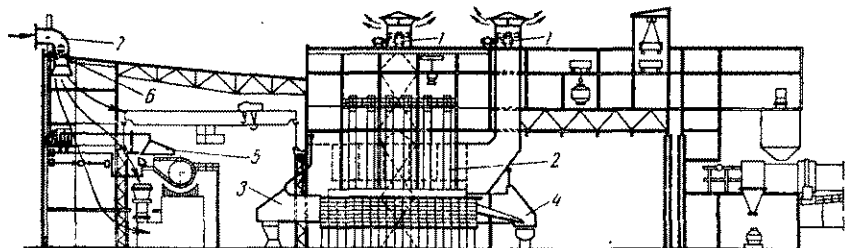


Рис. 70. Схематический поперечный разрез плавильного цеха

1—осевой вентилятор 1ВГ-47; 2—шторное укрытие у электропечи; 3—укрытие над желобом; 4—укрытие над выпуском шлака; 5—укрытие у миксера; 6—воздуховод; 7—осевой реверсивный вентилятор типа ПР-1 № 18

тем самым «переток» его из разливочного отделения в остывочное. Расстановка вентиляторов в плане видна на рис. 72. Там же показано укрытие над конвертерами.

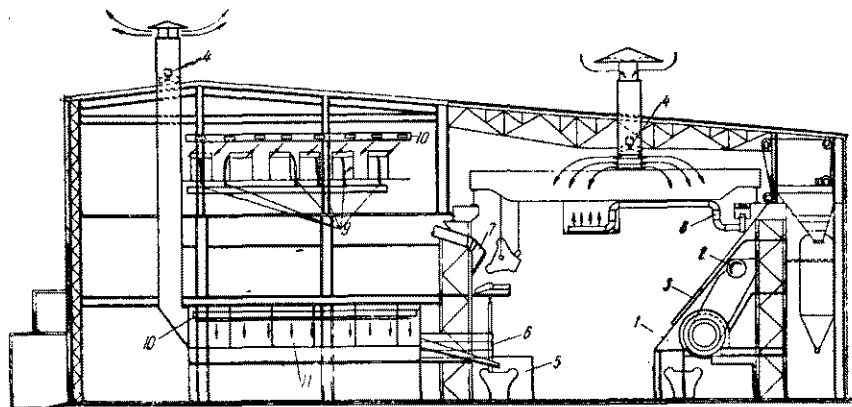


Рис. 71. Схематический поперечный разрез плавильного цеха комбината «Печенганикель»

1—укрытие конвертера; 2—вытяжные каналы из укрытия конвертера; 3—подъемная штора; 4—вентилятор ПР-1 № 18; 5—укрытие над ковшами; 6—укрытие над желобом; 7—панель равномерного всасывания у ложки; 8—воздухо-распределительный короб подачи воздуха в кабину крана; 9—отсосы от мест набивки электродов; 10—приточные каналы; 11—укрытия печи

Объемы вентиляции, определенные как для растворения газов, так и для ассимиляции теплоизбытков, обычно оказываются для летнего времени большими по ассимиляции теплоизбытков. Однако для зимнего периода превалирующими оказываются объемы воздуха, рассчитанные на борьбу с газовыделениями.

При расчетной наружной температуре для зимнего периода на нижних отметках разливочного пролета температура воздуха будет близка к 0°C , что допустимо по действующим нормам. При расчетах принималось, что 1,5—2% от общего количества газовыделений может поступать в цех. Остальное количество будет поступать под укрытия конвертеров, ковшей, желобов, а из них — эвакуироваться в газоходы и далее в общую дымовую трубу.

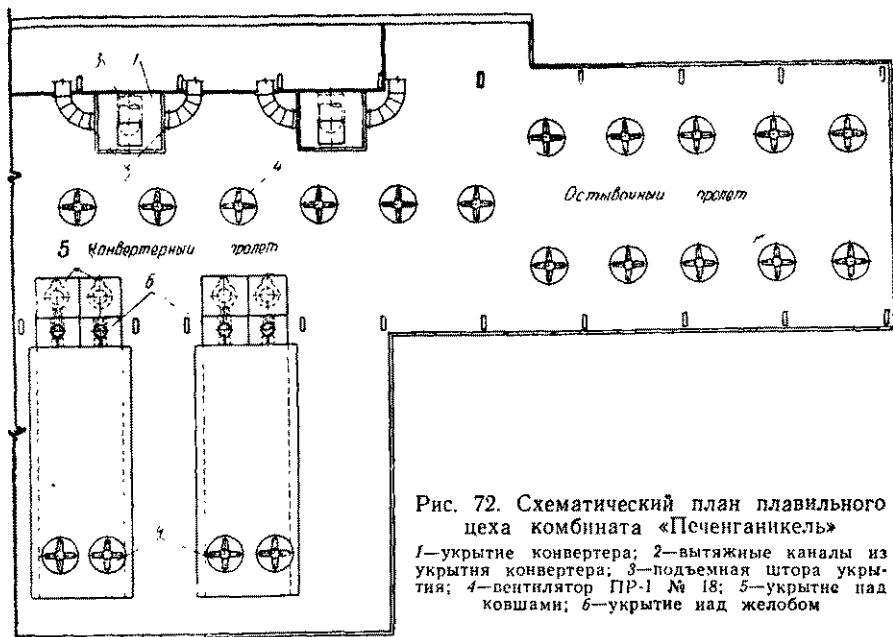


Рис. 72. Схематический план плавильного цеха комбината «Печенганикель»

1—укрытие конвертера; 2—вытяжные каналы из укрытия конвертера; 3—подъемная штора укрытия; 4—вентилятор ПР-1 № 18; 5—укрытие над ковшами; 6—укрытие над желобом

Укрупненные величины производственных вредных выделений, поступающих в цех, приводятся в табл. 17.

Таблица 17

Наименование производственных отделений	Измеритель	Количество выделений	
		тепловыделений в ккал/ч	сернистого газа в кг/ч
Электропечное			
участок загрузки рудно-термических печей	на 1000 квт потребляемой мощности	25 000	0,1
кобальтовые печи	то же	150 000	0,1
Конвертерное	на 1 т файнштейна	400 000	2,5
Разливочное	то же	260 000	25,0

Приведенные в таблице значения действительны только при условии выполнения перечисленных выше мероприятий технологического порядка.

Значения коэффициентов m и k , определяющих соответственно долю тепла и газов, воздействующих на санитарно-гигиенические условия рабочей зоны производственных помещений, приведены в табл. 18.

Таблица 18

Наименование производственных отделений	m	k
Электропечное	1,0	1,0
Конвертерное*	$\frac{0,4}{1,0}$	$\frac{0,15}{0,1}$
Разливочное	0,35	0,15

* Дробные значения соответствуют в числителе — тепловому периоду года, в знаменателе — холодному периоду года.

При проектировании местных отсосов рекомендуется пользоваться данными, сведенными в табл. 19.

В помещении наращивания электродов необходимо предусматривать устройство местной вытяжной вентиляции от каждого электрода с помощью круглого бортового отсоса, присоединяющегося к общей вытяжной системе гибким шлангом. По рекомендациям специалистов, объем воздуха, извлекаемого от каждого электрода в зависимости от диаметра последнего, следует принимать 1000—2000 м³/ч. В верхнюю зону этого же помещения необходимо предусматривать подачу свежего приточного воздуха, обрабатываемого в отдельной камере.

В местах постоянного пребывания рабочих, например на площадке управления конвертером, электропечи и других, следует предусматривать устройство вентиляции с помощью воздушного душа согласно «Указаниям по проектированию установок воздушного душирования с сосредоточенной подачей воздуха» СН 242—63.

Для южных районов обработку приточного воздуха, подаваемого через душирующие патрубки, следует предусматривать в кондиционерах простейшего типа. Для северных районов можно ограничиться обыкновенной приточной камерой с предварительной очисткой воздуха от пыли (если в этом есть необходимость) и подогревом его в холодное время года с помощью калориферов. Температура воздуха в таких камерах должна регулироваться автоматически. Применение аэраторов можно допускать

Рекомендации по проектированию местных отсосов

Наименование производствен- ного отделения	Наименование технологического оборудования	Характер конструк- ции местных отсосов	Скорость в откры- том отвер- стии укры- тия в м/сек	Объем отсасы- ваемого воз- духа в м³/ч
Электропечное	Руднотермичес- кие электропе- чи	Шторное укры- тие по пери- метру печи на площадке за- грузки, включая загрузочные транспортеры, не доходящее до пола поме- щения на 1 м	1,0	200 000*
	Желоба штейнов и шлаковые	Укрытие штор- ного или иного типа	1,5	По расчету
	Ковши для штей- на	Укрытие раскры- вающегося ти- па	1,5	" "
	Электроды	Зонты, соединен- ные гибкими шлангами с об- щим воздухо- водом	1,5	" "
	Тракт шихтопо- дачи: Бункер, места пе- ресыпки ших- ты, шнековые транспортеры			Согласно СН 155-61
Конвертерное	Конвертер	Емкое укрытие конвертера и ковша	1,5	По расчету

* Ориентировочно на одну печь мощностью 25—30 ква. В каждом отдельном случае уточняется расчетом.

только на непостоянных рабочих местах, например при ремонтных работах у печей, желобов, ковшей.

Согласно санитарным правилам для производства никеля и кобальта предельно допустимые концентрации пыли в воздушной среде плавильных цехов должны быть не более 5 мг/м³. Для достижения этой нормы весь тракт шихтоподачи должен быть аспирирован. Применение в данном случае гидро- или пневмо-

гидрообеспыливания недопустимо, поэтому вся тяжесть борьбы с пылью ложится на аспирацию. Этот вопрос достаточно подробно рассмотрен в главе пятой. Здесь следует только упомянуть о необходимости предусматривать устройства пневматической уборки пыли.

§ 31. ВЕНТИЛЯЦИЯ КАБИН КРАНОВ, ТРОЛЛЕЙКАР И ДРУГИХ ДВИЖУЩИХСЯ МЕХАНИЗМОВ

При схеме вентиляции «снизу — вверх» наиболее тяжелые условия труда создаются на верхних отметках цеха, т. к. весь газовый поток неминуемо должен пройти через зону дыхания людей, занятых обслуживанием механизмов на этих отметках. Кроме того, крановщики подвергаются тепловому воздействию, причем во время разлива расплава тепловое излучение во много раз превышает допустимое по нормам. Поэтому при проектировании плавильных цехов вопросу вентиляции кабин мостовых кранов, троллейкар или других движущихся механизмов с постоянным пребыванием в них людей должно уделяться должное внимание. Следует иметь в виду, что температура воздуха в районе расположения мостовых кранов в пирометаллургических цехах резко колеблется от отрицательной зимой до $+50 \div 60^\circ\text{C}$ летом. Это объясняется тем, что выпуск металла производится с длительными перерывами, а имеющиеся во всех цехах значительной величины проемы для автомобильного или железнодорожного транспорта в течение этих перерывов остаются в подавляющем большинстве случаев открытыми.

В настоящее время известно несколько способов подачи свежего воздуха в кабины мостовых кранов или троллейкар.

Остановимся на способе, предложенном инж. В. А. Четковым и Ю. И. Пржиленским, еще нигде не описанном.

Как видно из рис. 73, подача воздуха в кабину крана или любого другого движущегося механизма осуществляется по воздухопроводу, собираемому из отдельных звеньев и монтируемому вдоль цеха. В нижней части воздуховода по всей его длине, за исключением коротких торцевых участков, имеется щель, вдоль которой перемещается воздухоприемник, жестко скрепленный с бесконечной лентой, помещенной внутри воздуховода. Для большей плотности и уменьшения потерь воздуха движущаяся лента с прикрепленным к ней воздухоприемником обрамлена двумя полосками резины, создающими тем самым как бы лабиринтное уплотнение. Передвижение ленты вдоль канала осуществляется поводками, закрепленными на кране или на его кабине. Натяжение ленты производится специальным роликом, установленным с одного торца канала. Второй ролик, устанавливаемый в противоположном конце канала, натяжного устройства не имеет и служит только обратным. Провисание ленты

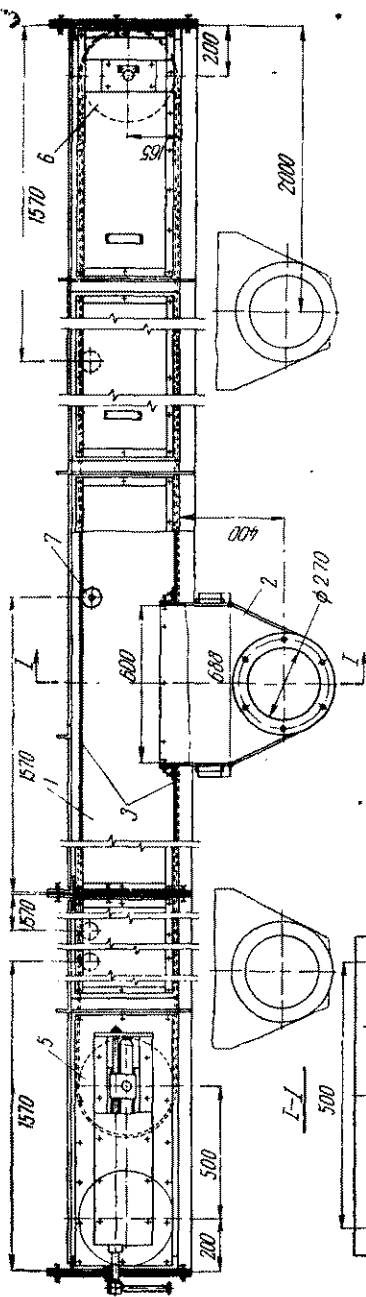
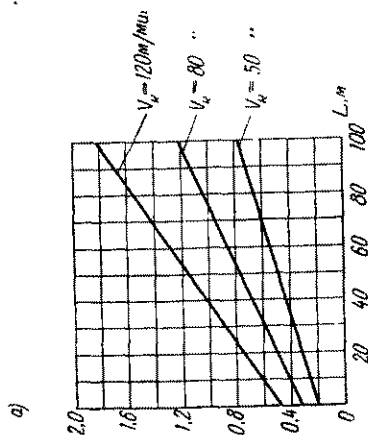
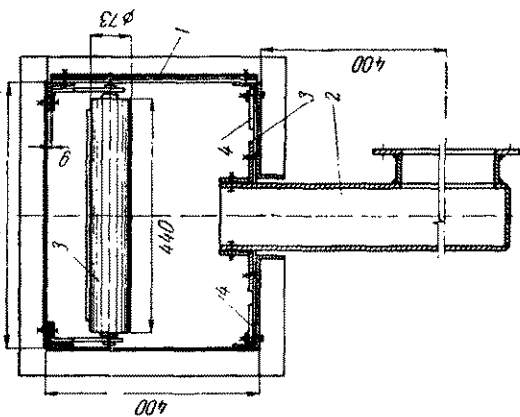


Рис. 73. Установка для подачи воздуха в кабину крана с бесконечной лентой (способ инж. В. А. Четкова и Ю. И. Пржиленского)

1—воздухораспределительный короб; 2—воздухопреники; 3—бесконечная лента; 4—резиновые уплотняющие подсы; 5—натяжной ролик; 6—оборотный ролик; 7—верхние ролик; а—график мощности привода в зависимости от длины устройства отбора воздуха в закинности от длины воздухопровода L и скорости крана v_k



устраняется верхними роликами. Установка натяжного, оборотного и верхних роликов выполнена так, что позволяет легко осуществлять исправление перекосов. Работа, затрачиваемая на передвижение ленты, весьма незначительна. При длине воздуховода, равной 100 м, и скорости движения крана 80 м/мин она составляет, согласно графику рис. 73, 1,2 квт.

Если в цехе имеются два мостовых крана, в воздуховоде устанавливаются две ленты, а при наличии четырех кранов необходима прокладка двух двойных лент. Положительным качеством предлагаемой конструкции является то, что потери воздуха не превышают потерь в обычных приточных воздуховодах (10—12%).

Применение способа подачи воздуха в кабины кранов с помощью воздуховода с гидравлическим затвором для плавильных цехов не может быть рекомендовано по следующим причинам:

— случайное выплескивание воды из воздуховода (короба) может привести к аварии;

— не исключена возможность замерзания воды, особенно в торцевых концах воздуховода, близко расположенных к воротам;

— сложность монтажа воздуховода, достигающего порой длины 300—350 м.

Согласно типовым чертежам Гипротиса (серия 4-108, 1958 г.), подача воздуха в кабину крана должна осуществляться вдоль ограждения кабины. Этот способ следует считать правильным и оправдавшим себя.

Учитывая утечки воздуха в коробе, а также в месте присоединения воздухоприемника, по рекомендациям Гипротиса, следует удваивать количество воздуха, необходимого для создания в кабине подпора.

Такое определение объема воздуха, подаваемого в кабину и подлежащего обработке в приточной камере, не совсем справедливо, т. к. размеры утечки будут зависеть также от длины воздухораспределительного короба, что в рекомендациях Гипротиса не учитывается. Поэтому при определении объема воздуха, подлежащего обработке в камере, а также при определении производительности вентилятора лучше пользоваться формулами Л. А. Глушкова. Он рекомендует при подаче воздуха в кабину крана по способу института Гипроникель (подвижная каретка) пользоваться формулой:

$$L = \sqrt{H_{\text{ст}}} \cdot (9l + 20n) + L_k n \cdot [m^3/ч], \quad (80)$$

где $H_{\text{ст}}$ — давление в коробе, равное $\approx 30 \div 50 \text{ кг/см}^2$;

l — длина короба в м;

n — количество присоединенных к вентиляционному коробу крановых кабин;

L_k — расчетный объем воздуха, подаваемый в кабину крана, в $\text{м}^3/\text{ч}$.

При подаче воздуха в кабину с помощью двух уплотняющих лент и челнока-воздухоприемника применима формула:

$$L = \frac{nL_k + 72l}{0,88} [\text{м}^3/\text{ч}]. \quad (81)$$

Потери воздуха в распределительном коробе зависят от качества монтажа, который при любом способе подачи воздуха в кабину крана от центральной приточной камеры должен быть выполнен весьма тщательно.

Можно рекомендовать подогрев воздуха производить на секционных электрокалориферах, расположенных в непосредственной близости от кабин кранов. Это сократит бесполезную утечку подогретого воздуха. При среднем объеме воздуха, подаваемого в кабину крана и составляющего $1400 \text{ м}^3/\text{ч}$, на подогрев его от -30° до $+18^\circ\text{C}$, надо затратить около $20\,000 \text{ ккал}/\text{ч}$, чему соответствует расход электроэнергии $23,5 \text{ кВт}$. При средней температуре наружного воздуха в течение отопительного периода этот расход будет равен примерно $11 \text{ кВт}/\text{ч}$. При расходе электроэнергии в плавильных цехах до $80\,000 \text{ кВт}/\text{ч}$ расход электроэнергии на подогрев воздуха, подаваемого в кабину крана, составит всего лишь $0,01\%$ об общего.

Подачу воздуха в воздухораспределительный короб рекомендуется проектировать:

- при наличии 1—2 обслуживаемых кранов — одной системой в торец короба;
- при наличии 3—4 кранов — одной системой в середину короба или двумя системами с торцов короба;
- при наличии 5 и более кранов — в середину и по торцам короба.

Согласно Указаниям ГСИ СССР № 151—53, все кабины мостовых кранов должны иметь тепловую изоляцию и экраны для защиты от теплового облучения.

За последнее время при подаче воздуха в кабины мостовых кранов находят себе применение местные кондиционеры. Принимая в проекте установку таких кондиционеров, следует помнить, что они работают на рециркуляцию и поэтому требуют предварительной очистки воздуха от газов, сопутствующих тому или иному технологическому процессу.

§ 32. ОХЛАЖДЕНИЕ АЭРАЦИОННОГО ВОЗДУХА ВОДОЙ

Согласно требованиям Главной санитарной инспекции СССР, в районах с расчетной летней наружной температурой более $+20^\circ$ при проектировании вентиляции аэрационные проемы плавильных цехов, расположенные напротив рабочих мест,

должны быть снабжены устройством для охлаждения воздуха распыляемой водой.

Это мероприятие при регулируемой аэрации, возникающей под действием механического побуждения — реверсивных вентиляторов, приобретает особую актуальность. Теплоизоляция горячих поверхностей технологических агрегатов с доведением их температуры до $+45^{\circ}\text{C}$ не предохраняет полностью рабочих от облучения расплавленным металлом, ковшами, желобами, т. е. от поверхностей, которые невозможно изолировать. Применение вентиляции воздушными душами также не всегда достигает цели, т. к. по ходу технологического процесса рабочим

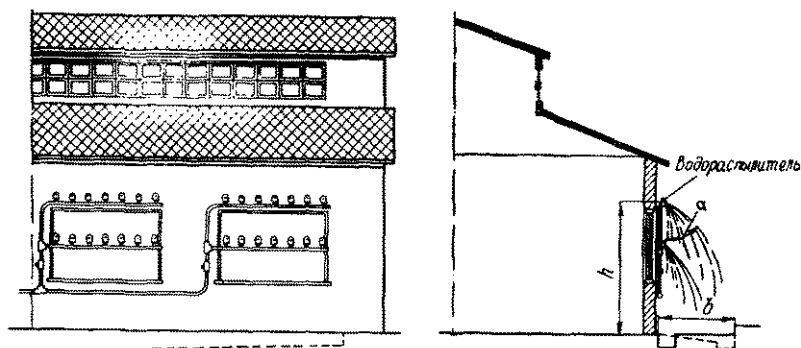


Рис. 74. Установка водораспылителей у открытого проема

приходится иногда передвигаться на значительные расстояния.

Для понижения температуры аэрационного воздуха распыляемой водой перед аэрационными проемами устанавливают фонтаны, дисковые увлажнители типа Иванковского научно-исследовательского института либо форсунки. Последний способ является наиболее простым и дешевым.

При распылении воды с помощью форсунок перед открытыми окнами или проемами создается завеса из мелкодиспергированной воды. Проходя через эту завесу, приточный воздух увлажняется и понижает свою температуру. Угол установки водораспылителей должен быть выбран с таким расчетом, чтобы крайние, периферийные струйки с внешней стороны здания были параллельны стенам (рис. 74).

При определенном давлении и заданной конструкции форсунок угол факела разбрызгивания составляет определенную величину α .

Горизонтальное расстояние смоченной поверхности перед окнами будет:

$$b = kh \operatorname{tg} \alpha \text{ [м]}, \quad (82)$$

где k — коэффициент, учитывающий падение периферийных струек и отклонение их от первоначального направления при выходе из форсунок;

h — высота расположения форсунки от уровня земли в м;

α — угол факела распыления воды в град.

В результате работы форсунок вдоль стены здания образуется панель шириной ≈ 2 м, непрерывно смачиваемая разбрызгиваемой водой. Панель должна иметь уклоны и заканчиваться каналом, куда будет стекать вся не испарившаяся вода. Канал должен иметь уклон к зумпфу для сбора воды и последующей откачки ее насосом к форсункам. На всасывающей линии насоса необходимо предусматривать установку фильтров для очистки воды. Панель, проходящая перед зданием, должна цементироваться или покрываться асфальтом.

Распылители можно устанавливать как перед открытыми проемами, так и перед проемами, затянутыми сетками. В первом случае отдельные капельки воды могут ветром заноситься в помещение. Во втором случае при установке пространственной (лабиринтной) сетки капельки в цех не попадают, а смоченная сетка создает дополнительный охлаждающий эффект.

Выбор варианта (с сеткой или без нее) зависит от ориентации здания относительно господствующего направления ветра, а также технологического процесса.

По данным Тбилисского института гигиены труда, наиболее удобными и надежными в эксплуатации оказались форсунки б. ВНИИСТО. Отличительной их особенностью является то, что диаметр отверстия для прохода воды принят 1,7 мм. Отверстие такого размера оказалось наиболее эффективным как в отношении угла факела разбрызгивания, так и диаметра капель. На рис. 75 показан монтаж коллектора с такими форсунками.

Как известно, в южной полосе Советского Союза наружный воздух летом имеет, примерно, следующие параметры:

$$t_n = 35^\circ\text{C}; \quad \varphi_n = 30\%; \quad d_n = 10,76 \text{ г/кг}; \quad i_n = 14,97 \text{ ккал/кг}.$$

При увлажнении этого воздуха рециркуляционной водой процесс охлаждения идет по линии $I = \text{const}$ $I-d$ диаграммы.

В зависимости от количества разбрызгиваемой воды, диаметра капелек и времени контакта воздуха с водой можно обеспечить любую степень относительной влажности (практически не более 95%).

Для изображения этого процесса на $I-d$ диаграмме (рис. 76) находим точку H , отвечающую параметрам наружного воздуха (t_n, φ_n), и из этой точки проводим аднабату H_d . Максимальное охлаждение, которое можно получить при данных начальных параметрах воздуха, соответствует на диаграмме точке a_1 .

При этом

$$t_{a1} = 22^\circ\text{C}; \varphi_{a1} = 95\%; d_{a1} = 15,9 \text{ г/кг}; i_{a1} = 14,9 \text{ ккал/кг}.$$

Максимально возможное охлаждение воздуха составляет в данном случае 13°C . При более неблагоприятных условиях точка a поднимется по адиабате вверх и при положении a_5 примет значения:

$$t_{a5} = 29^\circ\text{C}; \varphi_{a5} = 50\%; d_{a5} = 13,9 \text{ г/кг}; i_{a5} = 14,98 \text{ ккал/кг}.$$

вид по створке А

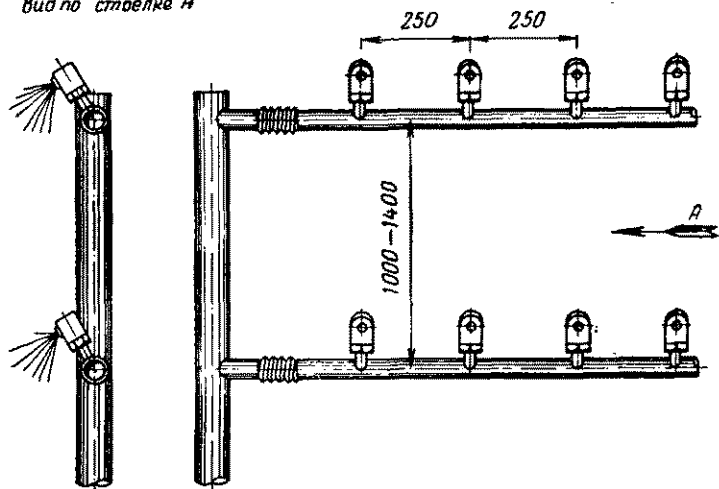


Рис. 75. Коллектор с форсунками

Получить состояние воздуха, характеризующееся параметрами точки a_5 , нетрудно, а эффект от охлаждения соответствует $\Delta t = 6^\circ$, что уже является весьма существенным гигиеническим фактором.

В реальных условиях процесс протекает не строго по линии $I = \text{const}$, а вследствие нагрева воды при ее движении в циркуляционной сети принимает положение H_b , понижая охлаждающий эффект.

На рис. 77 показана работа водораспылителей со стороны двора.

Испытания установки по охлаждению аэрационного воздуха с помощью форсунок, установленных в окна, проводились Тбилиским научно-исследовательским институтом гигиены труда при наружной температуре $+24 \div 25^\circ\text{C}$. При этом эффект охлаждения получался на рабочем месте, расположенном, примерно, в трех метрах от наружной стены, порядка $5-7^\circ$.

Как показали опыты, количество распыляемой воды на 1 м^2 открытого проема должно быть около 140—150 л/ч; при этом на 1 м^2 проема приходится 2,7—3,0 водораспылителя, а расход воды на каждый распылитель составляет 50 л/ч при давлении 0,5—0,6 атм.

При этих параметрах угол α факела распыления воды составляет 50° , а значение k в формуле $b = k h \operatorname{tg} \alpha$ при $h = 3 \text{ м}$ составляет 0,6. Следовательно, величина смоченной поверхности перед зданием будет иметь ширину

$$b = 0,6 \cdot 3 \cdot \operatorname{tg} 50^\circ = \\ = 2,15 \text{ м.}$$

Количество воздуха, проходящего через проем во время опытов, составляло 6000 кг/ч на 1 м^2 проема. Следовательно, среднее удельное количество распыляемой воды было

$$\frac{142,5 \cdot 1000}{6000} \approx 24 \text{ г/кг}$$

воздуха.

При меньших количествах распыляемой воды эффективность снижалась, а при увеличении — незначительно возрастала.

При указанных выше удельных количествах воды обеспечивается снижение температуры воздуха в рабочей зоне в среднем на 5° . Общее количество воды, усваиваемое входящим воздухом на 1 м^2 проема, составляет около 5,6 кг/ч. Относительная влажность воздуха в рабочей зоне при проведении опытов не превышала 60% и в основном находилась в пределах 45—50%.

Если принять, что во внешнюю среду испаряется также 5,6 кг/ч и что столько же теряется при стоке неиспарившейся части воды, то суммарный расход воды на 1 м^2 проема будет

$$3 \cdot 5,6 = 16,8 \approx 17 \text{ кг/ч.}$$

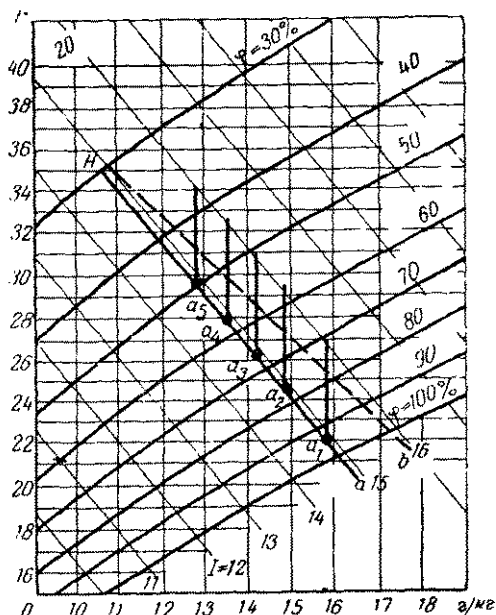


Рис. 76. Адиабатический процесс понижения температуры приточного воздуха

Удельный расход воды на 1 кг приточного воздуха составит:

$$\frac{17\,000}{6000} = 2,85 \text{ г/кг.}$$

Для теплотехнической оценки результатов применения распыления воды у открытых проемов лучше всего пользоваться безразмерным критерием

$$K = \frac{t_n - t_{p,з}}{t_n - t_v}, \quad (83)$$

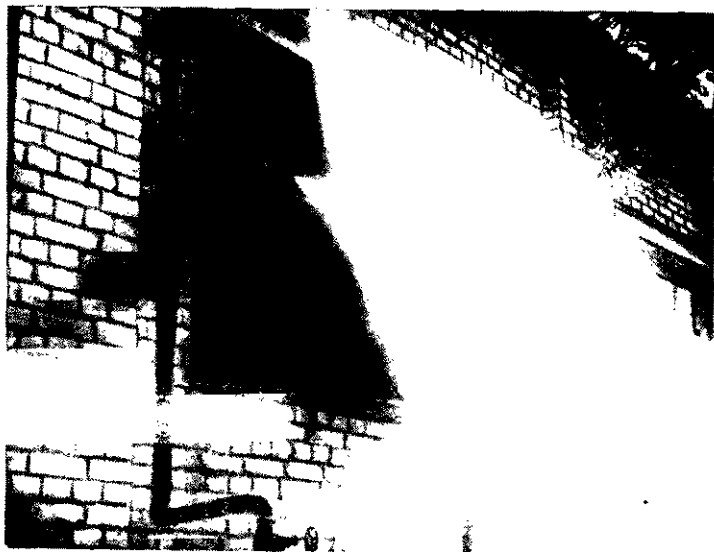


Рис. 77. Вид на водяную завесу со стороны двора

где t_n — температура наружного воздуха;
 $t_{p,з}$ — температура воздуха в рабочей зоне при действии установки;
 t_v — температура распыляемой воды.

Чем ближе значение k к 1, тем выше эффективность установки.

Для расчета можно принимать следующие данные:

— на 1 м² приточного отверстия устанавливать 2,7—3 водораспылителя;

— на 1 м² приточного отверстия распылять 140—150 л воды в ч;

— применять для распыления воды форсунки типа б. ВНИИСТО с диаметром выходного отверстия 1,7 мм;

- угол факела распыления принимать 50° ;
- принимать расстояние в горизонтальной плоскости между водораспылителями, равное 250 мм;
- ширину смачиваемой панели вдоль стен здания принимать по расчету;
- в приточных отверстиях устанавливать сетку для улавливания мелких капель воды;
- очистку воды перед насосом производить в гравийном и сетчатом фильтрах.

§ 33. ГАЗОСЛИВ, ПРИТОЧНЫЕ, КОНВЕКЦИОННЫЕ, ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ СТРУИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗАЦИЮ ВОЗДУХООБМЕНА В ПЛАВИЛЬНЫХ ЦЕХАХ

Влияние потоков, возникающих в горячих цехах, имеет большое значение на воздухообмен в этих цехах и создание в них необходимых метеорологических условий. При проектировании вентиляции и аэрации плавильных цехов следует хотя бы приблизительно представлять себе те воздушные потоки, которые могут возникнуть в них под влиянием специфических условий, характерных для этих цехов. Этими потоками являются:

- перелив теплого воздуха из более нагретой части цеха в относительно холодную, отделенную спускающейся сверху ширмой;
- поступление струи холодного воздуха в помещение с более теплым воздухом (обычный случай аэрации в холодный период года);
- движение струй теплого охлаждающегося воздуха вдоль наружных ограждений цеха;
- тепловые струи у вертикальных нагретых поверхностей (стены печей, укрытия).

Не останавливаясь здесь на подробных расчетах, связанных с наличием этих струй, обобщим результативные данные.

Желающих подробнее ознакомиться с расчетом воздушных потоков, влияющих на воздухообмен в горячих цехах, отсылаем к книге Л. А. Глушкова «Защита от перегревов в горячих цехах», Металлургиздат, 1963 г., и к книге проф. С. Е. Бутакова «Основы вентиляции горячих цехов», Металлургиздат, 1962 г.

Струи, возникающие под действием гравитационного давления у вертикальной нагретой поверхности, еще недостаточно изучены. Это лишает возможности выполнить с достаточной точностью расчеты циркуляционного воздухообмена в помещении.

Экспериментальные данные показывают, что характер движения струй вдоль нагретой поверхности зависит от количества тепла, отдаваемого этой нагретой поверхностью.

Движение потока можно разделить на три равные фазы:

- ровный, не возмущенный поток;
- фаза, во время которой в потоке возникают локоны;
- фаза, во время которой происходит переход локонов в клубы, отрыв последних от потока и перемешивание с окружающим воздухом. Первая стадия представляет собой ламинарное движение, вторая — турбулизацию движения с образованием локонов и третья — турбулентное движение.

Те же явления отвечают случаю опускающегося (охлаждающегося) потока, но здесь происходит не нарастание его, а постепенное убывание вследствие отрыва от потока локонов и их смешивание с окружающим воздухом.

Приточные струи, поступающие через аэрационные проемы, под действием гравитационных сил отклоняются от вертикального направления иногда на довольно большую величину, и это обстоятельство следует учитывать при проектировании, особенно в случае принудительной подачи воздуха сверху — вниз осевыми вентиляторами с воздухоотбойными козырьками.

В практике проектирования возможны два случая приточных струй: так называемый газослив, когда происходит перетекание воздуха из более теплого помещения в более холодное, отделенное от первого свешивающейся ширмой и, наоборот, поступление более холодного воздуха в теплое помещение, т. е. обычный случай аэрации в холодный период года.

Влияние этих струй на общий внутренний воздухообмен довольно значительно. Так, расход воздуха, перетекающего из горячего пролета цеха в холодный через проемы размерами $15 \times 2,5$ м при разности температур в 15° , составляет около $135\,000$ м³/ч, а через проем высотой 3 м при ширине 12 м и температурном перепаде 20° — $107\,000$ м³/ч. Такие большие объемы при проектировании должны приниматься во внимание.

Расчет приточных струй холодного воздуха, поступающего в помещение, показывает, что оси струй под действием гравитационных сил значительно отклоняются от вертикального направления, обладая при этом довольно низкими температурами. Например, струя, поступающая в цех через проем размерами $1,0 \times 0,12$ м при наружной температуре -30°C , температуре уходящего воздуха $+32^\circ\text{C}$ и температуре в рабочей зоне $+15^\circ\text{C}$, отклоняется от вертикального направления на 3,42 м (ось струи) и имеет температуру на оси $+2,7^\circ$. Расход струи в конечном сечении составляет $1,626$ кг/сек. Высота проема при этом около 9 м над полом помещения. Средняя по площади скорость струи $0,31$ м/сек.

Представляется необходимым в каждом отдельном случае определять как скорость струи, так и ее температуру в конечном сечении, учитывая фиксированное положение рабочих мест.

При вентиляции сверху—вниз и при принудительной подаче воздуха это особенно важно.

Циркуляционные токи возникают всегда, когда в замкнутое пространство поступает снаружи стесненная или свободная струя воздуха. Конечный расход в критическом сечении циркуляционной струи больше начального на величину расхода циркуляции и, как бы не был расположен сток, часть циркуляционного воздуха всегда возвратится к нему. Общий расход циркуляционного потока можно определить, зная среднюю периферийную скорость в этом потоке, пользуясь уравнением равенства количеств движения.

Циркуляционные потоки могут возникать даже в полностью раскрытом сверху пространстве. При этом увеличение расхода свободной тепловой струи по мере ее удаления от источника тепла приводит к тому, что из огражденного пространства удаляется значительно больше воздуха, чем поступает его через приточные проемы, а это влечет за собой поступление воздуха сверху—вниз через раскрытое перекрытие. Следовательно, только в трубах или шахтах циркуляционный поток не может возникнуть, и расход воздуха в этом случае одинаков в любом сечении струи или шахты.

Распределение токов внутренней циркуляции, их расход, направление и скорость зависят от величины тепловыделений, геометрических размеров теплоотдающего оборудования, его размещения в плане, расположения приточных проемов, а также геометрических размеров самого помещения.

В заключение необходимо упомянуть о потоках воздуха, возникающих вследствие стабильных по направлению ветров и открытых с противоположных сторон цеха ворот, не оборудованных тамбурами и в большинстве случаев остающихся либо полностью открытыми, либо лишь частично прикрытыми. Скорость движения воздуха в цехе при этом у таких открытых проемов зависит от скорости ветра и нередко достигает нескольких метров в секунду. Такой сквозняк вызывает у рабочих простудные заболевания. Кроме того, эти потоки холодного наружного воздуха, движущиеся почти горизонтально, оказывают значительное влияние на эффект действия таких вентиляционных устройств, как сдувки у прудков, бортовые отсосы и т. п. При наличии подобных струй бортовые отсосы и сдувки надо располагать так, чтобы эти потоки не составляли отрицательных по направлению движения воздуха величин.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ ДРОБИЛЬНЫХ ЦЕХОВ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

§ 34. УСЛОВИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ НОРМАЛИЗАЦИИ ТРУДА В ДРОБИЛЬНЫХ ЦЕХАХ

При проектировании аспирационных устройств для дробильных цехов обогатительных фабрик в задачу проектировщика должно входить не только правильное решение схем и определение объемов аспирации, выбор оборудования, обеспечивающего извлечение потребного количества воздуха и его очистку перед выбросом в атмосферу, но также решение всего комплекса вопросов, направленных на улучшение и оздоровление условий труда на этих предприятиях. Применение этого комплекса мероприятий предусмотрено «Техническими условиями и нормами», поэтому каждый проектировщик-вентиляторщик, не проектируя сам устройств по дождеванию или мокрой уборке цехов, должен грамотно выдать задания смежным отделам с указанием места расположения форсунок, распыляющих воду, штуцеров для присоединения к ним пневмогидравлических «метел», необходимого давления воды и воздуха перед форсунками.

Процессы дробления, транспортирования и грохочения руд, как правило, сопровождаются образованием пыли. Известно также, что пыль, образующаяся во время этих операций, наносит большой вред здоровью людей, особенно в том случае, если в руде, подвергающейся переработке, имеется значительное содержание свободной двуокиси кремния (SiO_2).

Нормализация условий труда на рудообогатительных фабриках в основном зависит от правильного решения следующих вопросов:

- изыскания систем и способов обеспыливания, включающих выбор средств борьбы с пылью и конструктивное оформление отдельных элементов устройств;
- определения объемов аспирации;
- устройства приточной вентиляции.

Вопрос выбора рациональных способов борьбы с пылью представляет значительную трудность, поскольку условия пылеобразования весьма различны, а имеющиеся в литературе указания носят чисто описательный характер. Изданные за последние годы руководящие указания и нормы по проектированию средств обеспыливания горнообогатительных комбинатов металлургической и предприятий огнеупорной промышленности облегчили проектирование. Однако зачастую слепое пользование этими нормативными материалами приводит к тому, что проектируются одни и те же средства по борьбе с пылью для фабрик с одинаковой производительностью, а эффективность этих средств бывает разная. Происходит это потому, что проектировщики не учитывают различных физико-химических свойств перерабатываемых руд для отдельных фабрик, а также степень дробления и исходную крупность руды.

Процесс первичного пылеобразования для закрытых помещений дробильных фабрик начинается с подачи руды различного рода питателями. Они могут быть пластинчатыми, качающимися лотковыми, ленточными, а иногда тарельчатыми. Питатели могут устанавливаться под рудными бункерами в отдельном помещении при дозированной подаче материала или непосредственно перед щековой дробилкой.

Работа питателей независимо от их конструкции сопряжена с выделением пыли. Наибольшее количество пыли выделяется пластинчатыми питателями. Пройдя пластинчатый питатель, руда после колосникового грохота поступает на крупное дробление, которое обычно осуществляется в щековых дробилках типа УЗТМ или в конусных дробилках типа Мак-Кули. Выделение пыли происходит из зева щековой дробилки, а также в месте выхода дробленого материала на транспортерную ленту. Интенсивность выделения пыли зависит от неритмичности работы щековой дробилки (чередование работы и пауз), влажности перерабатываемых руд, степени дробления и производительности дробилки. Общий уровень запыленности воздуха поднимается до максимального к концу рабочей смены.

Следующей стадией является среднее дробление, осуществляемое в конусных дробилках. Пылеобразование здесь значительно больше, чем на стадии крупного дробления. Интенсивность выделения пыли при загрузке руды в дробилку зависит от высоты падения руды и конфигурации точки. Неправильное расположение ее относительно загрузочного отверстия дробилки приводит к увеличению пылеобразования. Особенно много пыли выделяется при разгрузке дробленой руды на ленту транспортера. Наиболее высокое пылеобразование наблюдается на следующей стадии технологического процесса — стадии мелкого дробления.

Грохочение материала производится на различных грохотах: колосниковых качающихся, вибрационных и барабанных. Колосниковые грохоты, простейшие по своей конструкции, служат для грубой сортировки и обычно устанавливаются на первой стадии дробления до щековых дробилок. При грохочении руд с влажностью 4,5—5,5% пыли почти не выделяется. При грохочении дробленой руды на вибрационных грохотах запыленность резко повышается. Пылевые аэрозоли в помещениях грохочения представлены в основном мелкими фракциями (менее 5 мк). Содержание этих фракций в пыли достигает 96%.

До самого последнего времени не было единства в методах определения объемов воздуха, аспирируемого через укрытия у дробилок, грохотов, пересыпок и т. п. Разнобой в определении этих объемов, существовавший до недавнего времени, подробно описан в главе пятой. В настоящее время на базе ранее выпущенных ТУ и Н 4-71-1 разработаны Указания по проектированию санитарно-технических устройств обогатительных фабрик металлургической промышленности. В их разработке принимали участие Ленинградский Промстройпроект, институт Механобр, Свердловский научно-исследовательский институт охраны труда, Ленинградский научно-исследовательский институт гигиены труда и профессиональных заболеваний с участием ГПИ Сантехпроект и Криворожского южного горно-обогатительного комбината.

В задачу аспирации входит не унос пыли, а лишь воспрепятствование ее выбиванию из укрытия. В целях уменьшения объемов аспирации следует рекомендовать устройство в местах пересыпок укрытий типа СИОТ.

В аспирируемом воздухе всегда содержится известное количество пыли. Резкое снижение содержания пыли в аспирируемом воздухе достигается лишь при увлажнении руды. При этом крупные частицы пыли в воздухе почти не наблюдаются.

Для уменьшения уноса пыли в воздуховоды некоторые авторы рекомендуют принимать скорость входа воздуха в воздухоприемные воронки порядка 0,2—0,4 м/сек. Однако выполнение этого условия почти невозможно, т. к. размеры аспирационных воронок получаются чрезвычайно большими. Для уменьшения уноса пыли следует делать укрытия достаточно емкими, располагая аспирационные воронки на высоте не менее 1,2—1,5 м над лентой транспортера или очага пыления, т. е. так, как это принято в практике аспирации в США. Такое типовое укрытие приведено на рис. 78.

На этом рисунке обращает на себя внимание то, что очистка обратного хода ленты осуществляется с помощью вращающейся щетки, встроенной в укрытие. При устройстве емких укрытий не исключается выполнение их по типу СИОТ.

Некоторые авторы рекомендуют принимать скорость движения воздуха в вертикальных воздуховодах, присоединенных к аспирационным укрытиям, не более 5—6 м/сек с повышением скоростей в наклонных и горизонтальных участках магистральных воздуховодов до 18—20 м/сек, что вполне справедливо.

Накопление пыли в воздуховодах может быть вызвано конденсацией влаги на стенках. Сухая пыль при отсутствии явления конденсации отлагается только в нижних частях воздуховода. При конденсации же пыль налипает по всему периметру воздуховода. Конденсация влаги в воздуховодах может иметь место

главным образом в неотапливаемых помещениях или в случае выводов воздуховодов аспирационных систем за пределы отапливаемой части здания, например при установке циклонов вне здания. Смешивание нагретого воздуха относительно высокой влажности, особенно при применении гидрообеспыливания, с воздухом более холодным приводит к конденсации влаги на поверхности пылин и на стенках воздуховодов. При дроблении материала механическая энергия переходит

в тепловую, в результате чего материал нагревается и передает часть своей теплоты окружающему его воздуху. Вследствие этого температура воздуха, отсасываемого из укрытий дробильных машин, может быть на несколько градусов выше температуры воздуха в помещении. Ассимиляция воздухом влаги при движении его по воздуховодам способствует высушиванию транспортируемой пыли. Это явление подтверждается рядом наблюдений.

Конденсация паров в воздуховоде может наступить и тогда, когда при отсосе из укрытия в воздухоприемник поступает более или менее нагретый и насыщенный воздух, эжектируемый потоком падающего материала из верхнего помещения, и в то же время более холодный — через торцевые отверстия укрытия, установленного в холодном помещении. Если при этом соотношение объемов того и другого воздуха, их тепло и влагосодержание таковы, что смесь будет иметь температуру ниже точки

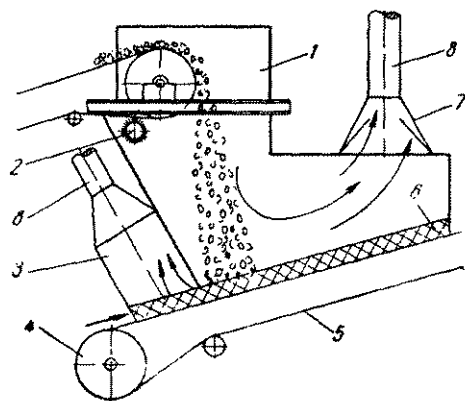


Рис. 78. Укрытие над пересыпкой с транспортера на транспортер

1—укрытие; 2—щетка для чистки обратного хода ленты; 3—отсос с тыльной стороны; 4—натяжной ролик; 5—лента; 6—резиновое уплотнение; 7—аспираторная воронка; 8—воздуховод

росы, то и в этом случае будет происходить налипание частичек пыли на стенках воздухопроводов.

Возможность значительного насыщения влагой воздуха, отсасываемого аспирационными системами, всегда должна учитываться при проектировании этих систем.

§ 35. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ АСПИРАЦИИ ДЛЯ ДРОБИЛЬНЫХ ЦЕХОВ РУДОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Выше мы уже рекомендовали при проектировании аспирационных установок пользоваться Указаниями по проектированию санитарно-технических устройств обогатительных фабрик металлургической промышленности, составленных на базе ТУиН 47-71-1 (ЦБТИ, Свердловск, 1961).

Если материал поступает из оборудования, имеющего остаточный слой материала или герметизированного, величина объема воздуха L_a должна приниматься равной объему поступающего материала. Необходимые данные и формулы для определения L_a и L_n при расчете аспирационных систем дробильных цехов обогатительных фабрик сведены в нижеприводимой табл. 20. Здесь приняты следующие обозначения:

W_m — объем материала, поступающего в аспирируемую полость или оборудование в $м^3/ч$, принимаемый по заданию технологов. При отсутствии задания количество поступающего материала может определяться по производительности конвейера

$$W_m = 300 B^2 v_k (\text{м}^3/ч).$$

Производительность дробилок может определяться по прејскурантным данным;

v_k — скорость движения материала при входе в аспирируемое укрытие или оборудование в $м/сек$;

B — ширина ленты конвейера в $м$, принимаемая по ширине ленты для поступающего материала;

n — число подающих устройств на конвейер по всей его длине;

K_y — коэффициент укрытий на конвейерах, который принимается для непроходных укрытий равным 1,00, для проходных — 1,35;

v_d — скорость движения ленты конвейера в $м/сек$;

F_n — площадь неплотностей и открытых проемов аспирируемого укрытия или кожуха в $м^2$;

L — длина конвейера или транспортного устройства в $м$;

W_y — объем укрытия или кожуха в $м^3$.

Величину v_k следует определять по формуле

$$v_k = \sqrt{19,62H(1 - 1,2fctg\alpha) + (v_{\text{нач}} \cdot K_T)^2} [\text{м.сек}],$$

где H — высота падения материала от места подачи до габарита

ритов укрытия в m (высота падения материала в самом оборудовании и в аспирируемом укрытии не учитывается);

f — коэффициент трения материала о поверхность течи;

α — угол наклона загрузочной течи к горизонтали в град;

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

$v_{нач}$ — начальная скорость движения материала в течение $m/сек$.

При подаче материала в течи или укрытия из конвейеров, конусных или щековых дробилок, а также сепараторов и грохотов начальная скорость движения материала в плоскости выхода его из оборудования принимается равной 0. При подаче материала из валковых дробилок начальная скорость движения материала определяется из выражения

$$v_{нач} = \frac{D \cdot 3,14n}{60} [м/сек],$$

где D — диаметр дробящих валов в m ;

n — число оборотов вала в $об/мин$.

Для течек и желобов определение скорости v_k ведется путем последовательного расчета для каждого прямого участка, начиная от места выдачи материала.

Приводим пример определения объемов аспирации от укрытий дробилок и грохота, а также от укрытия на ленте транспортера для второй и третьей стадий дробления.

В примере принята обычная схема среднего и мелкого дробления: конусная дробилка среднего дробления — грохот — конусная дробилка мелкого дробления — выдача дробленого материала на ленту. Загрузка дробилки КСД-2200А происходит по течке, имеющей излом.

Производительность дробилки $W_m = 300 \text{ м}^3/ч$.

Коэффициент трения руды о сталь $f = 0,58$.

Определяем объем отсоса от укрытия дробилки.

Высота падения материала по течке под углом к горизонту $\alpha = 40^\circ - 2 \text{ м}$.

$$v_k = \sqrt{19,62 \cdot 2(1 - 1,2 \cdot 0,58 \operatorname{ctg} 40^\circ)} = 3 \text{ м/сек}.$$

На втором участке падение материала идет под углом 90° , высота падения 1 м. Увеличение угла наклона $90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$.

Коэффициент, учитывающий изменение скорости, $K_T = 0,64$.

$$v_k = \sqrt{(v_k K_T)^2 + 19,62H} = \sqrt{(3 \cdot 0,64)^2 + 19,62 \cdot 1,0} = 4,8 \text{ м/сек}.$$

Объем воздуха, вносимого материалом,

$$L_s = 0,12 W_m v_k^2 = 0,12 \cdot 300 \cdot 4,8^2 = 970 \text{ м}^3/ч.$$

Объем воздуха, подсасываемого через неплотности,

$$L_n = 250 D v_k = 250 \cdot 2,2 \cdot 4,8 = 2650 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где D — диаметр дробилки.

Суммарный объем аспирации

$$L = 970 + 2650 = 3620 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Из дробилки КСД материал разгружается на инерционный грохот 1750×3500 . При этом руда падает до рудной подушки с высоты $H=2,5$ м под углом 90° .

Конечная скорость падения материала

$$v_k = \sqrt{19,62 \cdot 2,5} = 7,0 \text{ м/сек}.$$

Изменение движения материала на рудной подушке равно 45° ; $K_T=0,69$; высота падения материала $H=2$ м.

$$v_k = \sqrt{19,62 \cdot 2 + (7,0 \cdot 0,69)^2} = 7,94 \text{ м/сек}.$$

Объем воздуха, вносимого падающим материалом,

$$L_s = 0,2 W_m v_k^2 = 0,2 \cdot 340 \cdot 7,94^2 = 4280 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Объем воздуха, подсасываемого через неплотности,

$$L_n = 300 W_y = 300 (2,2 \cdot 3,8 \cdot 2,5) = 6000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Здесь W_y — объем укрытия грохота.

$$L_a = 4280 + 6000 = 10280 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Далее материал из грохота направляется на мелкое дробление в дробилку КМД—2200—600. Производительность дробилки $W_m=200$ м³/ч. Участок первый. Падение материала по наклонной течке под углом 40° . Высота падения $H=2,1$ м.

$$v_k = \sqrt{19,62 \cdot 2,1 (1 - 1,2 \cdot 0,58 \operatorname{ctg} 40^\circ)} = 2,65 \text{ м/сек}.$$

Участок второй. На этом участке направление течки меняется, и угол падения материала становится равным 90° . Высота падения $H=1$ м. Увеличение угла $90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$. $K_T=0,64$.

Отсюда конечная скорость падения материала

$$v_k = \sqrt{(2,65 \cdot 0,64)^2 + 19,62 \cdot 1,0} = 4,75 \text{ м/сек}.$$

Объем воздуха, вносимого материалом,

$$L_s = 0,12 \cdot 220 \cdot 4,75^2 = 600 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Объем воздуха, подсасываемого через неплотности,

$$L_n = 150 \cdot 2,2 \cdot 4,75 = 1600 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$L_a = 600 + 1600 = 2200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Из дробилки КМД—2200—600 дробленый материал разгружается на конвейер:

$$W_n = 200 \text{ м}^3/\text{ч}; \text{ ширина конвейера } B = 1600 \text{ мм.}$$

Материал падает на рудную подушку с высоты 3 м под углом 90° .

$$v_k = \sqrt{19,62 \cdot 3,0} = 7,6 \text{ м/сек.}$$

Далее направление движения материала меняется под углом 45° , и тогда $K_T = 0,69$. Высота падения материала $H = 2 \text{ м}$.

$$v_k = \sqrt{(7,6 \cdot 0,69)^2 + 19,62 \cdot 2,0} = 8,3 \text{ м/сек.}$$

Объем воздуха, вносимого материалом в укрытие,

$$L_s = 0,2 W_n v_k^2 = 0,2 \cdot 220 \cdot 8,3^2 = 3050 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Объем воздуха, подсасываемого через неплотности укрытия на конвейере,

$$L_n = 460 B^2 v_k = 460 \cdot 1,6^2 \cdot 8,3 = 9800 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Пересыпка подрешеточного материала на конвейер

$$W_m = 300 - 200 = 100 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Падение материала на рудную подушку с высоты 4,0 м под углом 90° .

$$v_k = \sqrt{19,62 \cdot 4,0} = 8,8 \text{ м/сек.}$$

Скольжение материала по течке и частично по рудной подушке $H = 3,0 \text{ м}$; $\alpha = 50^\circ$; $\beta = 40^\circ$; $f = 0,58$; $K_T = 0,63$.

$$v_k = \sqrt{(8,8 \cdot 0,63)^2 + 19,62 \cdot 3,0 (1 - 1,2 \cdot 0,58 \operatorname{ctg} 50^\circ)} = 8,4 \text{ м/сек.}$$

Далее материал падает на конвейер:

$$H = 2,0 \text{ м}; \alpha = 90^\circ; \beta = 40^\circ; K_T = 0,64.$$

$$v_k = \sqrt{(8,4 \cdot 0,64)^2 + 19,62 \cdot 2} = 8,3 \text{ м/сек.}$$

Объем воздуха, вносимого материалом,

$$L_s = 0,2 \cdot 120 \cdot 8,3^2 = 1650 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Объем воздуха, подсасываемого через неплотности,

$$L_n = 460 \cdot 1,6^2 \cdot 8,3 = 9780 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Количество воздуха, аспирируемого от укрытия конвейера, складывается из объемов, вносимых материалом из дробилки и подрешеточного продукта и подсасываемых через неплотности при $v_k = 8,3 \text{ м/сек}$:

$$L_a = 3050 + 9780 + 1650 = 14480 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Сводка аспирируемых объемов:

1. Загрузка дробилки КСД—3620 $\text{м}^3/\text{ч}$.

Из пластинчатых питателей тяжелого типа	Обычного типа	$0,2W_{\text{м}}v_{\text{к}}^2$ $60B^2v_{\text{к}}^2 \frac{v_{\text{д}}}{n}$	$460B^2v_{\text{к}}K_{\text{у}}$	$0,04v_{\text{к}}^2$	
	Типа СИОТ	Принимается по опытным данным			
Из молотковой дробилки	Обычного типа				
	Из палковой дробилки	$0,12W_{\text{м}}v_{\text{к}}^2$ $36B^2v_{\text{к}}^2 \frac{v_{\text{д}}}{n}$	$460B^2v_{\text{к}}K_{\text{у}}$	$0,04v_{\text{к}}^2$	
Бункер или замкнутая полость	Реверсивным конвейером	$2,1W_{\text{м}}$ $630B^2v_{\text{д}}$	$3600F$ $110BL$		L — общая длина загрузки зочной шели
	Саморазгружающейся тележкой	$(7,0 - 0,0025W_{\text{м}}) W_{\text{м}}$ $225B^2v_{\text{д}} (9,4 - B^2v_{\text{д}})$	$3600F$ $80BL + 900B^2$	$0,05 \div 0,15$	
	Через стационарную тележку	$0,12W_{\text{м}}v_{\text{к}}^2 + W_{\text{м}}$ $36B^2v_{\text{к}}^2 \frac{v_{\text{д}}}{n} + W_{\text{м}}$	$3600F$		

Формулы для определения объемов аспирации

Место установки укрытия (прием материала)	Условие подачи материала	Данные об укрытиях	Выражение для определения объема воздуха в м³/ч		Разрежение в полости укрытия в кг/м²	Примечания
			L_3	L_H		
Конвейер	Через течки с конвейеров, из сепараторов, из подрешеточной части грохотов	Типа СИОТ	$0,54 W_M v_K^2$ $16 B^2 v_K^2 v_H \frac{1}{n}$	$180 B^2 v_K^2 K_y$	$0,03 v_K^2$	
		Обычного типа, ограниченное уплотняющими щитками	$0,12 W_M v_K^2$ $36 B^2 v_K^2 v_H \frac{1}{n}$	$2350 v_K F_H K_y$ $460 B^2 v_K K_y$	$0,04 v_K^2$	
		Типа СИОТ	$0,2 W_M v_K^2$ $60 B^2 v_K^2 v_H \frac{1}{n}$	$180 B^2 v_K K_y$	$0,03 v_K^2$	Для щелевых дробилок величину L_3 следует увеличивать в 2 раза
Конвейер	Из дробилок конусных, щелевых и подрешеточной части грохота	Обычного типа, ограниченное уплотняющими щитками	$0,2 W_M v_K^2$ $60 B^2 v_K^2 v_H \frac{1}{n}$	$2350 v_K F_H K_y$ $460 B^2 v_K K_y$	$0,04 v_K^2$	
		Типа СИОТ	$0,2 W_M v_K^2$ $60 B^2 v_K^2 v_H \frac{1}{n}$	$180 B^2 v_K K_y$	$0,03 v_K^2$	

Конусные дробилки, загрузочная часть	Из течек питателей	Кожух над вер- хом дробилки	$0,12 W_{\text{м}} v_{\text{к}}^2$	$2350 v_{\text{к}} F$ $250 D v_{\text{к}}$	$0,04 v_{\text{к}}^2$	D — диаметр дробилки
Щековые дробилки, загрузка	Из пластинчатых конвейеров	Сплошное ук- рытие, включая пластинчатый пи- татель с проемом для наблюдений	$0,2 W_{\text{м}} v_{\text{к}}^2$	$3600 F$ $4500 (a+b)$	0,15	a и b — разме- ры зева дробилки
	Из течек	Плотные присое- динения с рас- ширением для отсасывающей воронки	$0,12 W_{\text{м}} v_{\text{к}}^2 \cdot 1,15$	$0,12 W_{\text{м}} v_{\text{к}}^2 \cdot 1,15$	$0,04 v_{\text{к}}^2$	
Молотко- вые дробилки	Из течек под уг- лом с подачей материала по на- правлению вра- щения ротора	Плотное присое- динение с рас- ширением для отсасывающей воронки	$0,12 W_{\text{м}} v_{\text{к}}^2$		$0,04 v_{\text{к}}^2$	
Пластинча- тые конвейеры	Из дробилок	Укрытие с уплот- нением типа ук- рытий на конвей- ерах	$0,2 W_{\text{м}} v_{\text{к}}^2$	$700 B^2 v_{\text{к}}$	$0,04 v_{\text{к}}^2$	
Шнеки	Из течек питателей	Плотное присое- динение к шнеку	$0,06 W_{\text{м}} v_{\text{к}}^2$	$10 L$	0,1	L — длина шнека
Элеваторы	Из течек питателей	Отсос от кожуха элеватора	$0,12 W_{\text{м}} v_{\text{к}}^2$	$1400 F$	0,25	F — поперечное сечение кожуха

Место установ- ки укры- тия (прием материала)	Условия подачи материала	Данные об укрытиях	Выражение для определения объема воздуха в м³/с		Разрежение в полости укрытия в кг/м²	Примечания
			L_3	L_H		
Бункер или замкнутая полость	Конусные дро- билки, щековые и подрешеточный продукт грохота	Плотный бункер с открытыми прое- мами или щелью площадью F_m	$0,2W_m v_k^2 + W_m$	$3600F$	0,15	
	Молотковые дро- билки		$0,2W_m v_k^2$	$3600F$		
	Валковые дро- билки		$0,12W_m v_k^2 + W_m$	$3600F$		
Грохоты	Через течки, пи- татели	Укрытие, уста- новленное на ра- ме грохота	$0,12W_m v_k^2$ $36B^2 v_k^2 v_d$	$100(a+b)v_k$	$0,04v_k^2$	Ширина a и длина b гро- хота
		Укрытие кабин- ного типа, не свя- занное с кон- струкцией гро- хота	$0,12W_m v_k^2$ $36B^2 v_k^2 v_d$	$360W_y$	0,24	W_y — объем укрытия
	Из конусных, ще- ковых дробилок	Укрытие, уста- новленное на ра- ме грохота	$0,2W_m v_k^2$	$100(a+b)v_k$		
		Укрытие кабин- ного типа, не свя- занное с кон- струкцией гро- хота	$0,2W_m v_k^2$	$360W_y$		

2. Разгрузка дробилки КСД—10 280 м³/ч (укрытие грохота).

3. Загрузка дробилки КМД — требуется объем отсасываемого воздуха, равный 2200 м³/ч, а количество воздуха, эжектируемого материалом, проходящим через дробилку, составляет 3050 м³/ч. Этот объем воздуха эжектируется через дробилку, не имеющую неплотностей, и поэтому нет необходимости в устройстве отсоса от места загрузки этой дробилки;

4. Разгрузка дробилки КМД—14 480 м³/ч.

Суммарный объем аспирации от пылящих мест второй и третьей стадий дробления

$$3620 + 10\,280 + 14\,480 = 28\,380 \text{ м}^3/\text{ч},$$

что составляет на 1 т руды около 94 м³ воздуха, а суммарно с объемами аспирации первой стадии дробления, расчеты которых здесь не приведены, — около 110 м³ на 1 т руды. Этот объем весьма близок к усредненному объему, принятому в практике США. Эффективность аспирационных установок с объемами воздуха, весьма близкими с полученными по расчету, побудила автора рекомендовать именно этот метод расчета.

Для очистки воздуха перед его выбросом можно рекомендовать применение следующих пылеулавливающих устройств:

а) приемные бункеры руды — мокрые пылеотделители, устанавливаемые на открытом воздухе с расчетной температурой до —25°, с защитными мероприятиями против замерзания. При температуре ниже —25° следует применять матерчатые фильтры, но при условии поступления в них неувлажненного материала;

б) крупное, среднее и мелкое дробление руд, склады и бункеры дробленой руды, перегрузочные узлы — мокрые пылеуловители (промыватели СИОТ, пленочные циклоны ЛИОТ и ВТИ-ПСЦ, пенные фильтры и др.).

Степень очистки выбросов, содержащих пыль, должна отвечать СНиП II-Г.7-62.

При осуществлении мокрой очистки сложным являясь вопрос об использовании отработанной воды, содержащей примерно 15—20 г твердых веществ в одном литре. Устройство зумпфов, фильтров и шламовых коммуникаций сопряжено со значительными первоначальными затратами, однако в некоторых случаях они быстро окупаются. Например, по данным института «Иргиредмет», содержание сульфидного молибдена в осевшей пыли в 5—6 раз превышает содержание молибдена в исходной руде. Этот факт подчеркивает то обстоятельство, что при проектировании следует учитывать ценность пыли и необходимость ее максимального полного улавливания и с точки зрения борьбы с потерями металла.

В качестве примера приведем цех крупного дробления комбината Тырны-Ауз, оборудованный двумя щековыми дробилками. Аспирация и пневмогидрообеспыливание этого цеха представлены на рис. 79. В укрытии питателя предусмотрена установка двух пневмораспылителей типа «Иргиредмет» с веерными насадками. Над зевом установлен один пневмораспылитель с конусной насадкой, встроенный в укрытие зева дробилки.

Особое внимание обращено на обеспыливание места выхода дробленого материала на ленту транспортера. Это место является общим как для дробленого материала, так и для материала, отгрохоченного на колосниковом грохоте. Укрытие общее — типа СИОТ с аспирацией. В укрытии, ближе к месту выхода материала, установлена одна форсунка типа «Иргиредмет» с плоским веером. Факел направлен навстречу движению материала. Место ссыпки просыпи из-под пластинчатого питателя (у головной части транспортера) также снабжено укрытием типа СИОТ с аспирацией. В этом укрытии установлен один пневмораспылитель с плоским веером, у которого факел также направлен навстречу движению материала. Для создания некоторого разрежения в подфундаментном пространстве, последнее максимально герметизировано и из головной его части предусмотрена аспирация.

Помимо перечисленных мероприятий по борьбе с пылью, предусмотрена мокрая уборка цеха и поддержание полов постоянно во влажном состоянии. Объемы аспирации следующие: от укрытия над зевом дробилки и колосниковым грохотом — $8000 \text{ м}^3/\text{ч}$, от укрытия над просыпью мелочи из-под пластинчатого питателя — $4000 \text{ м}^3/\text{ч}$, от укрытия в месте выхода материала из-под дробилки и отгрохоченной мелочи из колосникового грохота — $8000 \text{ м}^3/\text{ч}$, от герметизированного подфундаментного пространства — $4000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Общий объем аспирации от каждой из двух щековых дробилок составляет

$$8000 + 4000 + 8000 + 4000 = 24000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Аспирация осуществляется двумя системами: первая из них обслуживает укрытия над зевом дробилки и над просыпью мелочи, вторая — укрытие над местом выхода дробленой мелочи на ленту транспортера и вытяжку из подфундаментного пространства. Производительность каждой системы $12000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Очистка воздуха на мокрых циклонах типа СИОТ. Выброс — факельный.

Весь комплекс мероприятий позволяет поддерживать запыленность воздуха в цехе крупного дробления не выше $0,8 \text{ мг}/\text{м}^3$. Следует заметить, что влажность руды колеблется в пределах

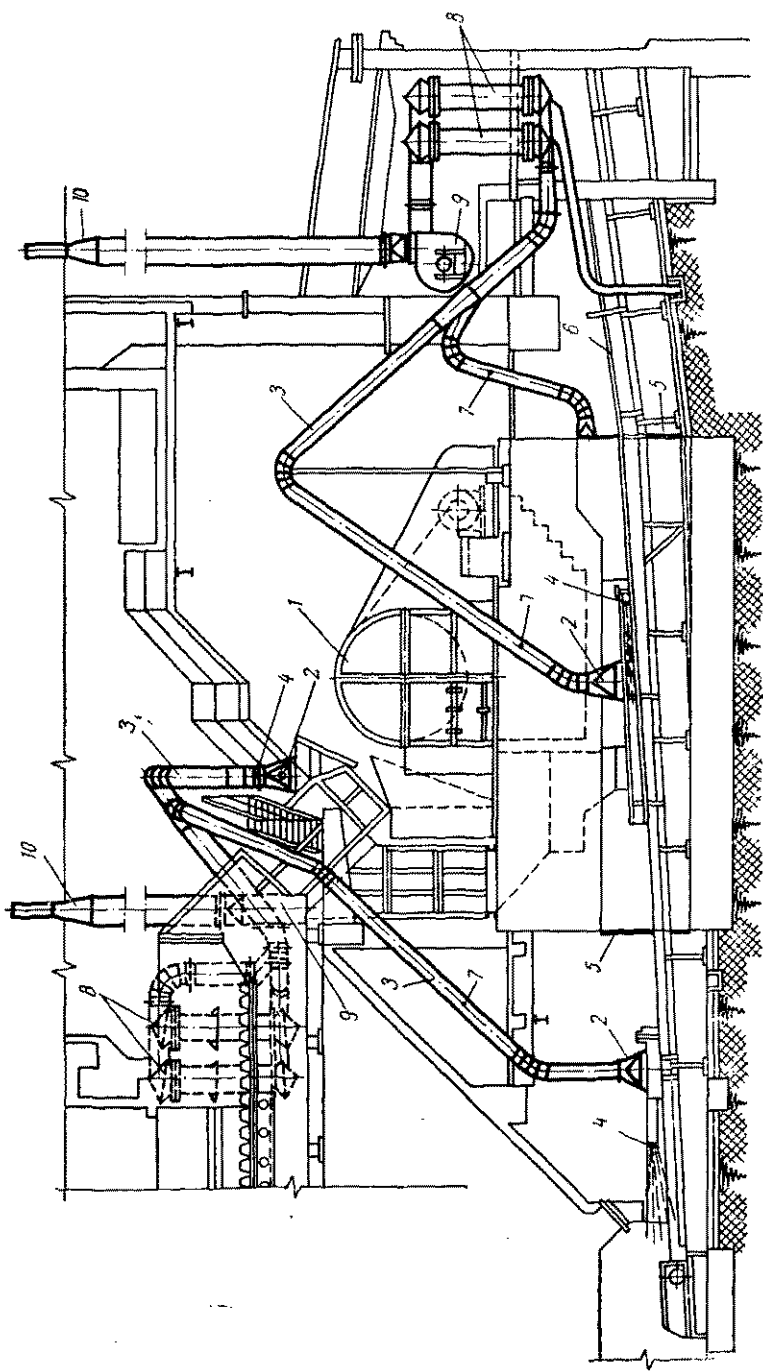


Рис. 79. Отделение крупного дробления Тырыны — Аузского горнообогатительного комбината

1—шлюзовая дробилка; 2—аспирационная воронка; 3—воздуховод; 4—воздуховоды; 5—ограждение торцов подфундаментного пространства; 6—транспортер; 7—питомерная отверстие; 8—СИОТ; 9—циклон типа СИОТ; 10—факальный выброс

от 2 до 4,8%, т. е. руды являются пылящими. Эффект обеспыливания достигается пневмогидрораспыливанием и в меньшей степени аспирацией.

В дробильном цехе Хинганского оловянного комбината руда проходит все три стадии дробления и грохочения.

В отделении крупного дробления, оборудованном пластинчатым питателем, щековой дробилкой, колосниковым грохотом и транспортной лентой, аспирация осуществляется от укрытия в месте ссыпки дробленого материала на транспортную ленту в объеме $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Подфундаментное пространство щековой дробилки периодически увлажняется с помощью пневмораспылителя ТОН-5, факел которого направлен навстречу движению транспортной ленты. Давление воздуха, подаваемого в пневмораспылитель, — 5 атм, воды — 4 атм. Увлажнение воздушной среды цеха и пола осуществляется вторым туманообразователем, установленным на ограждении площадки над зевом щековой дробилки. Этим же туманообразователем путем поворота его на шарнирном креплении можно подавлять пыль, выбивающуюся из зева щековой дробилки. Факел, образуемый туманообразователем, достигает 15 м длины и перекрывает все помещение крупного дробления.

Отделения среднего и мелкого дробления расположены в одном помещении. Оборудование состоит из двух конусных дробилок, двух ленточных транспортеров и двух пересыпок. Искусственное увлажнение воздушной среды и смачивание полов осуществляются одним туманообразователем (ТОН-5), установленным на галерее у перегрузочного узла ленточного транспортера. Загрузочная часть дробилок оборудована простейшим укрытием в виде фартуков из бейтинга. Укрытия снабжены аспирацией с извлечением воздуха в объеме $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждую дробилку. Так же аспирируются места выхода материала из конусных дробилок на ленту. Аспирируется и перегрузочный узел. Объемы аспирации — по $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждую точку. Для увлажнения воздуха в подфундаментном пространстве дробилок, а также для воспрепятствования выбивания пыли из него установлен один туманообразователь ТОН-5 с факелом, направленным навстречу движению ленты.

В отделении грохочения, оборудованном двумя грохотами, аспирация отсутствует. Все пылеподавление осуществляется двумя туманообразователями, установленными за грохотами с факелом, направленным под углом $30\text{—}35^\circ$ к горизонту. Несмотря на отсутствие аспирации, эффект от работы туманообразователей настолько велик, что содержание пыли в воздушной среде помещения грохочения в два с лишним раза меньше, чем в коридоре, где из-за общей запыленности всей площади обогатительной фабрики, расположенной в непосредственной близости от открытого карьера, запыленность достигает $9,7\text{—}10,5 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Из этих двух примеров аспирации и пневмогидрообеспыливания дробильных цехов видно, что преобладающая роль в борьбе с пылью в процессе транспортирования, дробления и грохочения руд (негидрофобных), принадлежит пневмогидрообеспыливанию. Поэтому рекомендуется при проектировании средств обеспыливания особое внимание уделять вопросу гидрообеспыливания.

§ 37. БОРЬБА С ВТОРИЧНЫМ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЕМ

В общей запыленности дробильных цехов рудообогатительных фабрик доля, приходящаяся на вторичное пылеобразование, составляет 30—40%. Поэтому вопросу борьбы с вторичным пылеобразованием при проектировании должно уделяться достаточное внимание.

Мероприятия по борьбе с вторичным пылеобразованием:

- периодическое дождевание помещений;
- постоянное поддержание полов во влажном состоянии;
- мокрая уборка цехов.

Искусственное повышение влажности воздушной среды на многих предприятиях дало хороший эффект. Однако дождевание еще мало изучено, и особенно мало изучена коагуляция мелкодисперсных частиц пыли, витающих в воздухе, в результате встречи их с капельками воды. Первую попытку теоретически обосновать и дать исходные данные для проектирования дождевальных установок сделал инженер М. В. Раков.

Согласно рекомендациям ленинградского Промстройпроекта, для дождевания следует применять форсунки вихревого или ударного действия с тем, чтобы величина капелек воды, распыляемых этими форсунками, находилась в пределах 60—100 мк. При этом не рекомендуется применять форсунки с пневмораспылением. Это положение, однако, считается спорным, ибо получение той или иной дисперсности капелек на пневмораспылителях достигается чрезвычайно просто либо поворотом регулировочной шайбы, либо регулировкой вентилями на трубопроводах сжатого воздуха и воды. Вместе с тем известно, что пылеподавление достигается при капельках воды размером от 40 мк.

Серьезным и весьма существенным недостатком форсунок вихревого или ударного действия, как это показала практика эксплуатации, является их частая засоряемость. Для целей дождевания форсунки должны размещаться под потолком помещений, при этом, естественно, прочистка их будет чрезвычайно усложнена, а порой в условиях действующего цеха и вовсе невозможна. Правда, при применении обычных форсунок несколько снижаются эксплуатационные расходы, так как отсутствует потребление сжатого воздуха, но стоимость дождевания при применении форсунок вихревого или ударного действия бу-

дет меньше, чем расходы на наблюдение и прочистку форсунок обычного типа. Кроме того, форсунки дождевания работают весьма непродолжительное время, и следовательно, расход сжатого воздуха будет ничтожен. Институт «Иргиредмет» в результате многолетней практики в производственных условиях вообще не рекомендует применение форсунок типа МакНИИ. По рекомендациям ленинградского Промстройпроекта, во избежание бесполезного смачивания поверхности стен форсунки типа МакНИИ следует размещать не вплотную к ним, а на расстоянии, равном половине диаметра факела форсунки.

Максимальная площадь пола, орошаемая одной вертикально расположенной форсункой, определяется из выражения (рис. 80):

$$f = \pi l^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} [\text{м}^2], \quad (84)$$

а диаметр орошаемой площади

$$D = 2l \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} [\text{м}], \quad (85)$$

где l — длина действия факела в м;

α — угол раствора факела.

Значения G , l , α , D и f для форсунок типа МакНИИ с диаметром отверстия 2 мм приведены в табл. 21.

Таблица 21

Давление у форсунки в кг/см ²	G , л/ч	α , град	l , м	D , м	f , м ²
2,0	78	80	1,4	2,3	4,1
2,5	80	82	1,5	2,6	5,3
3,0	92	83	1,6	2,8	6,1
4,0	103	84	1,7	3,0	7,0

Размещать форсунки типа МакНИИ рекомендуется в шахматном порядке. При этом длину стороны квадрата определяют как произведение диаметра факела на коэффициент C . Значение C рекомендуется принимать в пределах от 1,0 до 1,25 (рис. 81).

Количество влаги, испаряющейся со смоченной поверхности пола при нормальном барометрическом давлении, определяется согласно СН 7-57, § 165, раздел III (Временные ТУ проектиро-

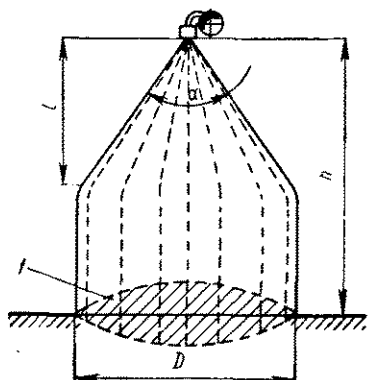


Рис. 80. Максимальная площадь пола, орошаемая одной форсункой обычного типа

вания дождевальных установок, серия РМ-686, ленинградский Промстройпроект):

$$G = (a + 17,4v)(p_2 - p_1)f [z'v], \quad (86)$$

где a — фактор гравитационной подвижности окружающей среды, равный 31;

v — подвижность воздуха над смоченной поверхностью пола, которая может приниматься от 0,3 до 0,5 м/сек;

p_2 — упругость водяных паров, насыщающих воздух, при температуре поверхности испаряющейся жидкости, в мм рт. ст.;

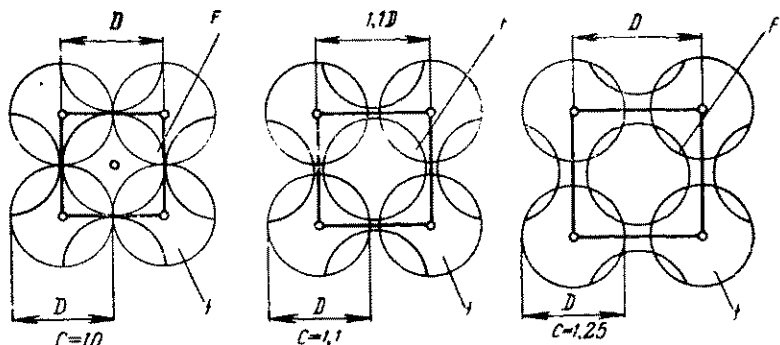


Рис. 81. Размещение форсунок дождевания в шахматном порядке

p_1 — упругость водяных паров в окружающем воздухе с температурой t , при степени его насыщения ϕ , в мм рт. ст.

Так как испарение влаги с пола помещения происходит за счет теплоты окружающего воздуха по адиабатическому процессу, температуру поверхности испаряющейся воды следует считать равной температуре мокрого термометра по состоянию воздуха (t, ϕ) в рабочей зоне помещения. Для температуры мокрого термометра находят все значения по $l-d$ диаграмме.

В тех случаях, когда обогатительные фабрики расположены на значительной высоте над уровнем моря для определения барометрического давления можно пользоваться формулой, дающей достаточно точные результаты:

$$A = (18,4 + 0,060t) \lg \frac{H}{H_1}, \quad (87)$$

где A — высота над уровнем моря в км;

t — средняя температура воздуха на участке между уровнем моря и рассматриваемой точкой в °C;

H — давление над уровнем моря, в среднем 760 мм рт. ст.;

H_1 — давление на высоте A .

Решая это уравнение относительно H_1 , имеем

$$\lg H_1 = \lg H - \frac{A}{18,4 + 0,060t}.$$

Как известно, $I-d$ диаграмма построена для обычного барометрического давления $B=760$ мм рт. ст. При других барометрических давлениях линия $\varphi=\text{const}$, в том числе и кривая насыщения $\varphi=100\%$, будет смещаться. При изменении барометрического давления кривую насыщения можно построить, пользуясь уравнением

$$d = 623 \cdot \frac{\varphi p_n}{B} \cdot 2 [\kappa z],$$

где d — влагосодержание в г/кг;
 φ — относительная влажность;
 B — барометрическое давление в мм рт. ст.;
 $\varphi p_n = p_n$ — парциальное давление.

При увеличении барометрического давления линия насыщения ($\varphi=100\%$) на диаграмме смещается вверх, а при понижении — вниз. При барометрическом давлении, равном 380 мм рт. ст. кривая насыщения $\varphi=100\%$ стала бы кривой для $\varphi=50\%$ нормального барометрического давления (760 мм рт. ст.). Небольшими изменениями барометрического давления порядка ± 20 мм рт. ст. можно пренебречь.

Продолжительность действия форсунок τ в течение часа определяется условием поддержания пола все время во влажном состоянии по выражению:

$$\tau = 0,06 \frac{\varepsilon}{\xi} \cdot \frac{g}{\Phi G} \quad (88)$$

где ξ — коэффициент, учитывающий испарение капелек воды при движении их от форсунок до пола;

ε — коэффициент запаса на неучтенные факторы процессов орошения пола и испарения воды;

Φ — количество форсунок.

Впредь до практического уточнения значения коэффициентов можно принимать:

$\xi = (1 - 0,15h)$ — при средней крупности капелек факела, равной 60 мк;

$\xi = (1 - 0,05h)$ — при величине капелек, равной 80 мк;
 $\varepsilon = 1,5 \div 2$.

Продолжительность действия τ мин/ч дождевальнoй установки следует определять для летнего, зимнего и переходного времен года, имея в виду меняющиеся параметры воздушной среды в рабочей зоне помещения. Действие форсунок общей продолжительностью τ мин/ч осуществляется периодически, но не более чем с тремя интервалами в час. Включение и выключение

чение таких установок, естественно, должно производиться автоматически с помощью реле времени. Вода, питающая форсунки, по своим качествам должна отвечать питьевой.

Сравним количество форсунок типа МакНИИ с диаметром отверстий 2 мм и пневмораспылителей типа «Иргиредмет», необходимых для орошения помещения, имеющего в плане размеры 12×6 м и высоту 6 м. Давление перед форсунками 4 атм. Тогда производительность каждой форсунки типа МакНИИ будет 103 л/ч, а максимальная площадь пола, орошаемая одной форсункой, 7 м². При диаметре орошаемой одной форсункой площади, равном 3,0 м, и размещении форсунок так, чтобы они не смачивали стены, их необходимо 25 штук.

Ведя расчет на летний период при $t_{\text{вн}} = +23^{\circ}\text{C}$ и влажности $\varphi = 60\%$, находим по диаграмме $I - d$ $P = 15,5$ мм рт. ст. и $P_1 = 13$ мм рт. ст. Количество испаряющейся влаги будет:

$$G = (31 + 17,4 \cdot 0,5) \cdot (15,5 - 13) \cdot 72 = 6426 \text{ г/ч.}$$

Продолжительность действия форсунок при размещении их на высоте 5 м будет:

$$\tau = 0,06 \cdot \frac{2}{1 - 0,15 \cdot 6} \cdot \frac{6426}{25 \cdot 103} = 0,7 \text{ мин/ч,}$$

т. е. в течение часа два раза по 21 сек.

Если же вместо форсунок типа МакНИИ установить пневмораспылители типа «Иргиредмет» с плосковоерными насадками, то при ширине факела, равной 1 м, и длине его, равной 12 м, необходимо установить только 6 форсунок, т. е. в 4 раза меньше. Количество воды, распыляемой этими форсунками, будет максимум 1440 л/ч, и следовательно, продолжительность их работы должна составлять округленно 1,5 мин в течение часа. При этом расход сжатого воздуха будет:

$$0,2 \cdot 6 \cdot 1,5 = 1,8 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Как видно из приведенного расчета, расход сжатого воздуха ничтожен, а преимущество форсунок пневмогидрообеспыливания бесспорно, так как они не засоряются и, будучи один раз отрегулированы, работают безотказно.

При применении дождевания повышается относительная влажность воздушной среды цеха. Рассчитывая системы отопления, необходимо делать надбавки на тепло, расходуемое в процессе испарения воды, так как процесс происходит адиабатически.

§ 38. МОКРАЯ УБОРКА ЦЕХОВ

Практикующаяся до сих пор на многих рудообогатительных фабриках сухая уборка дробильных цехов совершенно недопустима, так как она служит одним из источников повышения запыленности.

давление воды	2,0—3,0	ати
длина факела	5,0—15,0	м
ширина	2,0—3,0	м

Весьма эффективна уборка пыли и просыпи на наклонных полах галерей с постоянным поливом их. Для этой цели могут служить две полудюймовые трубы, подведенные к верхней части

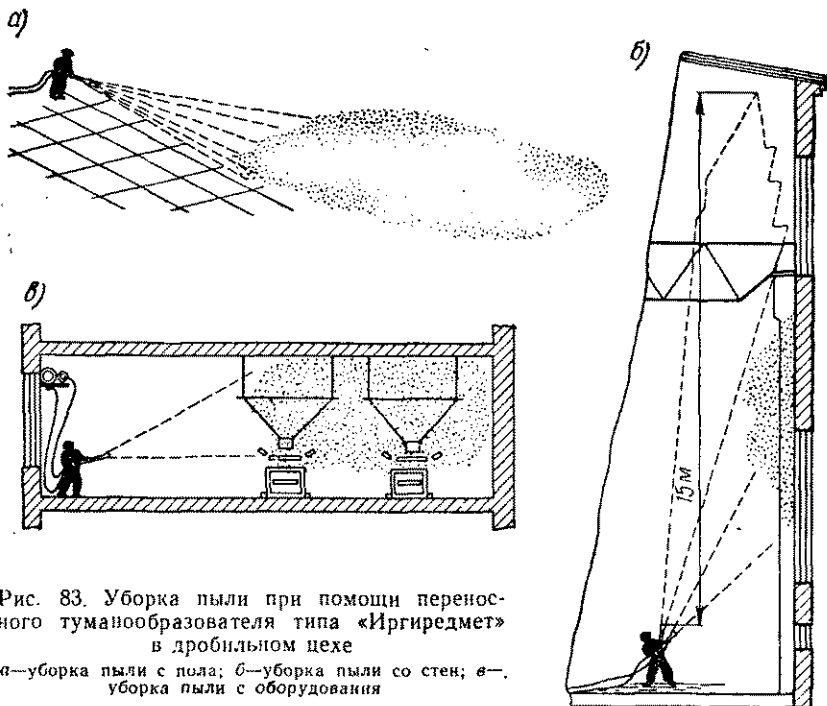


Рис. 83. Уборка пыли при помощи переносного туманообразователя типа «Иргиредмет» в дробильном цехе

а—уборка пыли с пола; б—уборка пыли со стен; в—уборка пыли с оборудования

галерей с обеих ее сторон, заканчивающиеся у пола щелевидными насадками, через которые вода плоскими струями поступает на пол и, стекая по нему вниз, попадает в трап.

На рис. 83 показана уборка пыли с помощью пневмоводораспылителя.

§ 39. ПРИТОЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

Основным назначением приточной вентиляции является восполнение объема воздуха, аспирируемого от мест пыления. В практике проектирования часто совмещают приточную вентиляцию с воздушным отоплением. В этом случае необходимо применять автоматическое регулирование температуры подаваемого воздуха.

При проектировании приточной вентиляции следует помнить, что площадки большинства обогатительных фабрик запылены. Поэтому подаваемый в цехи приточный воздух должен, помимо подогрева, предварительно очищаться от пыли в масляных фильтрах. Могут применяться либо ячейковые фильтры типа Рекк, либо самоочищающиеся.

Подачу воздуха в дробильные цехи, как правило, следует производить в верхнюю зону помещений на высоте не менее 3 м от пола через воздухопроводы равномерной раздачи. Возможна также подача воздуха через воздухопроводы со вставками из фильтрующей ткани, например, бязи.

На большинстве предприятий цветной металлургии удаление газов из плавильных, рафинировочных и обжиговых цехов осуществляется через незадуваемые фонари или шахты. Удаляемый через них воздух в значительной степени насыщен газами, концентрация которых в десятки раз больше предельно допустимой по санитарным нормам. При неблагоприятных метеорологических условиях (отсутствие ветра, пониженное атмосферное давление, туман) этот воздух садится вниз, что приводит постепенно к загрязнению воздушного бассейна комбинатов иногда на весьма значительных расстояниях. Поэтому при проектировании приточной вентиляции следует особо тщательно выбирать место забора свежего воздуха.

Надо сказать, что приточные камеры до последнего времени проектируются либо в специально отводимых помещениях внутри цехов, либо в пристройках к зданиям цехов. Это требует сооружения специальных устройств для очистки приточного воздуха от газов, что в большинстве случаев невыполнимо и нерентабельно. Поэтому лучше устраивать центральные приточные камеры с забором, отнесенным на достаточное расстояние. Такие приточные камеры производительностью от 500 000 до 800 000 м³/ч могут выполняться либо с централизованным подогревом воздуха, либо с подогревом его непосредственно у самых цехов. Этот вопрос должен решаться в каждом отдельном случае в зависимости от режима работы цехов, характера выделяющихся в этих цехах вредных и метеорологических условий, требуемых технологическим процессом.

Пример устройства приточной камеры с забором воздуха, отнесенным на 250 м от территории завода, и с централизованным подогревом воздуха приведен на рис. 84.

Забор воздуха в этой приточной камере, обслуживающей плавильный и рафинировочный цехи Рязанского оловянного завода, осуществляется, сообразуясь с направлением господствующих ветров, из небольшой березовой рощи на высоте около 3 м. Воздухозаборный канал, представляющий собой галерею (на чертеже не показан), в силу местных условий проложен на опорах, и только у самой камеры он заглубляется. Приточная ка-

мера запроектирована в виде пристройки к зданию бытовых помещений и находится на расстоянии 100—150 м от обих обслуживаемых ею цехов. Напорный канал от приточной камеры до цехов — железобетонный с соответствующей изоляцией для защиты от проникновения в него ливневых вод.

Камера разделена как бы на три отдельных отсека: в два из них поступает воздух для последующего подогрева в калорифе-

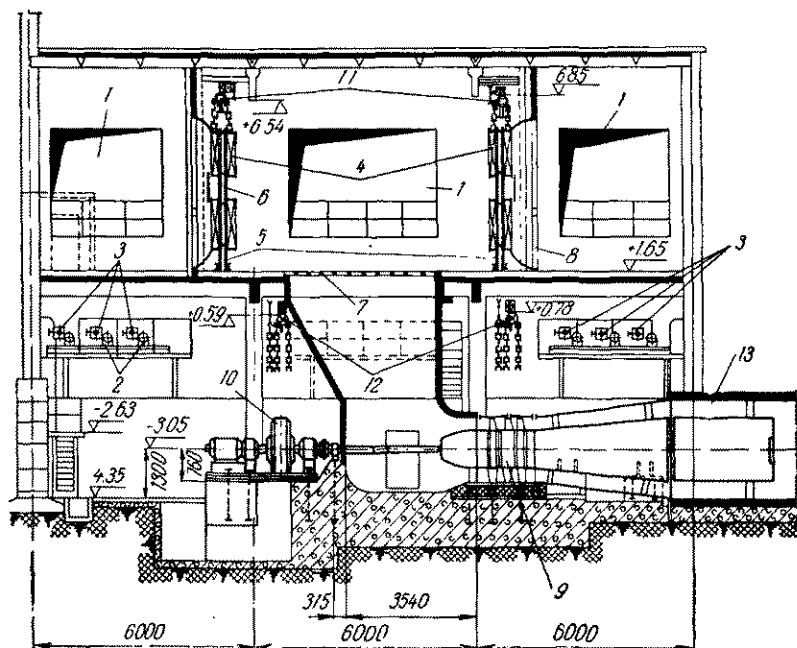


Рис. 84. Центральная приточная камера

1—воздухозаборный канал; 2—горизонтальные дроссель-клапаны; 3—электродвигатель с редуктором; 4—калориферы; 5—рама из швеллеров для навески калориферов; 6—защитка между калориферами; 7—решетки; 8—дверь; 9—двухступенчатый осевой вентилятор, тип «В» УПД, диаметром колеса 1800 мм; 10—электродвигатель типа ДС-1508-6 мощностью 482 квт, 1000 об/мин; 11—червячная таль 1 т; 12—червячная таль 5 т; 13—напорные подземные воздуховоды

рах, в третий отсек поступает воздух, не требующий подогрева, например, в переходный или теплый периоды года, а также в случае смешения его с подогретым. Каждый из трех воздухоподводящих каналов снабжен горизонтальным дроссель-клапаном, приводимым в движение электродвигателем с редуктором. В холодное время года воздух, пройдя калориферы, работающие на перегретой воде, по двум отдельным каналам поступает на два двухступенчатых вентилятора типа «В» УПД, с диаметром колеса 1800 мм. Производительность каждого вентилятора 70 м³/сек при развиваемом давлении 350 кг/м². Привод венти-

ляторов осуществляется двумя электродвигателями ДС-1508-6 мощностью по 482 кВт при 1000 об/мин.

Из камеры приточный воздух по двум отдельным каналам подается к плавильному и рафинировочным цехам. На случай аварии одного из вентиляторов приток для каждого из цехов может осуществляться в половинном размере путем переключения дроссель-клапана, установленного в напорных воздуховодах.

Двухрядная установка калориферов выполнена на специальной раме из швеллеров, что обеспечивает легкий доступ к любому из калориферов, а также замену его в случае необходимости новым. Промежутки между калориферами защиты листовой кровельной сталью. Для смены или ремонта оборудования в камере предусмотрены четыре червячные тали грузоподъемностью по 5 т и по 1 т.

Описанная камера работает более трех лет и показала высокие эксплуатационные качества, в силу чего применение подобных камер для централизованной подачи воздуха может быть рекомендовано. Не исключена возможность применения подобных камер и для других отраслей промышленности.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ ГЛАВНЫХ КОРПУСОВ АГЛОМЕРАЦИОННЫХ ФАБРИК

§ 40. ОСОБЕННОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ ГЛАВНЫХ КОРПУСОВ

Вредностями, сопутствующими технологическому процессу в главных корпусах, являются:

- выделение окиси углерода в спекательном помещении;
- пылеобразование при выдаче агломерата и возврата;
- повышенная влажность в отделении возврата;
- лучистое тепло.

Значительные объемы воздуха, извлекаемого из спекательных помещений под действием эксгаустеров, создают большую по кратности и стабильную вытяжку. В результате все просьмы в этих помещениях работают на приток, создавая в них неорганизованные потоки воздуха и способствуя подсосу воздуха в спекательный зал из ниже расположенного помещения обратного хода тележек, где воздух запылен и имеет высокую температуру.

Как правило, на территории всех агломерационных фабрик в воздухе содержится 60—100 мг/м³ пыли, поэтому неорганизованное поступление воздуха влечет повышенную запыленность почти на всех отметках главных корпусов. Вот почему возникает необходимость при проектировании вентиляционных и аспирационных устройств особое внимание уделять обеспыливанию узла выдачи агломерата. К сожалению, до последнего времени многие проектировщики считали, что поскольку узел выдачи агломерата расположен за пределами здания, то аспирировать его нет надобности. Однако такое решение приведет к запылению не только воздушного бассейна в районе аглофабрики, но и на значительном расстоянии от нее.

§ 41. ВЕНТИЛЯЦИЯ УЧАСТКОВ СПЕКАНИЯ

Для обеспечения в помещениях спекания необходимых метеорологических условий требуется максимальная герметизация агломерационной ленты. В настоящее время промышленностью

выпускаются агломерационные машины с укрытиями, однако ни один из типов этих укрытий не может претендовать на достаточную герметичность, поскольку они не доходят на 2—2,5 м до запального горна.

Для уменьшения подсоса воздуха под действием аглоэксгаустеров можно рекомендовать устройство штор из асбестового полотна, закрывающего торцовую часть укрытия со стороны горна. Объем воздуха, подсасываемого из спекательного помещения, составляет на одну спекательную машину К-75 около 100 000 м³/ч при наличии укрытия. Таким образом, чтобы добиться равенства балансов воздуха по вытяжке и притоку, необходимо на каждую машину К-75 подавать около 100 000 м³/ч. При пяти машинах это составляет 500 000 м³/ч. На подогрев такого количества воздуха необходимо затратить около 6 Гкал/ч.

Получается, что для борьбы с избыточным теплом приходится затрачивать тепло и сооружать для этой цели приточные камеры с подводом к ним теплоносителя. Между тем в главном корпусе имеются значительные теплоизбытки. Поэтому рекомендуется для подогрева воздуха, поступающего в спекательные помещения, использовать поверхность газоходов, проходящих под потолком нижнего помещения главного корпуса, а также патрубки вакуум-камер, при этом на них не нужно будет устраивать изоляцию. Ниже приводится расчет использования тепла газоходов.

Обычно внутренняя температура внутри газохода по всей его длине составляет около 200°, чему отвечает температура на наружной поверхности газохода порядка 110—120°. При этом тепловыделения с одного квадратного метра (табл. 15) составляют 1080 ккал/ч. Следовательно, суммарное поступление тепла с пяти газоходов диаметром каждый 4,5 м, общей протяженностью 180 м будет

$$Q = 1080 \cdot 3,14 \cdot 4,5 \cdot 180 = 3\,000\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Это количество тепла дает возможность нагреть воздух от температуры -25° до +10° в объеме:

$$L = \frac{3\,000\,000}{1,2 \cdot 0,24 \cdot 35} = 300\,000 \text{ м}^3/\text{ч},$$

что вместе с притоком через душ вдоль каждой агломерационной ленты составит

$$40\,000 \cdot 5 + 300\,000 = 500\,000 \text{ м}^3/\text{ч},$$

т. е. по 100 000 м³/ч на каждую аглоленту. При достаточно плотно укрытых машинах получается равенство балансов воздуха по вытяжке и притоку.

Конструктивно приток решается следующим образом. Забираемый снаружи у продольных стен воздух под действием

разрезения, имеющегося на всех отметках главного корпуса, плоскими воздуховодами подается на газоходы. Здесь он, нагреваясь, поступает в специально устроенные щели вдоль стен корпуса и по плоским каналам, проходящим через помещение обратного хода ленты, поступает в спекательное помещение (рис. 85). Подобное решение дает значительную экономию в расходе тепла и освобождает от необходимости устройства приточных камер, однако только в том случае, если воздушная среда не загрязнена.

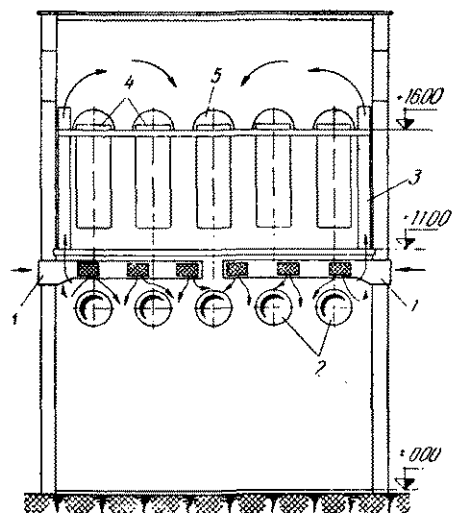


Рис. 85. Приток воздуха в помещение спекания главного корпуса агломерационной фабрики

1—воздухозаборный канал; 2—технологические газоходы; 3—приточный канал; 4—агломерационные машины; 5—укрытие агломерационной машины

Аналогичным образом можно компенсировать объем воздуха, извлекаемого под действием аглоэкстауров из помещения обратного хода тележек, используя для этого тепловыделения от батарейных циклонов газоочистки. Это возможно лишь в том случае, если помещение батарейных циклонов не запылено и удаление пыли из него осуществляется пневмотранспортом.

При проектировании вентиляции главных корпусов агломерационных фабрик следует иметь в виду, что наличие монтажных проемов позволяет рассматривать помещения главного корпуса, расположенные на разных отметках, в какой-то степени как одно общее. Если же монтажные проемы имеют временные перекрытия, то эти допущения делать не следует.

Согласно рекомендациям Временных технических условий и норм (4-71-2а, § 60), над каждым запальным горном должен быть установлен зонт с естественным удалением газов в атмосферу через вертикальные шахты. Объем вытяжки рекомендуется принимать: при спекательных машинах площадью 50 м^2 — $20\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ при машинах площадью 75 м^2 — $30\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Теоретические расчеты объемов удаляемых газов через зонт над запальным горном показывают, что рекомендации ТУиН 4-71-2а завышены примерно на 20—30%.

При наличии достаточно хорошо выполненных укрытий агломерационных лент вытяжные каналы от зонтов над запальными

горнами могут быть присоединены непосредственно к ним, что исключит возможность опрокидывания тяги. Подобное устройство, выполненное на Мундыбашской агломерационной фабрике, дало положительные результаты. Автору представляется, что для полной гарантии от возможного опрокидывания тяги лучше всего для извлечения газов из-под зонта устанавливать над запальными горнами в каналах осевые вентиляторы.

Согласно тем же рекомендациям, каждая из агломерационных машин в спекательном помещении должна иметь душирующую установку с подачей воздуха с обеих сторон ленты через воздуховод с кольцами Рашига.

При проектировании вентиляционных устройств в главных корпусах агломерационных фабрик особое внимание следует уделять узлу возврата.

Там, где охлаждение возврата принято с помощью воды, наблюдается помимо образования пара также выделение пыли. При производительности одной агломерационной машины К-75, равной 1300 т агломерата в сутки, около 600 т составляет возврат, представляющий собой наиболее пылящую часть агломерата вследствие наличия в нем так называемого недопека. Температура возврата, поступающего с колосникового грохота в бункер первичного охлаждения, составляет около 400°. В бункере первичного охлаждения он остывает примерно на 100°. При теплостойкости возврата, равной 0,21 ккал/кг, для охлаждения его на 100° необходимо отнять

$$25\,000 \cdot 100 \cdot 0,21 = 525\,000 \text{ ккал/ч},$$

где 25 000 — количество кг возврата в час.

Вода, с помощью которой происходит охлаждение возврата, нагреваясь до 100°, переходит в состояние насыщенного пара, который должен извлекаться из бункера первичного охлаждения. Необходимый объем воды, подаваемой для охлаждения возврата, можно получить из следующего уравнения

$$G(100 - 15) + 585G = 525\,000 \text{ ккал},$$

где 15° — температура воды.

Отсюда

$$G = \frac{525\,000}{670} = 790 \text{ л/ч}.$$

Объем образующегося пара будет

$$0,79 \cdot 1730 = 1370 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Однако эта цифра должна быть увеличена за счет воздуха, эжектируемого падающим возвратом. Подобное допущение в

данном случае вполне уместно, так как бункер возврата можно рассматривать как аспирируемое укрытие. Определим скорость движения материала при поступлении его в бункер по формуле:

$$v_k = \sqrt{19,62H(1 - 1,2f \operatorname{ctg} \alpha);}$$

$$v_k = \sqrt{19,62 \cdot 2(1 - 1,2 \cdot 0,57 \cdot 1,1)} = 9,8 \text{ м/сек.}$$

Объем воздуха

$$L_s = 0,04k_y W_m v_k^2;$$

$$L_s = 0,04 \cdot 1,35 \cdot 18,5 \cdot 9,8^2 \approx 1000 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Суммарный объем паровоздушной смеси, подлежащий извлечению из бункера возврата, будет:

$$1370 + 1000 = 2370 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Дальнейшее охлаждение возврата перед выдачей его на транспортер производится в барабанах-охладителях. При этом возврат охлаждается до 100° . По аналогичному расчету количество образующегося пара составляет на один барабан — $2750 \text{ м}^3/\text{ч.}$

Обычно вытяжные каналы, служащие для извлечения паровоздушной смеси от бункера-охладителя и барабана-охладителя, при проектировании объединяются в один общий канал. Следует иметь в виду, что внутренние поверхности этих каналов, извлекающих паровоздушную смесь с пылью, должны быть торкретированы. В противном случае они быстро выходят из строя.

При определении сечения каналов следует учитывать

- возможность налипания на них пыли;
- повышенную шероховатость внутренних стенок каналов;
- конденсацию в них влаги.

Поэтому не рекомендуется делать сечения каналов, руководствуясь только расчетом, используя гравитационный напор. Практика показывает, что диаметр объединенного канала не следует принимать менее 1500 мм , но и в этом случае необходимо предусматривать подвод к этим каналам воды для периодической их промывки.

Несмотря на достаточное увлажнение возврата при охлаждении его в бункере, работа тарельчатого питателя, выдающего возврат в барабаны-охладители, обычно сопряжена с выделением пыли. Это объясняется высокой температурой возврата, поступающего на тарельчатый питатель (300°), и наличием мелких фракций недостаточно смоченного недопека.

Хороший эффект локализации пыли достигается устройством кожуха вокруг питателя с щелью между вращающимся ди-

ском и кожухом размером от 1,5 до 2 см. Объем извлекаемого из такого кожуха воздуха следует принимать в количестве 5000 м³/ч. Эта цифра была установлена опытным путем и является минимальной, при которой достигается эффект обеспыливания. При этом аспирационные воронки кожухов тарельчатых питателей желательно присоединять в торец технологических газопроводов. Если по тем или иным причинам выполнить это невозможно, следует устраивать для каждого питателя индивидуальную аспирационную установку с очисткой воздуха перед его выбросом наружу в циклонах типа СИОТ.

Кроме того, в отделении возврата необходимо предусматривать аспирацию мест выдачи возврата из барабанов-охладителей на транспортер. Пыление здесь происходит главным образом за счет наличия мелких фракций недопека, а также мощных конвекционных потоков, уносящих эти мелкие фракции, несмотря на увлажнение в барабанах-охладителях.

Определение объемов аспирации у мест возврата из барабанов-охладителей на ленту транспортера производить по существующим нормам для обеспыливания не представляется возможным, так как высота падения возврата весьма незначительна — всего 300—400 мм. Поэтому на основании экспериментальных данных рекомендуется принимать объем отсоса от каждой пересыпки порядка 4000—5000 м³/ч.

Для локализации выделения пара в месте пересыпки возврата с транспортера на транспортер следует предусматривать устройство укрытия головки верхнего транспортера с отсосом воздуха из него.

Объем воздуха, извлекаемого из этого укрытия, при ширине ленты транспортера 800 мм установлен также опытным путем и составляет 10 000 м³/ч. Теоретически определить объем отсоса не представляется возможным.

Для локализации пара, выделяющегося с транспортера возврата, последний следует заключать в укрытие, не устраивая из него вытяжки, так как выделяющийся пар, устремляясь вверх, попадает в укрытие пересыпки с транспортера на транспортер, снабженное вытяжкой.

Проектировать укрытие транспорта возврата следует так, чтобы оно не препятствовало периодическому доступу к транспортерной ленте. Поэтому боковые свесы такого укрытия лучше всего делать из бельтинга в виде шторок.

В отделении возврата наблюдается также выделение тепла от нагретых поверхностей технологического оборудования. Определение количества тепла, поступающего в помещение от оборудования, производится по формулам (65), (66), (67) и (69) и табл. 15. При проектировании вентиляционных устройств это обстоятельство надо всегда учитывать.

Приток в помещение возврата следует осуществлять отдель-

ной приточной камерой с регулируемой температурой воздуха, с фильтрацией его в масляных самоочищающихся фильтрах. Раздачу воздуха следует производить в верхнюю зону помещения воздуховодом равномерной раздачи.

§ 42. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХООБМЕНОВ НА УЧАСТКАХ ВОЗВРАТА

Для предварительных расчетов по определению объемов воздуха можно считать, что кратность воздухообмена в помещениях возврата при охлаждении его водой составляет в среднем 5—6 обменов в час, а теплоступления от технологического оборудования, влияющие на повышение температуры в рабочей зоне, на одну ленту (агломерационную машину) — 40 000—50 000 ккал/ч.

Кроме перечисленных чисто вентиляционных мероприятий, для улучшения и оздоровления условий труда в главных корпусах аглофабрик должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

—смыв полов в помещениях на нижней отметке и в помещении возврата;

—периодическое дождевание в спекательном помещении, осуществляемое пневмофорсунками типа «Иргиредмет».

Эти мероприятия позволяют значительно снизить запыленность воздуха и поддерживать помещение в санитарном состоянии.

Местом наибольшего образования пыли на всех агломерационных фабриках является погрузка готового агломерата в хопперы. Образующаяся при этом пыль, как показали анализы, состоит в основном из крупных фракций до 100 мк. Однако в ней встречаются и мелкие фракции, правда, в весьма небольшом количестве, которые в большом пылевом облаке представляют уже некоторую опасность для людей. Обычно запыленность воздуха в районе выдачи агломерата без аспирационных устройств доходит до 5000—6000 мг/м³, а иногда и больше.

Особенно сильное пыление наблюдается при погрузке в хопперы неотгрохоченного агломерата. Поэтому первоочередной задачей по борьбе с пылью в узле выдачи агломерата является его грохочение. Объем аспирации от грохотов следует определять для каждого отдельного случая в зависимости от конструкции и размеров грохотов. Можно рекомендовать устройство укрытия кабинного типа, определяя объем аспирации по табл. 7 или по скорости движения воздуха в щелях и проемах укрытия не менее 2 м/сек. Обычно объем аспирации грохота, обслуживающего одну агломашину К-75, составляет около 40 000 м³/ч.

Над хопперами следует проектировать емкие зонты со свежими. Объем воздуха, отсасываемого от каждого зонта, составляет примерно 80 000 м³/ч. Он определен из расчета создания

скорости движения воздуха в зазоре между кромкой зонти и бортом хоппера 2 м/сек. Запыленный воздух, отсасываемый от зонтов над хопперами, следует очищать в батарейных циклонах типа НИИОГАЗ. Пыль, уловленная в циклонах, ссыпается в бункер возврата мелочи и может быть возвращена в процесс. Подобная установка, спроектированная и выполненная на одном из заводов цветной металлургии, показала высокую эффективность. Успешно применяют ее и на Новокриворожском горнообогатительном комбинате № 2. Там объем аспирации через зонт над хоппером составляет 70 000 м³/ч.

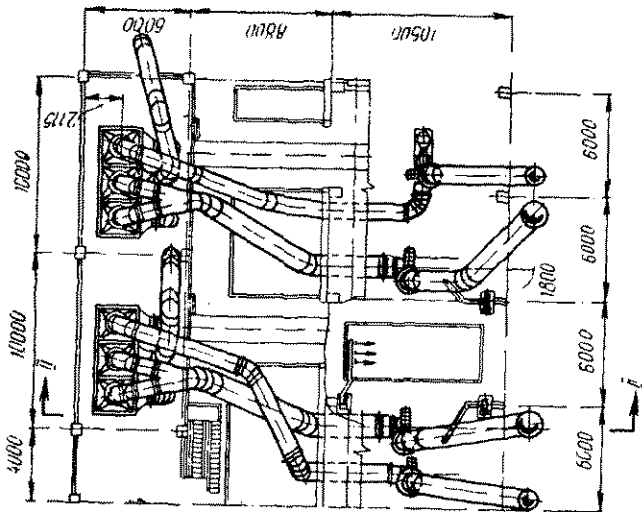
На рис. 86 представлены установки по аспирации грохотов и хопперов. Так как грохочение агломерата происходит непрерывно, а погрузка в хопперы — периодически, то отсос воздуха от укрытий грохотов и зонтов над хопперами следует проектировать раздельными системами. Таким образом, каждая агломашинна на выдаче агломерата обслуживается двумя раздельными системами аспирации.

Для улучшения условий труда рабочих, занятых на выдаче агломерата, следует проектировать специальный коридор, из которого производится обслуживание пневмозатворов бункеров погрузки. Этот коридор должен отапливаться и обеспечиваться подачей свежего подогретого воздуха. В летнее время вентиляция коридора может осуществляться проветриванием через окна. На это же время года следует предусматривать устройство искусственного дождевания. Такое же искусственное дождевание следует предусматривать и на площадках, на которых установлены грохоты. Естественно, что такие установки будут работать только при положительных температурах, так как грохоты установлены вне здания.

В эксгаустерном отделении единственной вредностью является избыточное тепло от нагретых поверхностей газоходов, аглоэксгаустеров и отчасти от электродвигателей. Поступление тепла от технологических агрегатов регламентировано ТУИ 4-71-2а.

При проектировании аэрации в эксгаустерных отделениях необходимо предусматривать устройство проемов достаточных сечений. Для улучшения условий труда лиц, занятых наблюдением за работой аглоэксгаустеров, следует проектировать коридоры — пульты управления. Стенка такого коридора, обращенная в сторону аглоэксгаустеров, может быть застеклена, что облегчит наблюдения. Следует предусматривать подачу в эти коридоры воздуха от отдельной приточной камеры с орошением, работающей по адиабатическому процессу. Температура подаваемого воздуха должна автоматически регулироваться.

В заключение целесообразно дать краткое описание новой технологической схемы получения агломерата, примененной на



II-II

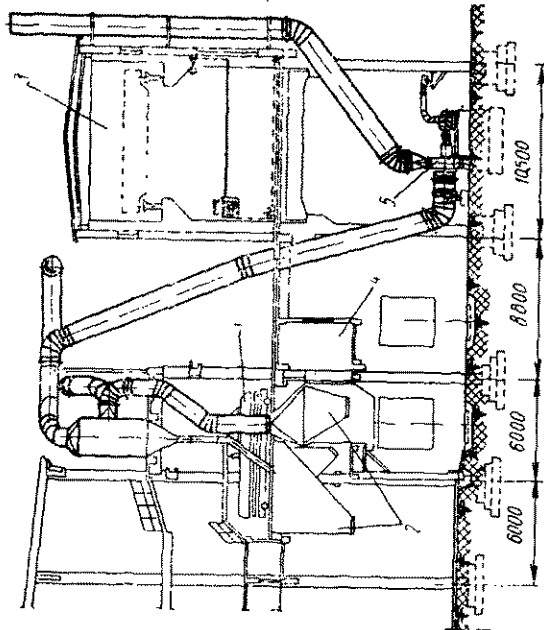


Рис. 86. Установки по аспирации грохотов и холперов
1—грохот; 2—бункер; 3—помещение ремонта грохотов; 4—коридор управления автоматами; 5—дымосос

Новокриворожском горнообогатительном комбинате № 2, в результате чего резко улучшились условия труда рабочих.

По этой схеме охлаждение агломерата осуществляется на удлиненных лентах, вынесенных за пределы здания главного корпуса. При этом общая площадь ленты агломерационной машины составляет 135 м², из которых 75 м² являются зоной зажигания и спекания шихты. Эта часть машины расположена в здании. Процесс спекания заканчивается на 15-й вакуум-камере, и эта зона обслуживается обычным аглоэкстаустером. Зона охлаждения с 16-й вакуум-камеры до 27-й обслуживается дымососом.

При такой технологической схеме тепло возврата не используется для подогрева шихты, в результате чего температура ее после смешения не превышает 25—30°, вместо 70—75° на аглофабриках с использованием тепла возврата. Существенным фактором с гигиенической точки зрения является то, что при этом количество недопека уменьшается до минимума (почти отсутствует), а это ведет к значительному уменьшению пылеобразования в узле выдачи агломерата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Максимов Г. А. Отопление и вентиляция. Часть II. Вентиляция, Госстройиздат, 1955.
2. Батурин В. В. Основы промышленной вентиляции. Профиздат, 1956.
3. Батурин В. В., Кучерук В. В. Вентиляция машиностроительных заводов. Машгиз, 1954.
4. Батурин В. В. Отопление, вентиляция и газоснабжение. Часть II. Вентиляция. Госстройиздат, 1959.
5. Рысин С. А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов. Справочник. Машгиз, 1960.
6. Сорокин Н. С. Вентиляция, увлажнение и отопление на текстильных фабриках. Гизлегпром, 1953.
7. Андреев П. И. Распространение тепла и влаги в цехах промышленных предприятий. Госстройиздат, 1955.
8. Андреев П. И. Рассеяние в воздухе газов, выбрасываемых промышленными предприятиями. Госстройиздат, 1952.
9. Баранов М. М. Бортовые отсосы от промышленных ванн. МИСИ им. Куйбышева, М., 1958.
10. Глушков Л. А. Борьба с пылью при измельчении руд. Metallurgizdat, 1955.
11. Глушков К. А. Обеспыливание оборудования дробильно-размольных отделений. Metallurgizdat, 1957.
12. Промышленная вентиляция. Сборник трудов ЛИОТ, Л., 1958.
13. Ужов В. Н. Санитарная охрана атмосферного воздуха. Медгиз, 1962.
14. Фиалковская Т. А., Шифман Г. М. Вентиляция окрасочных цехов. Профиздат, 1956.
15. Фиалковская Т. А. Вентилируемые шкафы и камеры для окраски мелких изделий. Профиздат, 1957.
16. Трояновский В. Н. Вентиляция и отопление мокрых цехов кожевенных заводов. Профиздат, 1953.
17. Глауберман Х. Б. Отопление, вентиляция, сушка и увлажнение. Гизлегпром, 1959.
18. Серенко А. С., Проценко Г. А., Шелкетин А. В. Обеспыливание воздуха на дробильно-сортировочных и обогащительных фабриках железной руды. ГНТИ, Харьков, 1957.
19. Сидоров М. Д. Справочник по воздухоудным и газодувным машинам. Машгиз, 1962.
20. Серенко А. С. Обеспыливание воздуха в огнеупорной промышленности. Metallurgizdat, 1953.
21. Рязанов В. А. Санитарная охрана атмосферного воздуха. Медгиз, 1954.
22. Бутаков С. Е. Аэродинамика систем промышленной вентиляции. Профиздат, 1949.

23. Бутаков С. Е. Основы вентиляции горячих цехов. Металлургиздат, 1962.

24. Якимов А. Г. Переносный туманообразователь. «Горный журнал», № 3, 1957.

25. Якимов А. Г. Исследование факторов, определяющих уровень запыленности цеховой атмосферы и учет их при выборе средств и способов обеспыливания на рудообогатительных фабриках (Обобщение опыта обеспыливания рудообогатительных фабрик Восточной Сибири). «Иргиредмет», 1963.

26. Оздоровление условий труда на заводе. Вентиляция и обеспыливание. Сборник статей Свердловского научно-исследовательского института охраны труда, вып. 5, Машгиз, 1953.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава первая. Вентиляционное оборудование	5
§ 1. Вентиляционные установки	—
§ 2. Борьба с шумом и вибрацией при работе вентиляторов	10
§ 3. Калориферные установки	14
§ 4. Очистка и увлажнение приточного воздуха	16
§ 5. Автоматизация и блокировка	20
§ 6. Очистка выбрасываемого воздуха от пыли	—
Глава вторая. Локализация вредных выделений	30
§ 7. Вредные выделения на промышленных предприятиях	—
§ 8. Методы локализации вредных выделений	43
§ 9. Укрытия и местные отсосы	49
§ 10. Специфика локализации пылевывделений	59
Глава третья. Вентиляция при борьбе с газами, парами и аэрозолями	65
§ 11. Принципы вентиляции цехов с токсическими выделениями	—
§ 12. Определение воздухообменов	70
§ 13. Факельный выброс загрязненного воздуха	83
§ 14. Очистка воздуха от токсических вредных веществ	91
Глава четвертая. Вентиляция при борьбе с теплом и влагой	95
§ 15. Вентиляция при борьбе с теплом	—
§ 16. Вентиляция при борьбе с влагой	101
§ 17. Вентиляция при совместном выделении тепла и влаги	108
Глава пятая. Вентиляция при борьбе с пылью	114
§ 18. Общие соображения по вентиляции помещений с пылевывделениями	—
§ 19. Определение объемов воздуха, удаляемого местными отсосами	125
§ 20. Гидрообеспыливание	137
Глава шестая. Бортовые отсосы	142
§ 21. Типы бортовых отсосов и их применение	—
§ 22. Расчет бортовых отсосов	148
Глава седьмая. Вентиляция цехов защитных покрытий	165
§ 23. Травильные цехи	—
§ 24. Гальванические цехи	171
§ 25. Шлифовально-полировочные цехи	180

Глава восьмая. Вентиляция ремонтно-механических цехов	186
§ 26. Станочные (механические) отделения	—
§ 27. Кузнечные, термические и сварочные отделения	191
§ 28. Электроремонтные и малярные отделения	197
Глава девятая. Вентиляция плавильных цехов	203
§ 29. Тепловой баланс цеха	—
§ 30. Определение объемов воздуха при борьбе с газами	210
§ 31. Вентиляция кабин кранов, троллейкар и других движущихся механизмов	228
§ 32. Охлаждение аэрационного воздуха водой	231
§ 33. Газослив, приточные, конвекционные, циркуляционные струи и их влияние на организацию воздухообмена в плавильных цехах	237
Глава десятая. Вентиляция дробильных цехов обогатительных фабрик	240
§ 34. Условия, необходимые для нормализации труда в дробильных цехах	—
§ 35. Определение объемов аспирации для дробильных цехов рудообогатительных фабрик	244
§ 36. Средство пылеподавления в цехах крупного дробления	253
§ 37. Борьба с вторичным пылеобразованием	256
§ 38. Мокрая уборка цехов	260
§ 39. Приточная вентиляция	262
Глава одиннадцатая. Вентиляция главных корпусов агломерационных фабрик	266
§ 40. Особенности вентиляции главных корпусов	—
§ 41. Вентиляция участков спекания	272
§ 42. Определение воздухообменов на участках возврата	—
Литература	276

Б. С. Молчанов, В. А. Четков
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ
ВЕНТИЛЯЦИИ**

Тематический план 1964 г. № 260

*Стройиздат Ленинградское отделение
Ленинград, пл. Островского, 6.*

Редактор издательства А. М. Титов
Технический редактор Е. А. Пулькина
Корректор М. И. Смирнова

Сдано в набор 13/VI 1964 г. Подписано к печати 21/X 1964 г. М-43674
Формат бумаги 60×90^{1/16}. Бум. л. 8,75 Печ. л. 17,5 Уч.-изд. л. 17,41
Тираж 13 000 экз. Изд. № 746 Л. Заказ № 535.
Цена в переплете 97 коп.

Ленинградская типография № 4 «Главполиграфпрома»
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати.
Марата, 58

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
179	3 снизу	$[м^3/сек]$	$[м^3/ч]$
204	12 .	$v = \sqrt{\frac{\Delta P 2G}{\gamma}}$	$v = \sqrt{\frac{\Delta P 2g}{\gamma}}$
220	10 .	$\bar{x} = \sqrt[5]{\frac{\bar{v}^2}{0,81 A_2^2 a}}$	$\bar{x} = \sqrt[5]{\frac{\bar{y}^2}{0,81 A_2^2 a}}$
220	9 .	$\bar{y} = \frac{\varphi}{d_{эк}}$	$\bar{y} = \frac{y}{d_{эк}}$
221	6 сверху	ε	a
221	12 сверху	$\bar{x} = \sqrt[5]{\frac{0,935^2}{0,81 \cdot 1,06 \cdot 0,1}} = 1,58.$	$\bar{x} = \sqrt[5]{\frac{0,935^2}{0,81 \cdot 1,06^2 \cdot 0,1}} = 1,58.$
221	9 снизу	$b = 0,25 \cdot \left(4,8 \cdot \frac{0,61 \cdot 0,63}{0,25} + 1 \right) \approx 0,55 \text{ м};$	$b = 0,25 \cdot \left(4,8 \cdot \frac{0,1 \cdot 0,63}{0,25} + 1 \right) \approx 0,55 \text{ м};$
222	9 .	$L = 10000 \cdot 25 \cdot 0,06 \sqrt{150} = 110 \text{ м}^3/ч.$	$L = 10000 \cdot 25 \cdot 0,006 \sqrt{150} = 110 \text{ м}^3/ч.$
248	Табл. 20, графа 5, строки 4 и 7 сверху	$180 B^2 v_{\kappa} K_{\gamma}$	$180 B^2 v_{\kappa}^2 K_{\gamma}$