

И.И.Елинский

**ВЕНТИЛЯЦИЯ
И ОТОПЛЕНИЕ
ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ
ЦЕХОВ
МАШИНО-
СТРОИТЕЛЬНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ**



**МОСКВА
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1989**

ББК 38.762

Е51

УДК 658.2:628.8

Рецензент инж. *М.И. Урдин*

Елинский И.И.

Е51 Вентиляция и отопление гальванических цехов машиностроительных предприятий. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.:Машиностроение, 1989. — 152 с.: ил.

ISBN 5-217-00507-6

Рассмотрены вопросы устройства рациональных и эффективных систем вентиляции и отопления гальванических цехов. Изложены требования к санитарно-гигиеническому состоянию воздушной среды помещений гальванических цехов. Описаны мероприятия по защите атмосферного воздуха от вредных выбросов. Даны практические рекомендации по наиболее целесообразным конструктивным решениям систем вентиляции и отопления. Приведены расчетные методики и примеры расчетов.

Второе издание (1-е изд. 1982 г.) дополнено материалами, отражающими новые конструктивные решения и расчетные методики, вопросы экономики материальных и энергетических ресурсов.

Для инженеров и других специалистов предприятий и организаций.

2704070000—168

Е 168—89

038 (01) —89

ББК 38.762

ISBN 5-217-00507-6

© Изд.

роение”, 1982.
изменениями

ПРЕДИСЛОВИЕ

Защита атмосферного воздуха производственных цехов от загрязнения вредными веществами является составной частью охраны труда на производстве.

Коммунистическая партия и Советское правительство проявляют повседневную заботу об условиях труда и о состоянии здоровья трудящихся. В соответствии с Конституцией СССР государство заботится об улучшении условий и охране труда (статья 21), право граждан на охрану здоровья обеспечивается развитием и совершенствованием техники безопасности и производственной санитарии (статья 42), в интересах настоящего и будущего поколений в СССР принимаются необходимые меры для сохранения в чистоте воздуха и воды (статья 18). В 1980 г. принят специальный "Закон СССР об охране атмосферного воздуха".

В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986 – 1990 годы и на период до 2000 года", утвержденных XXVII съездом КПСС, предусмотрено: "Усилить охрану атмосферного воздуха. В этих целях совершенствовать технологические процессы, оборудование и транспортные средства, улучшать качество сырья и топлива, внедрять высокоэффективные установки для очистки промышленных и других выбросов".

Технологические процессы в гальванических цехах сопровождаются выделениями вредных веществ в атмосферу.

Удаление из цеха вредных веществ осуществляют в местах их выделения через местные отсосы, встраиваемые в производственное оборудование или пристраиваемые к нему. Местные отсосы присоединяют к вытяжным вентиляционным системам, которые выбрасывают вентиляционный воздух в атмосферу.

Осуществляя мероприятия по защите атмосферы цеха от запыленности и загазованности, одновременно создают определенные микроклиматические условия, а именно температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха в рабочей зоне цеха. С учетом этого решаются системы вентиляции и отопления.

Не менее важной является защита атмосферы от выбросов в нее вредных веществ системами вытяжной вентиляции. Эта задача решается путем улавливания вредных веществ из вентиляционного воздуха перед выбросом его в атмосферу.

В предшествующие годы проведены исследования и разработки, способствующие улучшению качества и повышению эффективности мероприятий по защите атмосферы и систем вентиляции гальванических цехов. Усовершенствованы конструкции бортовых отсосов для малогабаритных ванн; предложены укрытия для крупногабаритных ванн; созданы, испытаны и внедряются эффективные аппараты для улавливания из отсасываемого воздуха вредных паров, газов, аэрозолей, пыли; разработаны новые расчетные методики.

ГЛАВА I

ВОЗДУШНАЯ СРЕДА ПОМЕЩЕНИЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

1. ТРЕБОВАНИЯ К САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Состояние воздушной среды в помещениях характеризуется газовым составом воздуха, его температурой, влажностью, давлением, скоростью движения воздуха, степенью запыленности, ионным составом.

Повышенная запыленность и загазованность, повышенная или пониженная температура, влажность и подвижность воздуха рабочей зоны производственного помещения оказывают вредное воздействие на организм человека, вызывают снижение его трудоспособности, увеличение травматизма, профессиональных заболеваний. Поэтому необходимы меры, предупреждающие и снижающие поступление в воздух цеха излишней теплоты, вредных паров, газов и пыли.

Чистота внутреннего и наружного воздуха, а также благоприятные температура, влажность и скорость движения воздуха в цехе обеспечиваются совокупностью технологических мероприятий (применение менее вредных процессов и растворов, герметизация оборудования, автоматизация производства), архитектурно-планировочных решений (расположение цехов в помещениях достаточной площади и объема, хорошее естественное освещение, солнцезащита), санитарно-технических устройств (рациональные системы вытяжной и приточной вентиляции и отопления, эффективная очистка вытяжного и приточного воздуха).

ГОСТ 12.1.005—88 (ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования) устанавливает предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных газов, паров и пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений. Министерство здравоохранения СССР утверждает предельно допустимые концентрации в атмосферном воздухе населенных мест.

По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на 4 класса: 1 — чрезвычайно опасные; 2 — высокоопасные; 3 — умеренно опасные; 4 — малоопасные.

В прил. 1 приведены значения ПДК для веществ, выделяющихся в гальванических цехах, класс их опасности, а также преимущественное

агрегатное состояние в условиях производства. В этих цехах в основном выделяются вещества 1-го и 2-го классов опасности.

При одновременном выделении нескольких веществ, обладающих суммацией действия (сернистый газ и фенол; сернистый газ и диоксид азота; сернистый газ и фтористый водород; сернистый газ и аэрозоль серной кислоты; сернистый и серный ангидриды; аммиак и оксиды азота; сероводород и сероуглерод; различные кислоты; различные щелочи), должно соблюдаться условие

$$c_1/c_{u1} + c_2/c_{u2} + \dots + c_k/c_{uk} \leq 1,$$

где $c_1, c_2, \dots, c_k$ — фактические концентрации вредных веществ в воздухе, мг/м^3 ; $c_{u1}, c_{u2}, \dots, c_{uk}$ — предельно допустимые концентрации этих веществ, мг/м^3 .

При совместном выделении фтористого водорода и фтористых солей должно быть соблюдено условие $\Sigma c/c_u \leq 0,8$.

Гигиеническое назначение вентиляции состоит в том, чтобы удалять вредные выделения в местах их образования (местная вентиляция) или из всего объема помещения (общеобменная вентиляция) и подавать в помещение чистый воздух.

ГОСТ 12.3.008–75 (ССБТ. Производство покрытий металлических и неметаллических неорганических. Общие требования безопасности) содержит следующий перечень технологических процессов, при которых обязательно устройство вентиляции и местных отсосов: шлифование и полирование; гидродисперсионная обработка; дробеструйная обработка; галтовка; виброабразивная обработка; обезжиривание органическими растворителями, химическое, венской известью, электрохимическое; активация; травление химическое, катодное; химическое полирование; электрополирование; ультразвуковое удаление окисных пленок и загрязнений; приготовление растворов кислот и щелочей; нанесение покрытий способом электрохимическим, химическим, анодного окисления металла, горячим, контактным, катодного распыления; фосфатирование; хромирование; оксидирование; оплавление покрытия; наполнение в растворе красителя.

Не обязательно, но желательно устройство вентиляции и местных отсосов при следующих процессах: подводном полировании; нанесении покрытий диффузионным и металлизационным способами; гидрофобизирование покрытия; пропитка маслом; наполнение в воде (деталей из алюминия и его сплавов в обессоленной воде при $\text{pH} = 4,6 - 6,0$ при температуре $90 - 98^\circ\text{C}$, продолжительностью $20 - 30$ мин).

Не требуется вентиляция при нанесении покрытий способами электронно-лучевым, омического или высокочастотного нагрева.

Такие операции, как гидropескоструйная и дробеструйная обработка, галтовка, крацовка, шлифование, полирование сопровождаются выделением пыли. При очистке поверхностей деталей от жировых загрязнений органическими растворителями происходит поступление их паров в атмосферу.

Процессы химической и электрохимической обработки поверхностей металлов осуществляют в ваннах, заполненных различными растворами минеральных кислот, щелочей, солей и их смесями. При этом выделяются аэрозоли серной и соляной кислот, хромового ангидрида, едких щелочей; оксиды азота; пары плавиковой, азотной и соляной кислот; молекулярный, цианистый и фтористый водород; пары воды; аэрозоли и капли растворов со всеми содержащимися в них химикатами, в частности растворимые соли никеля.

Для устройства эффективной вентиляции необходимо знать физические и химические свойства веществ, употребляемых в технологических процессах, их превращения, изменения, токсичность, источник и места выделения вредных веществ, состояние и свойства их в момент выделения.

Важнейшими исходными данными являются количественные показатели выделяющихся вредных веществ, без знания которых невозможно выполнить необходимые расчеты, связанные с очисткой вентиляционных выбросов и защитой окружающей атмосферы. Ниже приведены характеристики некоторых вредных веществ.

Водород H_2 — физиологически инертен, но взрывоопасен. Согласно ГОСТ 12.1.004—85 (ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования) нижний концентрационный предел воспламенения его в воздухе при атмосферном давлении и температуре $25^\circ C$ $\varphi_{25} = 4,09\%$ (объемных). При температуре t $\varphi_t = \varphi_{25} (1,02 - 0,000799t)$. Предельно допустимая взрывоопасная концентрация $c_u = \varphi_t/1,24$ при степени надежности 0,999 и $c_u = \varphi_t/1,34$ при степени надежности 0,999999.

Предельно допустимое содержание водорода в воздухе помещений равно 30 % предельно допустимой взрывоопасной концентрации (ПДВК) при атмосферном давлении, температуре окружающего воздуха и при степени надежности 0,999.

Предельно допустимое содержание водорода в воздуховодах местных отсосов равно не более 50 % нижнего концентрационного предела воспламенения его в воздухе при атмосферном давлении и температуре удаляемой смеси.

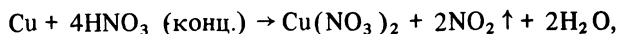
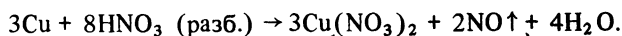
Водород выделяется при анодировании в серной или хромовой кислотах, воронении в щелочи, кадмировании в цианистом растворе, меднении кислот или цианистом, никелировании, электрохимическом анодном и катодном обезжиривании, оксидировании дуралюминия в хромо-

вой кислоте, травлении, хромировании, цинковании, электрополировании.

Оксиды азота образуются при травлении деталей из коррозионно-стойкой стали и сплавов цветных металлов, а также при пассивации их в азотной кислоте или в ее смесях с серной, плавиковой, фосфорной и другими кислотами.

Оксиды азота, за исключением N_2O , высокоопасны. При санитарно-гигиенических расчетах, связанных с выделением оксидов азота, количество последних подлежит перерасчету в NO_2 . Для N_2O_3 коэффициент 1,21; для N_2O_4 — 1,0; для N_2O_5 — 0,85.

Азотная кислота HNO_3 — бесцветная жидкость с резким запахом, энергично взаимодействует с металлами, при этом не происходит выделения водорода. Например:



Хорошо диссоциирует на ионы: $HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$.

Техническая азотная кислота содержит 68 % HNO_3 , ее плотность 1410 кг/м³. Плотность паров по отношению к воздуху 2,2.

Оксиды хрома CrO_3 , Cr_2O_3 , $CrSO_4$ и др. выделяются с аэрозолями растворов, в которых они содержатся.

Плавиковая кислота представляет собой 40 %-ный раствор фтороводорода HF в воде. Пары плавиковой кислоты и аэрозоли ее солей отнесены ко 2-му классу опасности. Они могут появляться над ваннами электротравления и электрополирования. Плотность паров HF по отношению к воздуху 0,7. В воздухе рабочей зоны ПДК фтористого водорода равна 0,05 мг/м³, а аэрозолей солей фтористоводородной кислоты (в пересчете на HF) — 1 мг/м³.

В атмосферном воздухе населенных мест ПДК фтористых соединений (в пересчете на фтор F) равны: газообразных (HF и др.) — максимальная разовая 0,02 и среднесуточная 0,005 мг/м³; хорошо растворимых неорганических (NaF и др.) — максимальная разовая 0,03 и среднесуточная 0,01 мг/м³. Температура кипения HF (— 19,5) °С.

Растворители. В группу растворителей входят вещества, состоящие из углеводов, применяемых в процессе обезжиривания — бензин, керосин, уайт-спирит и др. Пары растворителей взрывоопасны и пожароопасны. Нижние пределы взрывчатости, г/м³: бензина — 137; этилового спирта — 73,3.

Серная кислота H_2SO_4 употребляется при травлении металлов. Разбавленная серная кислота действует на металлы, стоящие в ряду активности перед водородом (магний, цинк, алюминий, железо и др.), образуя соли и выделяя водород, который выносит с собой аэрозоли раствора. При действии на медь, серебро, ртуть (стоящие в ряду напря-

жений после водорода) нагретой концентрированной серной кислотой, получаются соли и выделяется сернистый ангидрид. Если техническая серная кислота загрязнена мышьяковистыми соединениями, то при травлении образуется и выделяется мышьяковистый водород AsH_3 , являющийся сильным ядом. Температура кипения серной кислоты $330^\circ C$.

Фтористый водород HF образуется при растворении различных металлов в кислотах, а также в процессах электротравления и реже электрополирования; поступает в воздух в виде аэрозолей.

Хлористый водород HCl — бесцветный газ; в воздухе образует белый туман в результате сгущения атмосферных водяных паров и образования соляной кислоты в виде мельчайших капелек. Выделяется при обработке металла в соляной кислоте. Техническая соляная кислота содержит 37 % HCl . При нагревании ее выше $35^\circ C$ хлористый водород интенсивно испаряется. Плотность паров HCl по отношению к воздуху 1,27. Температура кипения $(-85,1)^\circ C$.

Цианистый водород HCN выделяется при действии кислот на водные растворы цианистых солей $NaCN$, KCN , $CuCN$ и др. в процессах меднения, цинкования, кадмирования, серебрения, золочения и др. Пары цианистых соединений и цианистый водород вызывают острые отравления при попадании в организм человека. Температура кипения $25,6^\circ C$.

При расчетах, связанных с выделением цианистых соединений, количество последних подлежит пересчету в HCN . Пересчет производят пропорционально молярным массам. Например, для $NaCN$ коэффициент пересчета $27/49 = 0,55$; для KCN — $27/65 = 0,415$; для $CuCN$ — $27/89,5 = 0,3$.

Щелочные аэрозоли $NaOH$, KOH выделяются при обезжиривании металлов, травлении цинка, свинца, алюминия и его сплавов, воронении черных металлов.

Пыль, состоящая из волокон войлока и материи, а также из частиц металла, абразивов и паст (содержащих 40 — 80 % оксида хрома Cr_2O_3), выделяется при шлифовании и полировании, при накатке кругов. Пыль песчаная, наждачная, металлическая выделяется в очистных камерах и устройствах.

3. МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСС ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Выделение вредных веществ происходит различным образом: выделение водорода при электролизе; вынос растворов пузырьками водорода, кислорода и других газов, образующихся в процессе обработки металла; выделение газов, образующихся при химических реакциях; испарение составных частей раствора; выделение пыли при сухой обработке в процессах трения.

Физическая сущность процесса, в результате которого происходит выделение аэрозольных частиц раствора, состоит в следующем. Пузырьки водорода, кислорода и других газов, выделяющихся из раствора при электрохимических и химических процессах, всплывают на поверхность, где разрываются. При разрыве пузырьков происходит фонтанирование частиц раствора в воздух над ванной, откуда они захватываются вытяжным воздухом местных отсосов, а при отсутствии таковых или их неэффективности загрязняют воздушную среду цеха содержащимися в них вредными веществами.

Унос растворов. Масса вредных веществ, выносимых в воздух, г/ч:

$$m = A V_S \delta c,$$

где A — площадь обрабатываемой поверхности деталей (часовая программа), $\text{м}^2/\text{ч}$; V_S — удельный унос раствора, отнесенный к 1 м^2 площади обрабатываемых поверхностей и к 1 мкм толщины покрытия, $\text{л}/(\text{м}^2 \cdot \text{мкм})$; δ — толщина покрытия, мкм ; c — концентрация вещества в растворе, г/л; удельный унос раствора при декоративном и твердом хромировании равен 0,05, при молочном хромировании 0,1; удельный унос цианистых электролитов 0,015 [24].

При хромировании с применением на поверхности электролита защитных средств типа "хромин" или плавающих шариков на норматив расхода хромового ангидрида вводится коэффициент 0,85.

Удельный унос раствора при никелировании, кадмировании, меднении, свинцевании, лужении, цинковании в кислых электролитах составляет $0 - 0,005 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{мкм})$, а в щелочных электролитах $0,01 - 0,02 \text{ л}/\text{м}^2$ (без учета толщины покрытия); нижний предел соответствует уносу при отсутствии нагревания или перемешивания раствора, верхний — при наличии нагревания или перемешивания.

Эти нормативы приведены для условий работы на подвесках в стационарных ваннах; при обработке на автоматических линиях следует вводить коэффициент $C = 0,8$; для погружных колоколов и барабанных ванн $C = 1,5$; для колоколов, заполняемых электролитом после каждого цикла, $C = 1,8$.

Пример 1. На участке хромирования, при работе в стационарных ваннах на подвесках, наносят на поверхность деталей слой хрома толщиной 10 мкм ; часовая программа 5 м^2 . Определить количество хромового ангидрида, которое может быть вынесено, если в растворе содержится его 300 г/л .

Решение. Количество хромового ангидрида $m = 5 \cdot 0,05 \cdot 10 \cdot 300 = 750 \text{ г/ч}$.

Электролиз. При электролизе выделяется водород. Объем водорода, приведенный к нормальным условиям, л/ч

$$V_{\text{н}} = V_{\epsilon} E_S A \delta c (1 - C_1 - C_2),$$

где V_{ϵ} — электрохимический эквивалент водорода, равный $0,418 \text{ л}/(\text{А} \cdot \text{ч})$; E_S — удельный расход электричества, $\text{А} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{мкм})$; C_1 —

коэффициент, учитывающий выход по току основного вещества; C_2 — коэффициент, учитывающий потери на процесс катодно-анодного перехода.

Удельный расход электричества в $\text{А} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{мкм})$ при 100 %-ном выходе по току равен: при осаждении меди из цианистых электролитов 3,75; меди из кислых электролитов 7,5; никеля 7,95; хрома 21,9; цинка 5,82; кадмия 4,1; свинца 2,92; олова из кислых электролитов 3,3; олова из щелочных электролитов 6,6; серебра 2,61; золота 2,63; железа 7,58; латуни (70 % меди + 30 % цинка) 4,93.

Объем водорода в реальных условиях

$$V = V_{\pi} \frac{(273 + t)}{273} \cdot \frac{101,325}{p},$$

где p — давление, МПа.

Пользуясь приведенными выше данными, можно определить объем выделяющегося водорода при разных процессах, что нужно для выявления степени взрывоопасности воздуха, отсасываемого от ванн.

Пример 2. В ванне на детали наносят слой хрома толщиной 10 мкм; часовая программа 6 м². Определить объем выделяющегося водорода, если выход по току хрома равен 13 %, а $C_2 = 0,04$.

Решение. Находим объем водорода, приведенный к нормальным условиям, л/ч

$$V_{\pi} = 0,418 \cdot 21,9 \cdot 5 \cdot 10(1 - 0,13 - 0,04) = 380.$$

Пример 3. От ванны хромирования через бортовые отсосы вытяжной вентиляции удаляется 1000 м³/ч воздуха. Определить, создается ли в вытяжном воздуховоде допустимое содержание водорода, если из ванны выделяется его 0,38 м³/ч (при нормальных условиях). Температура отсасываемого воздуха 25 °С, давление 100 кПа.

Решение. Объем водорода в реальных условиях

$$V = 0,38 \frac{(273 + 25)}{273} \frac{101,325}{100} = 0,42 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Доля водорода в вытяжном воздухе равна $0,42 \cdot 100/1000 = 0,042$ %, что меньше допустимого содержания ($0,5 \cdot 4,09 = 2,045$ %).

Если ванна предназначена для обработки разнообразных деталей, площадь поверхностей и толщина покрытий которых не задана, расчет можно вести исходя из силы тока, подведенного к ванне, и времени нахождения ванны под током. В этом случае максимальный объем газов, л/ч

$$V_{\pi} = IV_e(1 - C_1 - C_2)t_{rel},$$

где I — сила тока, А; t_{rel} — относительное время нахождения ванны под током.

Пример 4. К ванне хромирования подведен ток силой 1500 А. Определить максимальный при нормальных условиях объем водорода, который может вы-

делиться в этой ванне, если $C_1 = 0,13$, $C_2 = 0,04$ и ванна находится под током 80 % времени.

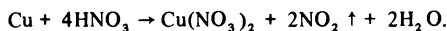
Решение. $V_{\Pi} = 1500 \cdot 0,418 (1 - 0,13 - 0,04) 0,8 = 416$ л/ч.

Количество газов, выделяющихся при химической обработке металлов, можно рассчитать по выпуску изделий и по снимаемому металлу, используя для этого формулы химических реакций:

$$m_g = m_{met} K M_g / M_{met},$$

где m_g — количество выделяющихся газов, кг/ч; m_{met} — масса снимаемого металла, кг/ч; K — численный множитель определяемого газа в формуле химической реакции; M_g и M_{met} — молярные массы определяемого газа и металла, кг/кмоль.

Пример 5. Определить количество оксидов азота, которые выделяются при травлении медных деталей в азотной кислоте, если стравливается меди 0,127 кг/ч и химическая реакция происходит по схеме:



Решение. Учитывая, что $M_{\text{NO}_2} = 46$, $M_{\text{Cu}} = 63,5$, $K = 2$, $m_{\text{NO}_2} = 0,127 \times 2 (46/63,5) = 0,184$ кг/ч.

Парообразование. При парообразовании происходит процесс массопереноса от жидкости к окружающему воздуху. Количество паров испаряющегося вещества, в кг/ч, по зависимости, предложенной В.Г. Мацаком и Л.К. Хозяновым, преобразованной применительно к системе единиц СИ:

$$m = (40,35 + 30,75 v) p \sqrt{M} A \cdot 10^{-6},$$

где v — скорость движения воздуха над поверхностью испарения, м/с; p — упругость паров жидкости, Па; M — молярная масса, кг/кмоль; A — площадь поверхности испарения, м².

Пример 6. Определить, сколько испаряется хлористого водорода при травлении деталей в соляной кислоте, содержащей 37 % HCl при температуре 25 °С, из ванны размерами 15 × 3 м, снабженной бортовыми отсосами и откидывающимися козырьками. Расстояние от поверхности жидкости до козырьков 0,4 м; от ванны отсасывается 43 200 м³ /ч воздуха; $M_{\text{HCl}} = 36,46$; $p_{\text{HCl}} = 25\,170$ Па.

Решение. Скорость движения воздуха над жидкостью

$$v = \frac{43\,200}{3600 \cdot 2 \cdot 0,4 \cdot 15} = 1 \text{ м/с.}$$

Масса испаряющегося хлористого водорода $m = (40,35 + 30,75 \cdot 1) 25\,170 \sqrt{36,46} \times 15 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 486$ кг/ч.

При открытых ваннах с бортовыми отсосами, для которых может быть применен закон линейного стока, предложена зависимость:

$$m = 0,93 C_l D (c_1 - c_2) V^{0,9} b^{0,1} \psi^{0,9} A,$$

где C_t — коэффициент, зависящий от разности температур жидкости и воздуха в помещении:

$t_{lig} - t_a$	10	20	30	40	50
C_t	0,614	0,58	0,54	0,48	0,44

D — коэффициент диффузии пара в воздух, $\text{м}^2/\text{ч}$; $\hat{c}_1$ и c_2 — концентрация паров рассматриваемого вещества на поверхности раствора и в воздухе помещения, $\text{кг}/\text{м}^3$; V — расход воздуха в бортовом отсосе, $\text{м}^3/\text{ч}$; b — ширина ванны, м ; ψ — пространственный угол подтекания воздуха к щели, рад. (если отсос расположен у стены или рядом с отсосом смежной ванны, $\psi = 0,5 \pi$; если отсос расположен рядом со смежной ванной не имеющей отсоса, $\psi = \pi$; если ванна отдельно стоящая, удаленная от стены $\psi = 1,5 \pi$).

Концентрации паров определяют по их парциальным давлениям:

$$c = \frac{M}{M_a} \cdot \frac{p}{p_b - p} \rho_a,$$

где M и M_a — молярные массы рассматриваемого вещества и воздуха, $\text{кг}/\text{кмоль}$; p — парциальное давление паров вещества, кПа ; p_b — барометрическое давление, кПа ; ρ_a — плотность воздуха при температуре поверхности испарения, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Коэффициент диффузии D при температуре t и давлении p_b равен:

$$D = D_0 \left(\frac{273 + t}{273} \right)^2 \frac{101,325}{p_b},$$

где D_0 — коэффициент диффузии при нормальных условиях (для водяного пара $D_0 = 0,0754 \text{ м}^2/\text{ч}$; для хлористого водорода $D_0 = 0,047 \text{ м}^2/\text{ч}$; для цианистого водорода $D_0 = 0,062 \text{ м}^2/\text{ч}$; для паров азотной кислоты $D_0 = 0,033 \text{ м}^2/\text{ч}$; для NO $D_0 = 0,052 \text{ м}^2/\text{ч}$; для NO_2 $D_0 = 0,043 \text{ м}^2/\text{ч}$).

По закону Грэхема в одинаковых условиях скорости диффузии двух газов обратно пропорциональны корням квадратным из их молярных масс:

$$D_1/D_2 = \sqrt{M_2/M_1}.$$

Используя этот закон, можно определить коэффициент диффузии для любых газов и паров.

Если жидкость не перемешивается и находится в спокойном состоянии, то температура ее поверхности t' ниже средней температуры жидкости t_{lig} :

$t_{lig}, ^\circ\text{C}$.	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
$t', ^\circ\text{C}$.	23	28	33	37	41	45	48	51	54	58	63	69	75	82	90	97

Пример 7. Определить, сколько испаряется хлористого водорода при травлении деталей в соляной кислоте, содержащей 37 % HCl , при температуре 25°C , ес-

ли площадь поверхности испарения $A = 1 \text{ м}^2$; $c_2 = 0$; $p_b = 99,325 \text{ кПа}$; $t_{\text{иг}} - t_a = 10^\circ \text{C}$; $V = 1300 \text{ м}^3/\text{ч}$; $b = 0,8 \text{ м}$; $\psi = 1,5 \pi$.

Решение. Принимая температуру поверхности раствора равной 23°C , определяем, что $p_{\text{HCl}} = 25,17 \text{ кПа}$; $M_{\text{HCl}} = 36,46$; $M_a = 29$; $\rho_a = 1,19 \text{ кг/м}^3$; $c_1 = c_{\text{HCl}} = 36,46/29 \cdot 25,17/(99,325 - 25,17) \cdot 1,19 = 0,5 \text{ кг/м}^3$;

$$D = 0,047 \left(\frac{273 + 23}{273} \right)^2 \frac{101,325}{99,325} = 0,0565 \text{ м}^2/\text{ч};$$

$$m_{\text{HCl}} = 0,93 \cdot 0,614 \cdot 0,0565 (0,5 - 0) 1300^{0,9} \cdot 0,8^{0,1} \cdot 5,71^{-0,9} \cdot 1 = 2,1 \text{ кг/ч}.$$

Пример 8. Определить, будет ли испаряться вода при условиях предыдущего примера и если относительная влажность воздуха в помещении равна 60 %.

Решение. Принимаем, что $p_{\text{H}_2\text{O}} = 470 \text{ Па}$;

$$c_1 = c_{\text{H}_2\text{O}} = 18/29 \frac{470}{99\,325 - 470} 1,19 \cdot 10^3 \cdot 3,4 \text{ г/м}^3;$$

при $t = 15^\circ \text{C}$ и $\varphi = 60\%$ $c_2 = 12,8 \cdot 0,6 = 7,7 \text{ г/м}^3$.

Так как концентрация водяных паров на поверхности раствора меньше концентрации водяных паров в воздухе, вода из раствора не будет испаряться.

Зависимость упругости паров от концентрации для слабых растворов выражается уравнением

$$p = Np_0/(N + n),$$

где p_0 — упругость паров чистого растворителя при данной температуре, Па; p — упругость паров растворителя над раствором данной концентрации при той же температуре, Па; n — число молей (сумма ионов) растворенного вещества; N — число молей растворителя.

Если растворенное вещество диссоциирует на i частей, то приведенное выше уравнение приобретает вид

$$p = Np_0/(N + in).$$

Пример 9. При температуре 60°C над чистой водой давление водяных паров равно 19 920 Па. Определить парциальное давление водяных паров над раствором CrO_3 , если в 1 кг раствора его содержится 250 г.

Решение. Хромовый ангидрид легко растворяется в воде, образуя хромовую кислоту ($\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CrO}_4$) и двуххромовую кислоту ($2\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). При диссоциации этих кислот образуются ионы $\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ и $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{H}^+$. Следовательно, $i = 3$. В 1 кг раствора содержится 250 г CrO_3 и 750 г H_2O . $N = 750/18 = 41,6$; $n = 250/100 = 2,5$;

$$p = \frac{41,6}{41,6 + 3 \cdot 2,5} 19\,920 = 16\,870 \text{ Па}.$$

Значения парциальных давлений паров HCl , HNO_3 , HF , H_2O над растворами кислот и щелочей приведены в прил. 3 — 10.

Серная кислота испаряется незначительно, так как парциальное давление ее паров ничтожно мало. Например, давление насыщенных паров

серной кислоты при 20 °С равно 0,01 Па. Щелочь NaOH не испаряется, так как температура кипения ее при атмосферном давлении равна 1378 °С. Не испаряется также КОН.

Концентрации паров вредных веществ в окружающем воздухе следует считать равными ПДК. С некоторой ошибкой в сторону завышения количества испаряющихся веществ можно принимать значения этих концентраций равными нулю.

При технологических процессах, связанных с капельным уносом, происходит увеличение массы паров в воздухе, отсасываемом вытяжной вентиляцией, по сравнению с массой паров, испаряющихся со спокойного зеркала ванны. Это вызывается увеличением площади поверхности испарения, происходящего в результате появления пузырьков на поверхности раствора и наличия капель в отсасываемом воздухе, а также освобождения паров из объема пузырьков при их разрыве.

Максимальное увеличение площади поверхности испарения может быть оценено коэффициентом 1,45 [21].

ГЛАВА II

ВЫДЕЛЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХАХ

1. СВЕДЕНИЯ О ВЫДЕЛЯЕМЫХ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВАХ

Интенсивность выделения вредных веществ при электрохимических процессах зависит от состава раствора, силы тока и выхода газа по току, а при химических процессах — от состава раствора, температуры его и кинетики химических реакций. Так, исследованиями установлены следующие зависимости [60].

Выделение хромового ангидрида в зависимости от плотности тока и площади катодной поверхности из ванн электрохимического хромирования:

Плотность тока, А/дм ²	10	15	20	25	30	35	40
Выделение CrO ₃ , г/(дм ² · ч)	0,5	0,65	0,78	0,88	0,95	1,0	1,03

Выделение цианистого водорода из ванн цианистого кадмирования и серебрения:

Плотность тока, А/дм ²	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Выделение HCN, г/(дм ² · ч)	0,06	0,07	0,08	0,085	0,09	0,095	0,1

Дополнительное выделение цианистого водорода за счет взаимодействия поверхностного слоя электролита с углекислотой воздуха в зависимости от температуры электролита:

Температура электролита, °С	25	30	35	40	45
Выделение HCN, г/(м ² · ч)	0,5	1,25	2,5	4,0	6,0

Для процессов цинкования и меднения выделения составляют 20 % приведенных значений.

Пример 10. К ванне хромирования подведен ток силой 1500 А. По технологическому процессу плотность тока может быть равна 12 – 55 А/дм². Определить максимальную массу хромового ангидрида, которая может выделяться от ванны, если она находится под током 80 % рабочего времени.

Решение. Максимальная площадь катодной поверхности может составить $1500 : 12 = 125 \text{ дм}^2$. Максимально может выделяться CrO_3 :

$$125 \cdot 0,56 \cdot 0,8 = 56 \text{ г/ч.}$$

В прил. 2 приведены расчетные удельные массы вредных веществ, выделяющихся при разных технологических процессах.

Пример 11. Определить качество хромового ангидрида, которое может выделяться в ванне хромирования. Размер ванны в плане 0,8 × 1,4 м. Раствор содержит 150 – 250 г/л CrO_3 , 3 – 6 г/л трехвалентного хрома и 1,5 – 2,5 г/л H_2SO_4 ; температура раствора 45 – 60 °С; плотность тока 12 – 55 А/дм². Ванна находится под током 80 % рабочего времени.

Решение. Принимая по прил. 2 удельное выделение хромового ангидрида 10 мг/(с · м²), может выделяться CrO_3 :

$$10 \cdot 0,8 \cdot 1,4 \cdot 3600 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 32,256 \text{ г/ч.}$$

В табл. 1 приведены состав, масса и концентрации вредных веществ, выделяющихся в процессах обезжиривания растворителями поверхностей обрабатываемых деталей.

Ниже приведены удельные выделения пыли от полировальных станков с войлочными кругами [15].

Диаметр круга, мм .	100	200	300	400	500	600
Пыль, г/л	40 – 60	60 – 80	80 – 120	120 – 160	160 – 200	200 – 260

Удельные выделения пыли от круглошлифовальных станков [15]:

Диаметр круга, мм	150	300	350	400	600	750	900
Пыль, г/ч	117	115	170	180	235	270	310

Таблица 1

Технологический процесс	Температура раствора, °С	Выделяющиеся вещества (пары)	Удельная масса, г/(м ² · ч)	Концентрация в отсасываемом воздухе, мг/м ³
-------------------------	--------------------------	------------------------------	--	--

Обезжиривание:

углеводородами	18 – 25	Бензин	3000 – 5500	2500 – 3000
		Керосин	1000 – 2000	800 – 1200
		Уайт-спирит	4000 – 7600	3000 – 4000
		Бензол	2000 – 4000	1600 – 2300
хлорированными углеводородами	18 – 25	Трихлорэтилен	2000 – 4000	1800 – 2500
		Тетрахлорэтилен	3000 – 5700	2500 – 3100
		Хладон 113	10 000 – 16 000	8200

Таблица 2

При отсосе воздуха, тыс. м ³ /ч	Пыль			
	концентрация, г/м ³	медианный диаметр, мкм	среднее квад- ратичное от- клонение σ	плотность, г/м ³
10 – 20	0,5 – 1,5	10 – 15	2,2 – 2,5	3,7 – 5,0
4 – 15	1 – 3	10 – 30	2,0 – 2,5	3,7 – 5,0
10 – 15	2 – 5	30 – 40	2,1 – 2,3	3,7 – 5,0
0,5 – 3	0,3 – 0,8	10 – 20	2,7 – 3,3	3,4 – 4,8
0,7 – 2,5	0,1 – 0,3	25 – 100	1,6 – 3,6	1,5 – 1,8
3 – 6	0,1 – 0,3	В зависимости от обрабатываемого материала и щеток		

В табл. 2 приведены характеристики пылей [14]: 1) металлической и песчаной из галтовочных барабанов; 2) то же, из дробеметных барабанов; 3) то же, из дробеметных камер (до 3 т/ч); 4) металлической и абразивной от шлифовальных станков; 5) текстильной и пасты от полировальных станков; 6) металлической и окалины от крацевальных станков.

При травлении выделяются в основном водород, водяные пары и аэрозоли соляной или серной кислоты; последние выносятся пузырьками водорода, заключенными в пленки из травильного раствора. Выделяется также хлористый водород, испаряющийся с поверхности раствора. Объем выделяющегося водорода в травильных ваннах с соляной и серной кислотой может быть приблизительно определен по табл. 3 [13].

Таблица 3

Кислота	Концентрация, %	Температура раствора, °С	Без присадки		С присадкой, см ³ /г
			см ³ /г	л/(ч · м ²)	
Соляная	1	16 – 18	25,9	—	—
”	6	Б.П.*	13,2	—	—
”	14	Б.П.*	6,9	—	—
Серная	3	90	316	—	95
”	6	70	122,5	—	4,8
”	15	80	—	420	—
”	10	80	—	240	—
”	2	80	—	200	—
”	10	65	—	180	—
”	20	52	—	50	—
”	34	25	—	40	—

*Б.П. — без подогрева.

Примечания: 1. В граммах обозначены потери металла, в м² — площадь поверхности травимого металла. 2. Объем водорода отнесен к 0 °С и $p = 101,325$ кПа.

Таблица 4

Марка стали	Травильный раствор		Вредные вещества	
	Состав	$t^{\circ}\text{C}$	Состав	Масса, мг/(мин·м ²)
Ст10	HCl – 20 %	70 ... 80	Соляная кислота	26 000
Ст10	H ₂ SO ₄ – 15 % (без ингибитора)	70	Аэрозоль серной кислоты	200
	H ₂ SO ₄ – 15 % (с ингибитором ЧМ)	70	То же	30
79NM ХН75ТЮ 50ХНС	H ₂ SO ₄ – 24 %, NaCl – 8 %, HNO ₃ – 2 %	70	Аэрозоль состава ванны	350
				80
				245
12Х18Н12Т	HNO ₃ – 10 – 12 %	60	Оксиды азота в пересчете на N ₂ O ₃	4 300
08Х18Н10Т ХП167	HF – 4 – 5 %	60	Фтористый водород	118
08Х18Н10Т	HNO ₃ – 15; 5 %	50	Оксиды азота в пересчете на N ₂ O ₃	185
			Суммарно в пересчете на N ₂ O ₃	940
08Х18Н10Т	H ₂ SO ₄ – 20 – 22 %	60	Суммарно SO ₂ + H ₂ SO ₄ в пересчете на H ₂ SO ₄	53
08Х18Н10Т	До 3 % NaCl	60	Хлористый водород	16

Пример 12 [13]. Определить объем водорода, выделяющегося при травлении консервной жести в 15 %-ном растворе серной кислоты. В одну травильную корзину входит 357 листов жести с общей площадью поверхностей $0,71 \cdot 0,51 \cdot 2 \cdot 357 = 258 \text{ м}^2$. Коэффициент использования травильной ванны равен 0,8.

Решение. По табл. 3 находим, что при концентрации 15 % выделяется 420 л/(ч·м²) водорода. Следовательно, объем выделяющегося водорода составит $258 \cdot 420 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 = 86,7 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Эмпирическая формула для определения выделения аэрозоля серной кислоты из сернокислотных ванн без применения ингибитора, мг/(ч·м²)

$$m = 480c + 270t - 14\,400,$$

где c – концентрация серной кислоты в травильном растворе, %, в пределах 10 – 25 %; t – температура раствора, $^{\circ}\text{C}$, в пределах 60 – 95 $^{\circ}\text{C}$.

Продолжительность травления, с	Концентрация кислоты, г/л	Температура, °С	Концентрация паров HCl над раствором, г/м³	Парциальное давление HCl, Па	Продолжительность травления, с	Концентрация кислоты, г/л	Температура, °С	Концентрация паров HCl над раствором, г/м³	Парциальное давление HCl, Па
Содержание FeCl ₂ – 227 г/л					Раствор без FeCl ₂				
10	235	93	32200	2769470	10	250	80	564	46902
20	235	65	4950	393030	10	140	93	13,8	1190
20	140	80	247	20540	20	220	65	56,4	707
20	75	93	38,8	3347	20	100	80	0,9	75
30	130	65	56,4	4478	20	54	93	0,4	35
30	75	80	15,6	1297	30	126	65	1,0	79,4
30	45	93	11,0	949	30	57	80	0,15	12,5
40	86	65	8,9	707	30	30	93	0,13	11
40	48	80	4,95	412	40	84	65	0,17	13,5
40	29	93	5,3	457	40	39	80	0,07	6
					40	20	93	0,08	7

В табл. 4 приведены данные о вредных веществах, выделяющихся при травлении стали [82]. В табл. 5 приведены концентрации паров и парциальные давления хлористого водорода над растворами при травлении листового проката в соляной кислоте, а также в системе кислота — хлористое железо — вода.

При разгрузке ванн с температурой раствора 80 °С и выше происходит интенсивное испарение с поверхностей обрабатываемых деталей. Толщина слоя, смачивающего поверхность, составляет около 0,05 мм. С мокрого пола испаряется около 0,05 кг/(м² · ч) воды.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, УМЕНЬШАЮЩИЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Санитарные правила организации технологических процессов и гигиенические требования к производственному оборудованию [68] определяют технологические мероприятия, благоприятно влияющие на состояние воздушной среды.

В гальванических цехах такими мероприятиями являются: применение безвредных или менее вредных технологических процессов; замена вредных растворов и электролитов менее вредными; капсюлизация оборудования и его герметизация; применение укрытий, крышек, козырьков; укрытие поверхности жидкости в ваннах поплавками, пеной; применение оборудования со встроенными местными отсосами; автоматическое блокирование оборудования и сантехустройств; сигнализация

при неисправности системы отсосов; комплексная механизация и автоматизация производственных операций и процессов при дистанционном (в возможных случаях) управлении ими; применение наименьших значений плотности тока и температуры раствора, без снижения производительности оборудования и качества покрытия; автоматическое регулирование режимов (температуры, плотности тока, кислотности растворов, постоянства уровня раствора, времени электролиза и т.п.); приготовление и корректирование растворов (в особенности высокотоксичных) централизованным способом в обособленных помещениях с перекачкой готовых растворов к ваннам насосами по трубопроводам.

В паспортах, описаниях, специальных инструкциях или других сопроводительных документах к технологическому оборудованию должны быть указаны меры по предотвращению влияния вредных факторов. В частности, следует указывать, как подсоединить к системе вытяжной вентиляции предусмотренные в оборудовании местные отсосы, укрытия или воздухоприемники с указанием объемов удаляемого из них воздуха или необходимой скорости подсоса, разрежения и т.п. при различных режимах работы оборудования.

В случаях, когда при существующем уровне техники невозможна организация процессов электролиза, травления и т.п., полностью исключая выделение вредных веществ в рабочую зону, надлежит предусматривать меры и средства, уменьшающие выделение в воздух вредных паров, газов и жидких аэрозолей (например, аспирируемые укрытия, присадки, плавающие шарики, хромин для ванн хромирования и т.п.).

Известны многочисленные примеры применения электролитов и растворов, заменяющих цианистые и другие высокотоксичные растворы, а также примеры других рациональных технологических мероприятий.

По данным ЦНИИ информации, в производство внедрен процесс ускоренного электрохимического травления черных металлов взамен гидрорескоструйной, дробеструйной очисток и травления в горячих растворах кислот.

Состав раствора (г/л): кислый сернокислый натрий 400 – 500; хлористый натрий 10 – 30; тиомочевина 5 – 10. Режим обработки: анодная плотность тока 5 – 15 А/дм², температура 18 – 45 °С, продолжительность 0,5 – 3 мин. Этот раствор универсален и им можно обрабатывать стали низко- и высокоуглеродистые, коррозионно-стойкие, а также высокопрочные типа 65С2ВА, 30ХГСА и 38ХС.

Для травления только углеродистых сталей рекомендуется следующий состав раствора (г/л): серная кислота 700 – 800; тиомочевина 5 – 10; хлористый натрий 5 – 10. Плотность тока 10 – 15 А/дм². Продолжительность обработки 2 – 3 мин.

Вредные цианистые растворы, применявшиеся в часовой промышленности для золочения корпусов и стрелок, заменены безвредными хи-

микатами — комплексонами, разработанными во ВНИИ химических реактивов и особо чистых химических веществ.

Весьма эффективны по производительности и качеству проточные способы нанесения покрытий, сущность которых состоит в том, что на деталь монтируют электролитическую ячейку и электролит с определенной скоростью прокачивают относительно детали (вдоль ее поверхности). Применение проточных способов в несколько раз повышает производительность процессов хромирования, никелирования, меднения и осаждения других металлов, применяемых для восстановления деталей, а также в защитно-декоративных целях.

Примером рациональной технологии является применение анодно-струйного способа (электролит направлен перпендикулярно к поверхности детали).

Установка конструкции НИИТмаша, предназначенная для хромирования цилиндрических деталей трактора К-700, была создана на ленинградском Кировском машиностроительном и металлургическом заводе. Ванна, предназначенная для ведения электролиза, закрыта крышкой и снабжена вытяжной вентиляцией. Анодно-струйное хромирование позволило автоматизировать процесс и повысить его производительность до 10 раз за счет применения тока высоких плотностей и более высокого выхода по току. При этом повышается равномерность отложения хромового покрытия по толщине слоя, создаются условия для получения осадков хрома заданной толщины, не требующих последующего шлифования.

Гигиенический эффект проточных и анодно-струйных способов обработки состоит в следующем: уменьшается число ванн с вредными растворами (благодаря увеличению их пропускной способности в связи с ускорением технологического процесса); в ряде случаев отпадает процесс шлифования.

В ленинградском производственном объединении "Металлопосуда" была внедрена новая технология полировки алюминиевых изделий методом обработки твердосплавным роликом взамен обработки традиционным войлочным кругом.

В Институте химии и химической технологии Академии наук Литовской ССР были разработаны новые технологические процессы блестящего никелирования, цинкования, меднения, палладирования, кадмирования, лужения. Эти процессы, не требующие последующего полирования, внедрены на многих предприятиях.

Новейшие прогрессивные технологические процессы, заменяющие химические и электрохимические процессы защиты изделий от коррозии и износа, резко уменьшают выделение вредных веществ.

Процесс вакуумной металлизации заключается в испарении материала покрытия в глубоком вакууме и последующей конденсации его на поверхностях покрываемых изделий. Испаряемый металл нагревают до температуры плавления; разность между упругостью пара расплавлен-

ного металла и давлением в камере определяет процесс испарения.

Электронно-лучевые испарители позволяют превращать в паробразное состояние десятки килограммов в час таких металлов, как медь, алюминий, никель.

Вакуумные установки намного производительнее, чем электрохимические, легче поддаются полной автоматизации, требуют меньше обслуживающего персонала, исключают вредные выбросы в атмосферу.

Прогрессивным процессом является также плазменное напыление. Сущность его заключается во вдувании порошкового материала в струю плазмы с температурой в несколько тысяч градусов. Расплавляясь, частицы материала переносятся на поверхность детали. В результате образуется слой в десятые доли миллиметра, обладающий исключительной стойкостью.

Промышленной проверкой было выявлено, что стойкость, например, стальных и чугунных деталей с плазменным покрытием по сравнению с хромированными больше в 6 раз. Долговечность деталей из алюминиевых сплавов с плазменным покрытием по сравнению с анодированными больше в десятки раз.

На многих заводах применяют многопроцессорные автоматические линии. Линии снабжены устройствами для механического перемещения деталей, загрузки их в ванны и выгрузки из ванн, а также командоаппаратами программного управления. На линиях осуществляется автоматический контроль и регулирование температуры электролита, а также автоматическая стабилизация плотности тока. Это устраняет возможность увеличения количества вредных веществ, выделяющихся в воздух, вследствие повышения температуры раствора и плотности тока.

3. ПРИМЕНЕНИЕ ПОПЛАВКОВ

Укрытие поверхности раствора пластмассовыми поплавками (шариками, двояковыпуклыми линзами) значительно снижает унос растворов и выделение вредных веществ. Расход отсасываемого воздуха можно уменьшить на 25 % для обычных бортовых [65] и на 10 % для опрокинутых отсосов [18], расход химикатов на 15 % [24].

Поплавки делают диаметром 25 – 30 мм с учетом того, чтобы они не попадали в полости обрабатываемых деталей. Их не применяют, когда обрабатывают мелкие детали в корзинах, так как при этом вместе с деталями могут быть унесены и поплавки.

При интенсивном нагреве, перемешивании раствора, часто повторяющихся погружениях и извлечениях деталей поплавки скапливаются у стенок ванны и оставляют открытой ее середину. В этих случаях следует применять двухслойную засыпку поплавков.

По имеющимся данным при укрытии раствора в ваннах хромирования выделение вредных веществ уменьшается при однослойной засыпке на 40 %, при двухслойной на 70 %.

Для растворов с температурой до 75°C рекомендуют поплавки из пенополистирола, для растворов с температурой $75 - 100^{\circ}\text{C}$ — полиэтиленовые поплавки.

Укрытие поверхности раствора поплавками было успешно применено на Волгоградском сталепроволочно-канатном заводе в 9 серно-кислотных ваннах и в 9 соляно-кислотных ваннах размерами $7,4 \times 1,5$ м, а также в 10 ваннах известкования размерами $5,8 \times 1,5$ м.

Первоначально ванны с растворами температурой $55 - 60^{\circ}\text{C}$ были снабжены зонтами, через которые отсасывалось всего $453\,000\text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха. После укрытия поверхностей растворов поплавками объем отсасываемого воздуха был сокращен на $335\,000\text{ м}^3/\text{ч}$. Экономия эксплуатационных расходов составила 156 000 руб. в год. Концентрации аэрозолей кислот в воздухе помещения уменьшились и не превышали предельно допустимых значений.

4. ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Для уменьшения выделения вредных веществ с поверхности ванн в состав электролитов вводят различные добавки: ингибиторы кислотной коррозии (КПИ-1, КПИ-3, КПИ-4 и др.), присадки, поверхностно-активные вещества (ПАВ), хромин и другие вещества.

Так, ПАВ-446 образует на поверхности кислотных растворов плотную и устойчивую пену высотой 20 — 30 см, которая сохраняется до полной выработки ванн. Качество поверхности и механические свойства металла при этом хорошие. Последующие технологические операции — волочение, калибровка, цинкование, фосфатирование, лужение протекают нормально.

На Орловском сталепрокатном заводе применение ПАВ-446 при серно- и соляно-кислотном травлении проволоки из высокоуглеродистой стали сократило выделение серной кислоты в количестве 0,16 кг на 1 т травимого металла.

Использование присадок в серно-кислотных ваннах уменьшает выделение сернистого ангидрида в 5 раз, паров серной кислоты в 3 — 4 раза.

Пенозащитный слой рекомендуют также применять при щелочном травлении алюминия и его сплавов, серноокислом анодировании, анодном снятии олова в щелочном растворе, хромировании.

При нанесении хромовых покрытий толщиной до 100 мкм (кроме проточного хромирования и покрытия титановых сплавов) в состав электролита можно вводить 0,5 — 2 г/л хрома, который в сотни раз снижает выделение хромового ангидрида.

При выборе пенообразователей необходимо учесть их влияние на канализационные стоки. Например, наличие даже малого количества пенообразователей ОП-10, ОП-7, сульфанола НП-1, алкилсульфоната в сточных водах неприемлемо вследствие губительного их воздействия

на живые организмы водных бассейнов; обезвреживание сложно, а биологическая очистка стоков не эффективна.

Применение пенообразователей требует соблюдения мер предосторожности. Например, при использовании слоя пены в ваннах хромирования нельзя снимать подвески со штанги, находящейся под током, так как в слое и под слоем пены накапливается водород, а при размыкании электрической цепи образуются искры, вызывающие сильные хлопки взрывного характера, выплескивающие из ванны раствор.

Покрытие поверхности раствора пеной позволяет уменьшить количество отсасываемого воздуха на 50 % [65]. Расход химикатов уменьшается на 10 – 15 % [24].

ГЛАВА III

УДАЛЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ ОТ ВАНН, ЧЕРЕЗ МЕСТНЫЕ ОТСОСЫ

1. УКРЫТИЯ ВАНН

Основным оборудованием для химической и электрохимической обработки поверхностей металлов являются ванны. Для электрохимической обработки ванны снабжают токоподводящими штангами, выступающими выше бортов. Растворы нагревают паром, пропуская его через змеевики из труб, или же электричеством при помощи трубчатых нагревателей. Для достижения однородности состава растворы перемешивают сжатым воздухом.

Согласно санитарным правилам водные поверхности с температурой воды выше 30 °С в рабочих помещениях подлежат полному укрытию с устройством местных отсосов [68, п.116].

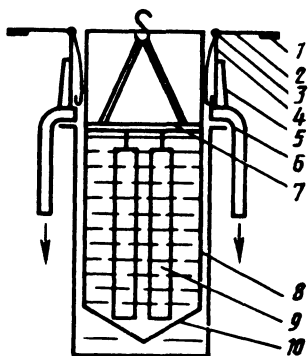
Требования по устройству укрытий содержатся также в правилах техники безопасности и производственной санитарии [54, 55].

Устройство для укрытия ванн, показанное на рис. 1, локализует распространение вредных веществ и позволяет улавливать их при обработке крупных металлических деталей, обслуживаемых мостовым краном [73]. На длинных бортах ванны установлены шарнирно закрепленные створки с противовесами, а для погружения детали в ванну предусмотрена загрузочная форма, облицованная химически устойчивым материалом. Выделяющиеся вредные вещества удаляют через двубортовые отсосы со щелью высотой 90 мм.

Такое устройство, внедренное на ваннах размером 4300 × 800 мм, позволило на 50 % снизить объем удаляемого от ванн воздуха. При больших габаритных размерах открывание и закрывание ванн должно быть механизировано.

Рис. 1. Укрытие крупногабаритной ванны:

1 — амортизатор; 2 — противовес; 3 — шарнир; 4 — боковая облицовка; 5 — створка; 6 — бортовой отсос; 7 — загрузочная форма; 8 — ванна; 9 — обрабатываемая деталь; 10 — загрузочная рама



На московском заводе по обработке цветных металлов применено укрытие ванн пологом из ионообменного тканевого полотна. Полот с помощью колец подвешивается на штангах, закрепленных вдоль боковых кромок ванны, и может сдвигаться или раздвигаться по мере необходимости. Регенерация полога в собранном состоянии и ионообменного сорбента в фильтрах проводятся по мере насыщения промывкой водой. Удельный объем вентиляционного воздуха снижен до $100 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$, обеспечены санитарные нормы по содержанию аэрозолей серной кислоты и солей никеля и меди в воздухе помещения и на выходе из фильтра. Уловленный электролит возвращается в производство. Экономический эффект составил 117 тыс. руб. в год.

На одном предприятии для укрытия ванн $(1,5 - 2) \times (0,6 - 1,2) \text{ м}$ разработана шторная конструкция, представляющая собой штору-полотно из стойкого химического материала, например полихлорвиниловой ткани, соединенную с направляющими с помощью подвижных планок. Полотно перемещается по направляющим, установленным концами на бортовых отсосах вентиляции.

Разработана крышка, представляющая собой сборную конструкцию, состоящую из собственно крышки, противовеса, рукоятки. Каркас крышки изготовляют из коррозионно-стойкой стали, сверху к нему крепят винтами винипластовый лист толщиной 5 мм. Рукоятка представляет собой систему рычагов, соединенных с осью вращения крышки. Для поднятия крышки необходимо подтянуть рукоятку "на себя" на 20 — 30 мм.

Когда полное укрытие мешает технологическому процессу, применяют неполное укрытие. Ванны с цианистыми растворами, ванны хромирования, ванны с длительным технологическим процессом, а также с высокой температурой растворов, кроме бортовых отсосов, должны быть оборудованы дополнительными откидывающимися козырьками [54, п. 56].

При ширине ванн более 1 м необходимо устраивать откидывающиеся козырьки с таким расчетом, чтобы ширина открытого проема, необходимого для пропуска подвесочного приспособления, не превышала 0,9 м [54, п. 56].

Вентиляция серно-кислотных ванн с крышками, закрывающими последние на 2/3 их площади, была испытана Свердловским институтом охраны труда ВЦСПС в травильном отделении Верх-Исетского металлургического завода. Вентиляция двух ванн размерами 3 × 1,8 м с растворами температурой 90 °С, осуществленная с помощью двубортовых отсосов в объеме 9000 м³/ч или 835 м³/(ч · м²), была достаточно эффективной.

Такое укрытие возможно было осуществить при длительности травления 30 – 40 мин, что не вызывало существенных затруднений при открывании и закрывании козырьков [13].

Неполное укрытие эффективно действует на одном предприятии при использовании ванн с раствором едкого натра (300 – 350 г/л) при температуре 90 °С. Ванна размерами 4,5 × 12 м снабжена откидывающимися козырьками; ширина открытого проема 1 м. Удельный расход отсасываемого воздуха 2000 м³/(ч · м²). Скорость в проеме равна 2,5 м/с.

Объем удаляемого воздуха от укрытых ванн или агрегатов определяют по скорости всасывания воздуха в открытых проемах или в неплотностях (щелях), которая должна быть достаточной, чтобы воспрепятствовать выходу газов и паров из-под укрытия. Эту скорость принимают по расчету, но не менее 0,7 м/с при растворах с температурой до 50 °С и 1 м/с при более нагретых растворах [65].

Ниже приведена методика расчета, предложенная В.Н. Посохиним в работе [52], для неполностью укрытых ванн (рис. 2).

Скорость всасывания можно рассчитать по зависимости

$$v = (2,86 + 1,8b/B) \left[\frac{h(\rho_1 / \rho_2 - 1)}{1 + 0,52(\rho_1 / \rho_2)} \right]^{0,5},$$

где b — ширина щели, м; B — ширина ванны; h — глубина уровня раствора, м; ρ_1 — плотность окружающего воздуха (воздуха помещения) при температуре его t_1 , кг/м³; ρ_2 — плотность горячих паров, кг/м³.

Плотность горячих паров

$$\rho_2 = \rho_{Vap2} r_{Vap} + \rho_{a2} r_a,$$

где ρ_{Vap2} и ρ_{a2} — соответственно плотность пара и воздуха при температуре поверхности раствора t , кг/м³; r_{Vap} и r_a — объемные доли пара и воздуха в смеси

$$r_{Vap} = p_{Vap}/p_a \quad \text{и} \quad r_a = \frac{p_b - p_{Vap}}{p_b},$$

где p_b — барометрическое давление, кПа.

Давление пара над раствором с нелетучим растворенным веществом (H₂O + NaOH, H₂O + соли, H₂O + CrO₃) можно определить из выражения

$$p_{Vap} = (1 - c)p_{Vap0},$$

где c — концентрация раствора в молярных долях; p_{Vap0} — давление пара чистого растворителя, кПа.

Ниже приведены значения давлений паров чистой воды при различной температуре:

$t, ^\circ\text{C}$	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$p, \text{кПа}$	2,337	4,241	7,375	12,335	19,92	31,16	47,36	70,11	101,325

Пример 13. [52]. Рассчитать отсос водяных паров от ванны травления размера 15×3 м; в ванне содержится водный раствор NaOH, концентрация которого в молярных долях $c = 0,0543$; температура $t = 90^\circ\text{C}$; $t_1 = 20^\circ\text{C}$; ширина щели укрытия $b = 0,3$ м; заглубление поверхности испарения $h = 0,4$ м; $p_b = 101,2$ кПа; при $t = 90^\circ\text{C}$ $p_{Vap0} = 70,11$ кПа; $\rho_{a2} = 0,974$ кг/м³; $\rho_{Vap2} = 0,397$ кг/м³; $\rho_1 = 1,2$ кг/м³.

Решение. Парциальное давление водяного пара над раствором $p_{Vap} = (1 - 0,0543) 70,11 = 66,3$ кПа; объемная доля водяного пара $r_{Vap} = 66,3/101,2 = 0,655$; объемная доля воздуха в смеси $r_a = \frac{101,2 - 66,3}{101,2} = 0,345$; плотность паровоздушной смеси над раствором $\rho_2 = 0,397 \cdot 0,655 + 0,974 \cdot 0,345 = 0,6$ кг/м³. Таким образом,

$$v = (2,86 + 1,8 \cdot 0,3/3,0) \left[\frac{0,4 (1,2/0,6 - 1)}{1 + 0,52 (1,2/0,6)} \right]^{0,5} = 1,35 \text{ м/с.}$$

$$V_2 = 3600 \cdot 15 \cdot 0,3 \cdot 1,35 = 21\,870 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad V_S = \frac{21\,870}{15,3} = 486 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2).$$

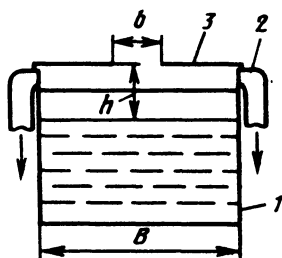


Рис. 2. Неполное укрытие крупногабаритной ванны: 1 — ванна; 2 — двубортовой отсос; 3 — откидные козырьки

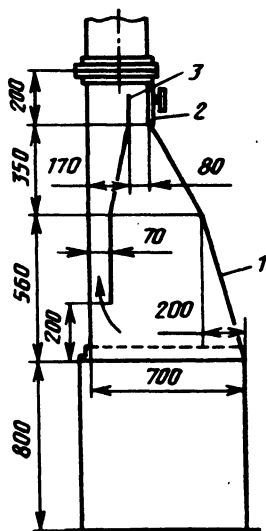


Рис. 3. Вытяжной шкаф с комбинированным отсосом: 1 — плоскость рабочего отверстия; 2 — люк; 3 — свободный конец стального листа для регулировки

2. ВЫТЯЖНЫЕ ШКАФЫ

Некоторые покрытия, травление и обезжиривание мелких деталей производят в вытяжных шкафах. Эскиз шкафа приведен на рис. 3. Наличие свободного конца перегородки вверху шкафа позволяет путем отгиба его на нужную величину в любую сторону изменять в широких пределах объемы воздуха, отсасываемого снизу или сверху.

Объем отсасываемого воздуха от шкафов определяют по скорости всасывания, значение которой выбирают в соответствии с назначением шкафа и степенью вредности выделяющихся веществ (табл. 6). При навеске сыпучих веществ, их дроблении, расфасовке и дозировке принимают скорость 0,8 – 1,0 м/с.

Таблица 6

Наименование процесса	$t, ^\circ\text{C}$	Зона возможного выбивания вредных веществ	Скорость v , м/с
Ванны с кислыми растворами при нагреве и воздушном перемешивании. Декапирование в концентрированной кислоте	20 – 40	Весь проем	0,5 – 0,7
Кадмирование, серебрение, меднение, цинкование в цианистых электролитах	20 – 35	То же	1,0 – 1,5
Лужение щелочное	70 – 80	Верх	0,7 – 1,0
Обезжиривание бензином, хлорированными углеводородами	18 – 25	Низ	0,3 – 0,8
Обезжиривание химическое	70 – 85	Верх	0,5
Обезжиривание электрохимическое	60 – 70	"	0,6 – 0,8
Оксидирование анодное алюминия в серной кислоте	15 – 25	Весь проем	0,5 – 0,7
То же в хромовой кислоте	40 – 45	То же	0,7 – 1,0
Оксидирование алюминия химическое	85 – 100	"	0,7 – 1,0
Оксидирование черных металлов	130 – 145	"	1,0 – 1,5
Пассивирование в растворах хромовых солей	90 – 95	"	0,7 – 1,0
Свинцевание	18 – 20	То же	1,0 – 1,5
Травление азотной кислотой	–	"	0,7 – 1,0
Травление соляной кислотой	–	"	0,5 – 0,7
Фосфатирование	95 – 98	Верх	0,5
Хромирование	35 – 75	"	1,0 – 1,7
Электрополирование	70 – 90	"	0,7 – 1,3

3. БОРТОВЫЕ ОТСОСЫ

Одним из способов удаления выделяющихся вредных веществ является устройство щелевых бортовых отсосов.

Щели располагают в вертикальной плоскости (простые или обыч-

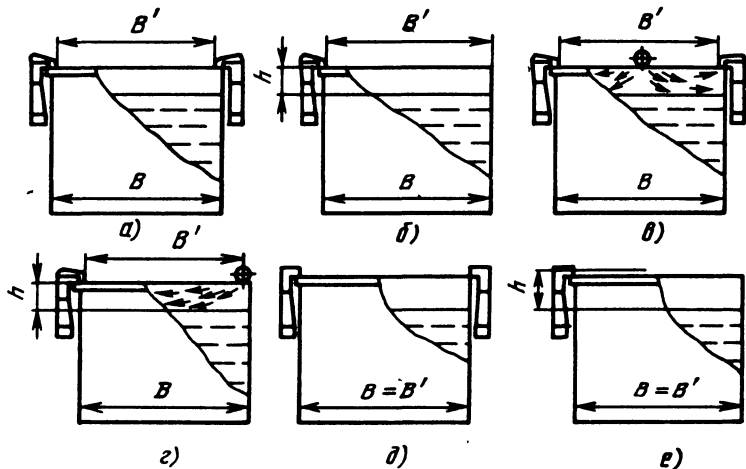


Рис. 4. Схемы бортовых отсосов:

a – двубортовой опрокинутый; *б* – однобортовой опрокинутый; *в* – двубортовой активированный; *г* – однобортовой активированный; *д* – двубортовой простой; *е* – однобортовой простой

ные отсосы) или в горизонтальной плоскости (опрокинутые отсосы) (рис. 4).

Бортовые отсосы располагают по длинным сторонам ванн.

На рис. 5 приведен бортовой отсос для ванн, разработанный Центральным конструкторским бюро оборудования гальванопокрытий (ЦКБ ОГ) при Тамбовском заводе гальванического оборудования [7].

Основные размеры отсосов (мм) следующие:

<i>Z</i>	620	790	1240	620	790	1240
<i>B</i>	500	500	500	500	500	700
<i>h</i>	40	40	40	80	80	80

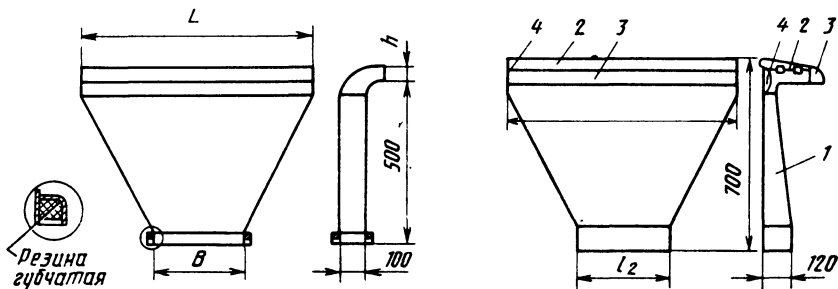


Рис. 5. Бортовой отсос конструкции ЦКБ ОГ

Рис. 6. Бортовой отсос конструкции ГПИ "Проектпромвентиляция":

1 – корпус; *2* – съемная крышка; *3* – козырек; *4* – клапан

Материал — сталь Ст.3 (отсос 23.000-1) или 12Х18Н10Т (отсос 23.000-2) в зависимости от агрессивности отсасываемых паров. При ширине ванны 560 мм отсос однобортовой, при ширине 710 и 1000 мм — двубортовой.

На рис. 6 приведен бортовой отсос, предложенный институтом "Проектпромвентилиация". Ширина отсасывающей щели 50 мм. Если конструкция с козырьком — отсос опрокинутый, без козырька — обычный. Ниже приведены размеры отсоса l_1 и l_2 (мм) [74]:

Длина щели бортового отсоса l_1 . .	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Длина соединительного патрубка l_2	240	240	240	320	320	400	400	500	500

При длине ванны более 1200 мм устанавливают несколько секций.

Секции крепят к ванне так, чтобы щель отсоса находилась между бортом ванны и штангой постоянного тока и не закрывалась бы последней. Штангу располагают над кромкой отсоса, обеспечивая свободное подтекание воздуха к отсосу.

Наличие съемной крышки и верхнее расположение заслонки облегчает очистку отсоса от наростов. Фиксация заслонки после регулирования отсоса не нарушается при снятии крышки и чистке отсоса и заслонки.

Материал отсосов: углеродистая сталь для ванн с неагрессивными растворами (щелочными, цианистыми) или полипропилен для ванн с растворами агрессивных кислот и солей.

Активированные отсосы снабжены трубой для подачи воздуха, установленной на противоположном борту ванны или по продольной оси ванны.

Для ванн химических процессов предусмотрена труба из углеродистой стали или полиэтилена. В ваннах для электрохимической обработки в качестве трубы для подачи воздуха может быть использована полая токопроводящая штанга из меди или латуни.

Воздух в трубу или в полую штангу подают от специальной вентиляционной установки либо от сети сжатого воздуха. Воздушная струя должна быть направлена под углом 35° к плоскости раствора.

Воздушная струя сдувает пары и аэрозоли к отсасывающей щели и этим уменьшает необходимую зону действия отсоса и объем удаляемого воздуха.

Коэффициент местного сопротивления секции отсоса, отнесенный к скорости в щели, при открытом положении клапана $\xi = 3$.

На рис. 7 показаны способы соединения секций отсосов с воздуховодом или коллектором. К вытяжному воздуховоду 1 или коллектору приваривают рамку уплотнения 2. В образующийся карман вставляют

Рис. 7. Соединение секций бортовых отсосов с воздуховодом:

1 — патрубок вытяжного воздуховода; 2 — рамка уплотнения; 3 — патрубок секции отсоса; 4 — уплотнение; 5 — промежуточный патрубок

присоединительный патрубок 3 секции отсоса или промежуточный патрубок 5. Зазоры заполняют нетвердеющей пастой УН-01, герметиком ТЭП-1 или другой густой уплотняющей пастой.

В бортовых отсосах конструкции "Проектпромвентиляции" устранены недостатки предшествовавших конструкций. В предшествовавших конструкциях отсосов регулирующая заслонка устанавливалась в присоединительном патрубке магистрального воздуховода, что затрудняло эксплуатацию отсосов при осаждении в них солей раствора.

Фланцевое крепление отсоса к патрубку магистрального воздуховода не позволяло строго фиксировать отсос относительно борта ванны.

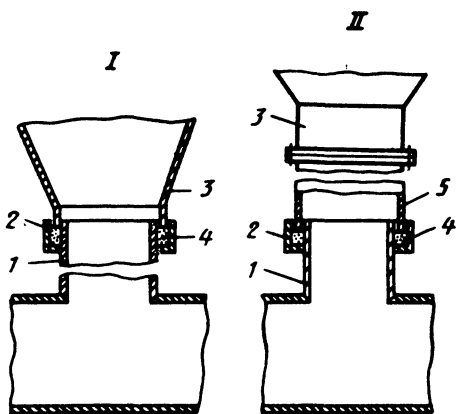
Отличительной особенностью новой конструкции отсоса является способ его крепления. Базой для установки отсоса служит борт ванны, к которому он крепится двумя-тремя болтами.

Выбор варианта исполнения отсоса определяется местными условиями цеха и технико-экономическими соображениями. Так, применение активированных отсосов дает ощутимый эффект для ванн, содержащих высокотоксичные и горячие растворы. В этом случае объем отсасываемого воздуха снижается в 2 — 3 раза. Для других условий их применение может оказаться нецелесообразным, а для растворов, содержащих вредные вещества, выделяющиеся только за счет испарения, вообще недопустимым.

Ванны кареточных автоматических линий при ширине более 0,6 м, не имеющие специальных укрытий, следует оснащать активированными отсосами. Ванны шириной менее 0,6 м могут быть изготовлены с однобортовыми отсосами.

Стационарные ванны, а также ванны механизированных автооператорных линий при ширине ванны 0,6 — 1,2 м следует оснащать либо двубортовыми, либо активированными отсосами.

Эффективность улавливания и удаления вредных веществ с поверхности растворов в ваннах зависит от конструкции бортового отсоса и объема отсасываемого воздуха и практически не зависит от скорости входа воздуха в щели бортового отсоса.



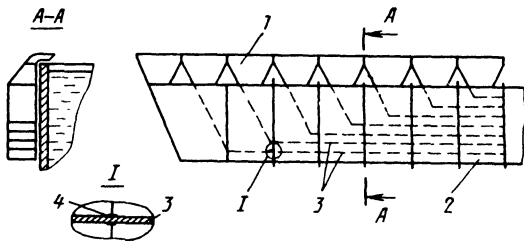


Рис. 8. Бортовой отсос с коллектором:

1 — секция бортового отсоса; 2 — коллектор; 3 — перегородки; 4 — уплотнение из профилированной резины

Расходы воздуха бортовыми отсосами тем больше, чем больше ширина ванны, выше температура жидкости, токсичнее вредные вещества, подвижнее воздух в помещении.

Необходимо обеспечивать равномерную скорость во всасывающей щели по всей ее длине. Неравномерность не должна превышать 10 %. Для достижения этого применяют разные меры: секцию отсоса делают ограниченной длины (не более 1200 мм); на длинных ваннах устанавливают несколько секций (сужение корпуса в основании не должно быть более 60°); на каждой секции устанавливают регулировочное приспособление; применяют узкую щель (см. рис. 5); скорость воздуха в сборном воздуховоде принимают в 2,5 — 3 раза меньше скорости в щели.

На рис. 8 приведен бортовой отсос с коллектором, использовавшийся на Пряминском авторемонтном заводе на шести гальванических ваннах размерами 1450 × 7000 мм для цинкования металлоконструкций. Ввиду того, что расстояние между ваннами ограничено, ширина коллектора принята равной 300 мм, а высота каждого канала раздвигна и определялась путем увязки сопротивлений при аэродинамическом расчете.

Эксплуатация коллекторов показала, что без регулирующих устройств расходы воздуха в секциях отсоса практически одинаковы. Для периодической очистки коллектора от отложений и замены отдельных элементов, вышедших из строя в процессе эксплуатации, конструкция его разборная.

Для исключения перетекания воздуха из одного канала в другой в местах соединения отдельных деталей коллектора разделительные перегородки в стыках уплотнены профилированной резиной.

Щели бортового отсоса должны располагаться выше изделий и приспособлений для их подвешивания, но ниже токопроводящей штанги. Если верхняя кромка щели будет на одном уровне с выступающими изделиями или электродами, эффективность отсоса значительно снизится.

Большое значение имеет расположение ванны в помещении относительно стены или смежной ванны. Если отсос расположен возле стены или примыкает к отсосу смежной ванны, то объем отсасываемого воздуха можно уменьшить на 15 % при одностороннем и на 10 % при двустороннем отсосе [54].

На основании Экспериментальных исследований, проведенных во ВЦНИИОТ ВЦСПС В.В. Батуриным и М.М. Барановым, было выявлено влияние на эффективность работы бортовых отсосов различных факторов — высоты зоны присутствия вредных веществ над верхней кромкой ванны, ширины щели, глубины уровня жидкости в ванне, температуры жидкости в ванне, температуры воздуха в помещении, наличия или отсутствия пластин электродов, подвижности воздуха в помещении.

Было установлено, что для создания необходимой чистоты воздуха и предотвращения загрязнения его парами и аэрозолями, следует создавать такие условия работы, чтобы загрязненная зона ванны находилась ниже уровня дыхания работающих у ванны людей.

Выявилась особенность опрокинутого отсоса, заключающаяся в том, что подтекающий воздушный поток более плотно прижимается к поверхности раствора, благодаря чему требуется отсасывать меньше воздуха, чем при использовании обычных отсосов.

В результате исследований выявлена следующая зависимость:

$$V = \alpha \sqrt[3]{\Delta t} \cdot l \cdot C_H C_v,$$

где V — объем воздуха, удаляемого через бортовой отсос, м³/ч; α — расход воздуха, отнесенный к 1 м длины ванны, зависящий от токсичности вредных выделений и определяемый высотой спектра вредных выделений h (мм), шириной зеркала ванны B (мм) и типом отсоса (табл. 7);

Таблица 7

Тип отсоса	h , мм	α , м ³ /(ч · град ^{2/3}) при 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

$\Delta t = t_1 - t_2$ — разность между температурой раствора в ванне и температурой воздуха в рабочей зоне, принимаемая не менее 10°C ; l — длина ванны, м; C_H — поправочный коэффициент на глубину уровня раствора в ванне H (мм); для обычного однобортового отсоса $C_H = 1,12 - 0,0015 H$; для обычного двубортового отсоса: при $H = 80$ мм, $C_H = 1$, при $H > 80$ мм $C_H = 0,015 (B/H)^2 - 0,305 B/H + 2,6$; для опрокинутых отсосов $C_H = 1,2 - 0,0025 H$; C_v — поправочный коэффициент, учитывающий скорость движения воздуха в помещении;

для однобортового обычного и опрокинутого отсосов

$$C_v = h^{0,07} (1 - h^{0,2} \Delta t 10^{-3});$$

для опрокинутого двубортового отсоса

$$C_v = h^{0,1} (1 - h^{0,25} \Delta t 10^{-3});$$

для обычного двубортового отсоса

$$C_v = \frac{\Delta t h^{0,2} (1 - h^{0,35} \Delta t 10^{-3})}{\Delta t - 10 \ln (80/H)}.$$

Высота спектра h принимается равной:

40 мм — для процессов травления в азотной и плавиковой кислотах; матирования меди в кислотах; свинцевания и осветления в холодных растворах; хромирования при $t_1 = 45 - 60^\circ\text{C}$; оксидирования черных металлов при $t_1 = 130 - 155^\circ\text{C}$; снятия металлических покрытий в азотной кислоте при $t_1 = 30^\circ\text{C}$;

80 мм — для холодных процессов декапирования меди в цианистом калии и стали в хромпике; цианистого травления цветных металлов; цианистого меднения стали; серебрения и золочения цветных металлов; полирования и снятия металлических покрытий соляной и серной кислотами; цианистого кадмирования; травления стали серной и соляной кислотами при $t_1 = 30 - 60^\circ\text{C}$; лужения при $t_1 = 60 - 70^\circ\text{C}$; цианистого латунирования при $t_1 = 30 - 40^\circ\text{C}$; железнения при $t_1 = 100^\circ\text{C}$;

160 мм — для всех остальных технологических процессов с менее вредными выделениями.

Дальнейшие исследования, проведенные во ВЦНИИОТ [34], о влиянии скорости движения воздуха в помещении на работу бортовых отсосов у ванн при оценке эффективности их работы показали следующее.

При кажущейся эффективной работе бортовых отсосов и относительно спокойном состоянии окружающего воздуха происходит вынос вредных веществ в зону обслуживания с краев ванны, не оборудованной бортовыми отсосами.

Содержание вредных веществ в рабочей зоне зависит от скорости движения воздуха в помещении, направления его движения относительно

бортовых отсосов и расстояния между ваннами, расположенными вдоль потока.

При организации подачи воздуха в помещении, где расположены ванны, следует учитывать, что наибольший вынос вредных веществ происходит при перпендикулярном направлении движения воздуха к плоскостям всасывания бортовых отсосов.

Институтом "Проектпромвентиляция" разработано "Руководство по проектированию", которое согласовано с ГСЭУ Минздрава СССР и утверждено приказом Главпромстройпроекта Госстроя СССР [65], используемое при расчетах отсосов для ванн шириной до 1200 мм.

Объем воздуха, удаляемого через бортовые отсосы ($\text{м}^3/\text{ч}$), определяется по формулам:

для неактивированных отсосов со щелью всасывания в горизонтальной или вертикальной плоскости

$$V = 1400(0,53 \frac{B'l}{B' + l} + h)^{1/3} B' l C_t C_{tox} C_1 C_2 C_3 C_4;$$

для отсосов, активированных со щелью всасывания в горизонтальной плоскости конструкции института "Проектпромвентиляция"

$$V = 1200 B'^{3/2} l C_t C_1$$

Объем воздуха для поддува ($\text{м}^3/\text{ч}$)

$$V = 60 B' l C_t.$$

В этих формулах B' — расчетная ширина ванны, принимаемая равной для двубортных отсосов расстоянию между кромками отсосов, для однобортных отсосов — расстоянию между кромкой отсоса и бортом или осью воздухоподающей трубы отсосов активированных, м; l — длина ванны, м; h — расчетное расстояние от зеркала раствора до борта ванны или до оси всасывающего отверстия, м; C_t — коэффициент, учитывающий разность температур раствора и воздуха в помещении: для неактивированных отсосов $C_t = 1 + 0,0157 \Delta t$; для активированных отсосов $C_t = 1 + 0,003 \Delta t$; C_{tox} — коэффициент, учитывающий токсичность вредных веществ и интенсивность их выделения, принимаемый для неактивированных отсосов по прил. 1; для активированных отсосов во всех случаях $C_{tox} = 1$; коэффициенты C_1 учитывают конструкцию отсоса; C_2 — наличие воздушного перемешивания; C_3 — укрытие поплавками; C_4 — укрытие пеной; значения коэффициентов приведены в табл. 8.

Пример 14. Определить объем отсасываемого воздуха от ванны шириной 0,8 м и длиной 1,25 м для хромирования с раствором, содержащим хромовую кислоту в концентрации 250 г/л, а также хромин температурой 60 °С; температура воздуха в помещении 15 °С; воздушное перемешивание отсутствует; применен двубортовой отсос с горизонтальной щелью неактивированный.

Коэффициент	Неактивированный отсос		Активированный отсос	
	однобор- товой	двубор- товой	однобор- товой	двубор- товой
C_1	1,8	1	1	0,7
C_2	1,2	1,2	1	1
C_3	0,75	0,75	1	1
C_4	0,5	0,5	1	1

Решение. Учитывая, что $C_t = 1,71$; $C_{tox} = 2$; $C_4 = 0,5$; $B' = 0,8 - 2 \cdot 0,05 = 0,7$ м; $h = 0,15$ м, объем воздуха

$$V = 1400 \left(\frac{0,53 \cdot 0,7 \cdot 1,25}{0,7 + 1,25} + 0,15 \right)^{1/3} \cdot 0,7 \cdot 1,25 \cdot 1,71 \cdot 2 \cdot 0,5 = 1530 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Удельный объем $V_s = 1530 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$.

Пример 15. То же, что в примере 14, но отсос с вертикальной щелью.

Решение. $h = 0,15 + 0,025 = 0,175$; $B' = 0,8$ м. Объем удаляемого воздуха

$$V = 1400 \left(\frac{0,53 \cdot 0,8 \cdot 1,25}{0,8 + 1,25} + 0,175 \right)^{1/3} \cdot 0,8 \cdot 1,25 \cdot 1,71 \cdot 2 \cdot 0,5 = 1820 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Удельный объем $V_s = 1820 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$.

Пример 16. То же, что по примеру 14, но отсос активированный.

Решение. $C_t = 1,135$; $C_1 = 0,7$; $B' = 0,7$ м; объем удаляемого воздуха

$$V = 1200 \cdot 0,7^{3/2} \cdot 1,25 \cdot 1,135 \cdot 0,7 = 700 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Удельный объем $V_s = 700 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$.

Объем воздуха для поддува $V = 60 \cdot 0,7 \cdot 1,25 \cdot 1,135 = 60 \text{ м}^3/\text{ч}.$

Перфорированные трубы для поддува можно выполнять, руководствуясь следующими соображениями [13].

Отверстия выполняют диаметром 6 – 8 мм при шаге 40 – 50 мм. Отверстия диаметром 6 мм можно применять, если нет опасности их засорения осадками от высыхающего на трубе раствора, проливаемого при технологических операциях. В этом отношении отверстия диаметром 8 мм удобнее, так как они меньше засоряются и их легче чистить.

Потери давления в трубе (Δp) определяют по эмпирической формуле:

$$p = 0,52 \rho v_0^2,$$

где v_0 – условная скорость воздуха, отнесенная к площади сечения отверстия, м/с.

Пример 17. На ванне размером 1200 × 1500 мм нужно выпустить через перфорированную трубу 130 м³/ч воздуха. Осаждения осадков не ожидается.

Решение. Принимаем отверстия диаметром 6 мм при шаге 50 мм. На трубе длиной 1500 мм, равной длине волны, можно разместить 30 отверстий. Общая пло-

щадь отверстий $0,000028 \cdot 30^2 = 0,00084 \text{ м}^2$. Скорость истечения воздуха $130 / (3600 \times 0,00084) = 43 \text{ м/с}$. Принимая трубу $59,8 \times 3 \text{ мм}$ ($d = 50 \text{ мм}$) сечением $0,00228 \text{ м}^2$ и подавая в нее воздух с двух сторон, определяем начальную скорость воздуха в трубе $130 / (3600 \cdot 2 \cdot 0,00228) = 7,9 \text{ м/с}$. Потери давления в трубе $p = 0,52 \cdot 1,2 \times 43^2 = 1150 \text{ Па}$.

Недостатком однобортных и двубортных отсосов прямоугольных ванн является образование вихрей у бортов, свободных от отсосов. Образование вихрей отрицательно влияет на эффективность бортовых отсосов, вследствие чего требуется увеличение объемов отсасываемого воздуха. Уменьшить это явление можно, если обрамлять борта ванны не угловой сталью, а, например, с помощью труб диаметром 40 или 50 мм; при этом расход воздуха можно уменьшить на 20 – 25 %. Полностью устранить это явление можно, если устанавливать замкнутые бортовые отсосы у всех четырех сторон ванны. Применение таких отсосов дает положительные результаты [40].

В гальваническом отделении завода "Коломыясельмаш" (г. Коломыя, Ивано-Франковская область) на ванне хромирования размерах $920 \times 920 \text{ мм}$ был установлен замкнутый опрокинутый бортовой отсос с всасывающими щелями у всех сторон ванны. Глубина уровня электролита составляла 80 мм верхнего края ванны; температура электролита 55°C ; плотность тока 50 А/дм^2 ; подвижность воздуха в помещении $0,15 \text{ м/с}$.

Состав электролита: хромовый ангидрид 250 г/л , серная кислота $2,5 \text{ г/л}$.

Производился отбор проб на уровне $150 - 200 \text{ мм}$ от токоподводящей штанги при различных объемах отсасываемого воздуха. Минимальный объем воздуха, при котором достигалась предельно допустимая концентрация аэрозоля хромового ангидрида, составлял $1820 \text{ м}^3/\text{ч}$. Оптимальный объем воздуха принят равным минимальному объему, увеличенному на 20 %, т.е. $2180 \text{ м}^3/\text{ч}$; удельный расход составляет $2570 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$.

На заводе "Ташсельмаш" замкнутый опрокинутый бортовой отсос был установлен на ванне хромирования размерами $1600 \times 1400 \text{ мм}$ и отсасывалось $4150 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $1850 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$ воздуха.

На круглых ваннах устраивают замкнутые кольцевые отсосы (рис. 9).

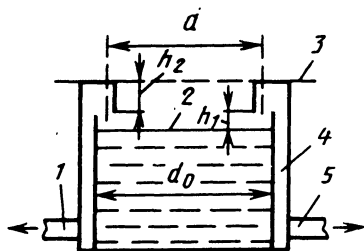


Рис. 9. Кольцевой отсос опрокинутый:
1, 5 – отсасывающие воздуховоды; 2 – уровень жидкости; 3 – граница верхнего уровня выделяющихся вредных веществ; 4 – кольцевой кожух

Исследования, проведенные И.А. Михайловой во Всесоюзном нефтяном научно-исследовательском институте техники безопасности (ВНИИТБ) в г. Баку, показали, что кольцевые отсосы с горизонтальной щелью более эффективны, чем кольцевые отсосы с вертикальной щелью.

Объем воздуха, который необходимо отсасывать для надежного захвата и удаления вредных веществ в кольцевой опрокинутый отсос ($\text{м}^3/\text{ч}$) определяют по зависимости:

$$V = 103 d^{2,84} h_1^{0,086} h_2^{-0,333} (t' - t_a)^{0,442} C_v,$$

где d — диаметр, измеренный по осям всасывающей щели, м; h_1 — расстояние от плоскости щели до уровня жидкости в ванне, м; h_2 — расстояние от плоскости щели до верха ванны, м; C_v — коэффициент подвижности воздуха в помещении, м/с (табл. 9); t' — температура поверхности жидкости, $^{\circ}\text{C}$; t_a — температура воздуха в помещении, $^{\circ}\text{C}$.

Для случая, когда температура жидкости мало отличается от температуры окружающего воздуха, следует принимать $t' - t_a = 8,95/d_0$ (d_0 — диаметр ванны, м).

По опытам И.А. Михайловой была выявлена повышенная чувствительность кольцевых опрокинутых отсосов к сносящим воздушным потокам. Относительно небольшие скорости воздушных потоков в помещении (порядка 0,2 м/с и более) могут существенно снизить эффект захвата вредных примесей в отсосе, если допущено превышение струек вредных примесей над верхом ванны.

Удерживание струек с вредными примесями ниже верха ванны обеспечивает полный захват вредных веществ, в том числе наивысшей токсичности. Поэтому в расчетное уравнение, предусматривающее такой режим, коэффициент на токсичность не введен.

Гальваническая ванна диаметром 1700 мм и высотой 1100 мм для хромирования пресс-форм автопокрышек Бакинского шинного завода

Таблица 9

Разность температур $t' - t_a$	C_v при подвижности воздуха в помещении, м/с								
	0,2			0,4			0,6		
	При размере h_1 , мм								
	80	120	200	80	120	200	80	120	200
10	1,8	1,95	2,15	2,25	2,4	2,6	2,65	2,7	2,85
20	1,6	1,7	1,8	1,95	2,05	2,2	2,2	2,25	2,4
30	1,45	1,55	1,65	1,7	1,8	1,9	1,95	2,0	2,1
40	1,35	1,4	1,45	1,55	1,6	1,7	1,75	1,8	1,9
50	1,28	1,33	1,40	1,47	1,52	1,6	1,65	1,7	1,8
100	1,2	1,25	1,30	1,38	1,42	1,48	1,53	1,57	1,64

сначала была оборудована четырьмя секциями обычного бортового отсоса; степень охвата периметра ванны отсосом составляла 80 %; высота всасывающей щели равнялась 100 мм; объем отсасываемого воздуха составлял по данным замера $7500 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $3200 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$; эффективность отсоса была недостаточна; концентрация хромового ангидрида в воздухе на рабочих местах в 176 раз превышала норму.

В связи с этим отсос был переоборудован на опрокинутый, состоящий из кольцевого кожуха вокруг ванны, с просветом 150 мм между стенками кожуха и ванны; всасывающая щель — горизонтальная по всему периметру ванны шириной 80 мм; $h_1 = 0,15 \text{ м}$; $h_2 = 0,1 \text{ м}$; $t' - t_a = 40^\circ \text{C}$.

С учетом поправочного коэффициента на сносящие токи воздуха при замеренной их скорости около 0,6 м/с необходимый объем отсасываемого воздуха был подсчитан равным $6700 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $2950 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$. На этот объем при испытаниях была отрегулирована система. При этом на уровне дыхания рабочих и на высоте около 500 мм над уровнем жидкости в центре ванны концентрации хромового ангидрида в воздухе не превышали ПДК.

По расчету И.А. Михайловой, для эффективной работы кольцевого отсоса с вертикальной щелью потребовалось бы отсасывать $12\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $5300 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$. Следовательно, для гальванических и травильных ванн нецелесообразно применять кольцевые отсосы с вертикальной щелью.

Равномерная скорость поступления воздуха по длине кольцевой щели постоянной ширины достигается, когда ванна заключена в кожух, а отсасывающий воздуховод присоединен к кольцевому кожуху внизу с расстоянием от его оси до кольцевой щели не менее двух диаметров воздуховода, и относительная ширина щели $b/d_0 = 0,04$. Практически допустима относительная ширина $b/d_0 = 0,08$ с отклонением от средней скорости в щели $\pm 16\%$. При большем значении b/d_0 следует делать двустороннее присоединение отсасывающих воздуховодов.

Гидродинамическое сопротивление кольцевых отсосов складывается из двух величин: потерь давлений при входе воздуха через кольцевую щель в кожух и при выходе воздуха из кожуха в воздуховод.

Ниже приведены коэффициенты местных сопротивлений ξ_1 при входе воздуха через кольцевую щель в кожух в зависимости от отношения площади сечения кольцевой щели F_1 к площади кольцевого сечения кожуха F_2 :

$F_1/F_2 \dots$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$\xi_1 \dots\dots$	1,5	2,7	3,7	4,2	4,6	4,8	4,9	5,0

Коэффициенты местных сопротивлений ξ_2 при входе воздуха в воздуховод, подключенный к кожуху, в зависимости от отношения площади сечения кольцевой щели F_1 к площади сечения воздуховода F_3 , от-

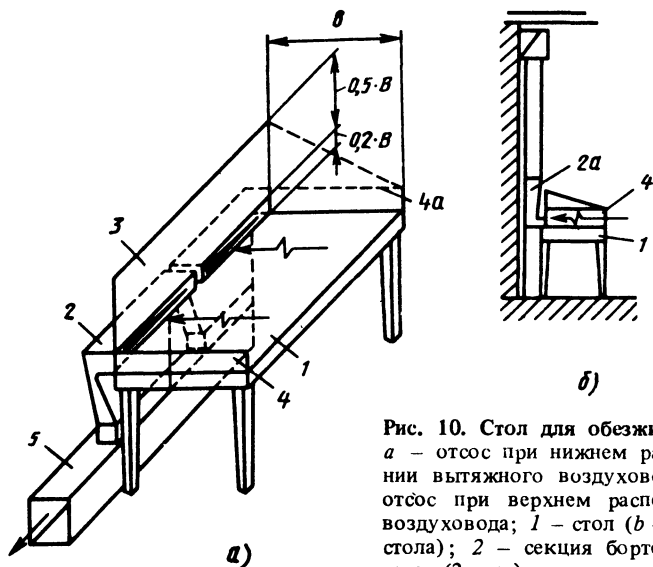


Рис. 10. Стол для обезжиривания: а — отсос при нижнем расположении вытяжного воздуховода; б — отсос при верхнем расположении воздуховода; 1 — стол (b — ширина стола); 2 — секция бортового отсоса (2 шт.) с нижним отводом воздуха; 2а — то же с верхним отводом воздуха; 3 — щиток над щелью бортового отсоса; 4 и 4а — боковые щитки; 5 — сборный вытяжной воздуховод

несенные к средней скорости на входе в воздуховод площадью сечения F_3 , следующие:

F_1/F_3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5
ξ_2	14	8	6	5	3,5	2,5	2	1,8	1,7

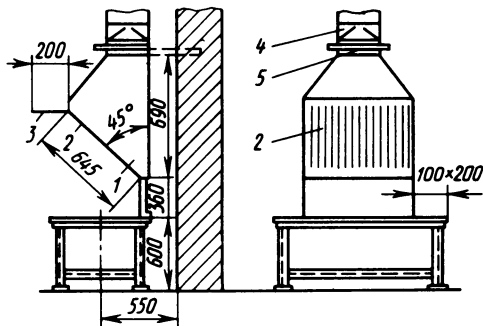
Кроме ванн имеется и другое оборудование, снабженное бортовыми отсосами.

На рис. 10 показан стол для обезжиривания вредных выделений органическими растворителями, снабженный односторонним бортовым отсосом со щелью по длине стола, располагаемой непосредственно над столешницей, со стороны, противоположной рабочему месту. Для ограничения зоны подсоса и лучшего захвата вредных паров предусмотрены щитки над щелью и в торцах стола. Последние могут быть прямоугольной или треугольной формы.

Объем отсасываемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$: $V = 2000 l B^2$, где l — длина стола, м; B — ширина стола, м.

Рис. 11. Наклонная панель равномерного всасывания:

1 — приемник; 2 — всасывающая решетка; 3 — козырек; 4 — воздуховод; 5 — шибер



4. ПАНЕЛЬНЫЕ ОТСОСЫ

Наличие у всасывающих отверстий ограничивающих плоскостей в виде экранов или в виде продолженной одной или нескольких сторон преграждает доступ воздуху в этих местах и увеличивает скорость воздуха в зоне всасывания. Это улучшает эффективность работы местных отсосов.

На рис. 11 приведена наклонная панель равномерного всасывания, представляющая собой модернизированную конструкцию панели С.А. Чернобережского. Во всасывающей плоскости установлена штампованная решетка с прорезями; живое сечение решетки составляет 25 % габаритной площади панели. Пространство между панелью и оборудованием закрывается щитом. В верхней части панели устроен горизонтальный козырек, который повышает скорость воздуха в рабочей зоне над столом примерно на 20 %.

На рис. 12 показаны спектры относительных скоростей всасывания, создаваемые наклонной панелью с козырьком и без козырька. Спектры действительны при относительных размерах панели, приведенных на рис. 12.

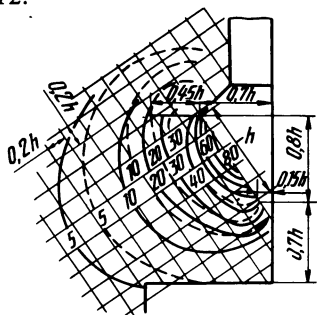
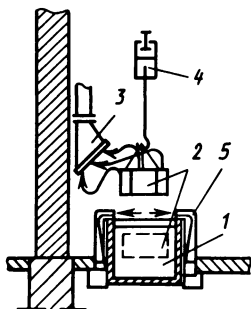


Рис. 12. Спектр относительных скоростей всасывания $100v_x/v_0$ (%), создаваемый наклонной панелью с козырьком (сплошные линии) и без козырька (пунктирные)

Рис. 13. Всасывающие панели над ваннами:

1 — ванна; 2 — обрабатываемые детали; 3 — панель; 4 — электроталь; 5 — бортовой отсос

В случае вертикальной установки панели объем удаляемого воздуха следует увеличить по сравнению с наклонной панелью на 25 %.

Наклонные панели равномерного всасывания с нижним или верхним присоединением к воздуховоду рекомендованы для столов обезжиривания крупных деталей. Удельный расход отсасываемого воздуха на 1 м² панели следует принимать 3200 м³/(ч · м²), если панель расположена у стены, и 5000 – 7000 м³/(ч · м²), если панель удалена от стены [65].

Ряды панелей используют для отсоса паров и аэрозолей, выделяющихся от обрабатываемых предметов, когда последние выгружают из травильной ванны и выдерживают над ней для стекания раствора (рис. 13).

ГЛАВА IV

ВОЗДУШНО-СТРУЙНЫЕ УКРЫТИЯ ВАНН

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

По ширине открытых ванн более 1 м экономически оправдано применять системы "поддув – отсос", создающие воздушно-струйные укрытия ванн. В этих системах создают поддувочные (активные) струи, которые увеличивают эффективность улавливания вредных веществ местными отсосами. При этом требуется отсасывать меньшие объемы воздуха по сравнению с бортовыми и другими отсосами обычного типа. Ниже приведены различные варианты этих систем.

2. УКРЫТИЕ ПОЛУОГРАНИЧЕННОЙ ПЛОСКОЙ СТРУЕЙ, СОВМЕЩЕННОЕ С ЩЕЛЕВЫМ ОТСОСОМ

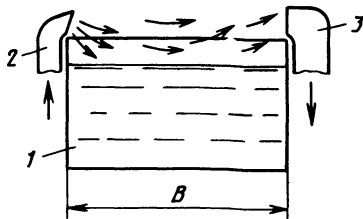
Струя, выпускаемая из щелевого воздухораспределителя, настилается на поверхность жидкости в ванне, захватывает при этом выделяющиеся вредные вещества и уносит их в зону действия отсоса (рис. 14). Такие устройства целесообразны, когда наибольшая масса вредных веществ выделяется с поверхности жидкости и наименьшая – во время выгрузки и перегрузки обрабатываемых предметов из одной ванны в другую и когда на пути струи нет выступающих частей, которые могут отклонить поддувочную струю.

Недостатком этой системы является то, что при налипании струи на поверхность жидкости происходит волнообразование и увеличивается каплеунос в вытяжную вентиляционную систему.

И.А. Шепелев предложил рассматривать взаимодействие соосной приточной струи и отсоса на основе результирующей скорости на оси системы.

Рис. 14. Система полуограниченная плоская струя – щелевой отсос:

1 – ванна; 2 – воздушораспределитель поддува; 3 – вытяжной приемник



Результирующая осевая скорость изменяется в зависимости от скорости истечения приточного воздуха до некоторой наименьшей величины, а затем увеличивается до скорости всасывания в местном отсосе. С точки зрения устойчивости системы наиболее опасным является сечение, в котором результирующая скорость на оси наименьшая.

Ниже приведена методика расчета, предложенная В.Н. Посохиным и В.А. Бройда [52, 53].

Струю считают полуограниченной, если ее подают параллельно поверхности жидкости в ванне на расстоянии $h/B \leq 0,15$ (h – расстояние от поверхности жидкости в ванне до оси системы, B – ширина ванны).

Объем воздуха поддува V_1 и отсасывающего воздуха V_2 ($\text{м}^3/\text{ч}$)

$$V_1 = \frac{2055 v_{\min} l}{m v_{\text{rel}}} (b_1 B)^{0,5};$$

$$V_2 = 370 V_{\text{rel}} v_{\min} / v_{\text{rel}} l B C_v.$$

Минимальную скорость $v_{\min}$ (м/с) определяют из условия неразрушения воздушного укрытия естественным конвективным потоком, возникающим в ванной, как над теплоисточником, но не менее 1,5 м/с:

$$v_{\min} = 1,83 (g B \Delta T / T_a)^{0,5}.$$

В приведенных зависимостях: v_{rel} – относительная минимальная скорость, равная $v_{\min} / v_x$; v_x – скорость в свободной струе на расстоянии x ; m – коэффициент затухания скорости поддувочной струи (для прямоугольного щелевого отверстия $m = 2,5$); l – длина ванны, м; B – ширина ванны, м; b_1 – меньший размер приточной щели, м; V_{rel} – относительный объем отсасываемого воздуха, равный V_2 / V_x ; V_x – объем в свободной струе на расстоянии x , $\text{м}^3/\text{ч}$; C_v – коэффициент, учитывающий подвижность воздуха в помещении:

$$C_v = 1 + v_0 / v_{\min},$$

где v_0 – подвижность воздуха в помещении, м/с.

В табл. 10 приведены значения v_{rel} в зависимости от относительной высоты щели b_{rel} для отсосов в стенке и с острыми кромками; $b_{\text{rel}} = b_2 / B$, где b_2 – меньший размер щели отсоса.

Тип отсоса	v_{rel} при b_{rel}						
	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24
В стенке	1,27	1,24	1,22	1,18	1,14	1,08	1,0
С острыми кромками	1,19	1,17	1,15	1,11	1,05	1,015	1,0

Если высота фланца $h_f > h + 0,5b_2$, отсос считают расположенным в стенке, а если $h_f \leq h + 0,5b_2$ — отсос с острыми кромками.

В табл. 11 приведены значения V_{rel} в зависимости от b_{rel} и угла подачи поддувочного воздуха β .

Принимают $b_1 = 0,01B$, но не менее 5 мм. Размер b_2 назначают, учитывая, что чем он больше, тем меньше объемы воздуха.

Если скорость истечения поддувочного воздуха v_1 получается более 20 м/с, следует задаться большим размером щели. При скорости истечения более 20 м/с возникают нежелательные шумы.

Эффективность улавливания вредных выделений с помощью активированных отсосов, рассчитанных по изложенной методике, будет $\eta = 0,9$.

Пример 18. Рассчитать систему для ванны травления. Температура раствора серной кислоты $T = 333$ К. Ширина ванны $B = 2,3$ м, длина $l = 3,2$ м. Расстояние от оси системы до уровня жидкости в ванне $h = 0,25$ м. Высота бортиков ванны $h_b = 0,5$ м. Температура воздуха в помещении $T_a = 293$ К, скорость движения воздуха $v_a = 0,5$ м/с.

Решение. Конструктивно принимаем: $b_1 = 0,02$ м и $b_2 = 0,23$ м. Так как $h_b = 0,5 > 0,25 + 0,23 = 0,48$, то отсос можно считать расположенным в стенке.

Поскольку $h/B = 0,25/2,3 = 0,11 < 0,15$, соблюдается условие для полугораничной струи.

Определяем $v_{min} = 1,83 [9,81 \cdot 2,3 (333 - 293)/293]^{0,5} = 3,2$ м/с.

При значении $b_{2rel} = 0,23/2,3 = 0,1$ по табл. 10 и 11 находим $v_{rel} = 1,2$ и $V_{rel} = 1,18$.

Объем поддувочного воздуха при $m = 2,5$:

Таблица 11

Тип отсоса и угол β	V_{rel} при b_{rel}							
	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28
Отсос в стенке $^\circ$:								
45	2,8	2,5	2,2	1,9	1,65	1,45	1,3	1,1
30	2,0	1,75	1,5	1,3	1,1	1,0	0,95	—
0	1,75	1,5	1,25	1,1	0,9	0,9	1,0	—
Отсос с острыми кромками, $^\circ$:								
45	3,7	3,3	3,0	2,5	2,2	1,8	1,6	1,25
30	2,7	2,4	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	—
0	2,3	2,0	1,6	1,4	1,2	0,9	1,0	—

$$V_1 = \frac{2550}{2,5} \cdot \frac{3,2}{1,2} \cdot 3,2 \cdot (0,02 \cdot 2,3)^{0,5} = 1865 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$v_2 = \frac{1865}{3600 \cdot 0,02 \cdot 3,2} = 8,1 \text{ м/с.}$$

$$\text{Удельный объем } V_{1s} = 1865 / (2,3 \cdot 3,2) = 254 \text{ м}^3 / (\text{ч} \cdot \text{м}^2).$$

$$\text{Коэффициент } C_v = 1 + 0,5/3,2 = 1,16.$$

Объем отсасываемого воздуха

$$V_2 = 370 \cdot 1,18 \cdot \frac{3,2}{1,2} \cdot 3,2 \cdot 2,3 \cdot 1,16 = 9920 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$\text{Удельный объем } V_{2s} = 9920 / (2,3 \cdot 3,2) = 1350 \text{ м}^3 / (\text{ч} \cdot \text{м}^2).$$

3. УКРЫТИЕ НЕОГРАНИЧЕННОЙ ПЛОСКОЙ СТРУЕЙ, СОВМЕЩЕННОЕ С ЩЕЛЕВЫМ ОТСОСОМ

Воздушные струи могут быть расположены выше выгружаемых из ванны предметов (рис. 15) при низко расположенных уровнях поверхности раствора. Если по конструктивным или иным соображениям, связанным с конкретными условиями, приточная щель не может быть поднята на достаточную высоту, предусмотрено, что приточная струя может быть выпущена под углом β .

При этой системе под воздушной струей создается объем, в котором могут разместиться обрабатываемые предметы на период стекания раствора после выгрузки их из ванны. Пары и газы, выделяющиеся с поверхности жидкости и обрабатываемых предметов, в основном остаются в зоне под воздушной струей и не попадают в атмосферу цеха.

Применение такой системы целесообразно, когда значительная масса вредных веществ выделяется при выгрузке обрабатываемых предметов из ванны. Принципиальная основа системы состоит в том, что воздушная струя замыкается на всасывающем отверстии, не контактируя с поверхностью жидкости в ванне. Экспериментально установлено, что объем замкнутого пространства под струей не влияет сколько-нибудь существенно на геометрию струи.

Порядок расчета следующий [75]:
назначают начальную ширину приточной щели $b_1 = 0,01 - 0,03 \text{ м}$;

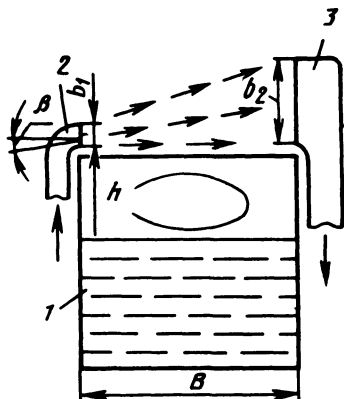


Рис. 15. Система неограниченная плоская струя – щелевой отсос:

1 – ванна; 2 – воздухо-распределитель поддува; 3 – вытяжной приемник

b_1/B	Значение B/h при β			
	0°	10°	20°	30°
0,01	1,15	1,4	1,75	2,5
0,02	1,3	1,6	2,2	3,0
0,03	1,4	1,8	2,5	3,5
0,04	1,5	2,0	2,7	3,8
0,05	1,6	2,2	2,9	4,1

из табл. 12 по величине b_1/B (B — ширина ванны) находят величину B/h , а затем по этой величине находят минимальную высоту расположения приточной щели над поверхностью раствора;

уточняют высоту расположения приточной щели, учитывая высоту обрабатываемых предметов;

назначают высоту расположения всасывающей щели; разница в отметках нижнего края приточной щели и щели отсоса должна находиться в пределах $0 - h$; рекомендуется размещение отсоса против приточной щели; расположение отсасывающей щели выше приточной или ниже ее на высоте h нецелесообразно;

определяют объем приточного воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$) по формуле

$$V_1 = 1332 v_{\min} (B b_1)^{0,5} l,$$

где $v_{\min}$ — минимальная скорость ($\text{м}/\text{с}$) на оси свободной струи в сечении, находящемся на расстоянии от приточной щели, равной ширине ванны, при которой начальный импульс струи обеспечивает устойчивость ее от размыкания неорганизованными потоками воздуха в помещении и предотвращение выбивания вредных веществ в воздух цеха на всех стадиях технологического процесса;

$$v_{\min} = C_t (h/B)^{1/3};$$

здесь C_t — коэффициент, зависящий от температуры жидкости в ванне $t_{\text{лиг}}$, значения которого приведены ниже:

$t_{\text{лиг}}, ^\circ\text{C}$	до 50	50 — 65	65 — 75	75 — 80	80 — 83	83 — 87	87 — 90
C_t	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

определяют объем отсасываемого воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$) по формуле

$$V_2 = V_1 (0,6 + 0,32 \sqrt{B/b});$$

принимают скорость воздуха во всасывающем отверстии

$$v_2 = (1 - 2) v_{\min};$$

определяют высоту вытяжного отверстия;

проверяют достаточность объема отсасываемого воздуха из условия взрывобезопасности.

Пример 19. Рассчитать систему над ванной периодического травления заготовок в растворе серной кислоты. Концентрация раствора 15 %, температура 65 °С. Размеры травильной ванны: ширина 2 м, длина 10 м. Травлению подвергаются листы металла, объединенные в пакет высотой 1 м. Объем выделяющегося водорода 59 м³/ч.

Решение. Принимаем ширину приточной щели $b_1 = 0,02$ м. Определяем минимальную высоту h расположения приточной щели над поверхностью раствора. Так как $b_1/B = 0,02/2 = 0,01$, то, принимая $\beta = 0$, по табл. 12 находим $B/h = 1,15$ и $h = 2/1,15 = 1,75$ м.

Высота h достаточна для размещения пакета деталей; $v_{\min} = 3(1,75/2,0)^{1,3} = 2,9$ м/с. Объем приточного воздуха $V_1 = 1332 \cdot 2,9(2 \cdot 0,02)^{1/2} \cdot 10 = 7725$ м³/ч.

Объем отсасываемого воздуха $V_2 = 7725(0,6 + 0,32 \sqrt{2/0,02}) = 29\,360$ м³/ч. Удельный расход отсасываемого воздуха $V_{2s} = 29\,360/20 = 1468$ м³/(ч · м²).

Скорость воздуха во всасывающем отверстии принимаем $v_2 = 2 \cdot 2,9 = 5,8$ м/с. Высота отверстия $b_2 = 29\,360/(3600 \cdot 10 \cdot 5,8) = 0,14$ м.

Доля водорода в вытяжном воздухе равна $59 \cdot 100/29\,360 = 0,2$ %, что меньше допустимого содержания: $4,09/1,24 = 3,3$ % (см. гл I п.2).

4. КОМПАКТНЫЕ СТРУИ, СОВМЕЩЕННЫЕ

С БОКОВЫМ ОТСОСОМ

Принцип действия системы (рис. 16) состоит в подсасывании поддувающей струей вредных веществ и подаче их к всасывающему устройству.

Для эффективной работы системы необходимо направлять подсасывающие струи так, чтобы они возможно лучше перемешивались с поднимающимися парами, в частности, рационально направлять струи горизонтально, вдоль длинной стороны ванны; для создания компактных струй необходимо применять насадки с небольшим углом расширения и соответственно медленным затуханием скоростей, например цилиндрические насадки с поджатиями на конце.

Удаление вредных веществ от серно-кислотных ванн по этой системе было испытано Свердловским институтом охраны труда ВЦСПС в травильном отделении Верх-Исетского металлургического завода. В отделении были установлены рядом две ванны длиной 3 м и шириной 1,8 м с растворами температурой 90 °С. Травление велось с присадкой мыльного корня.

Компактные струи создавались параллельно длинным сто-

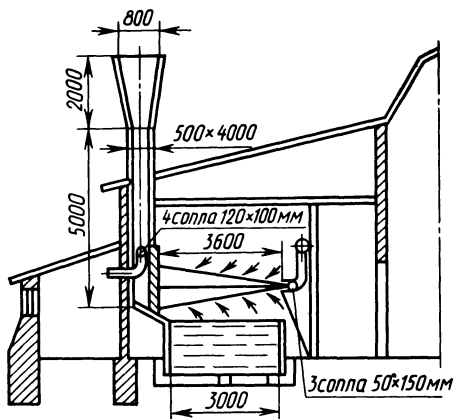


Рис.16. Система компактная струя – боковой отсос

ронам ванн тремя насадками. Начальные скорости выхода воздуха из насадков были 16,5; 18,6 и 20,7 м/с. Суммарный объем подаваемого воздуха составил 2275 м³/ч, объем отсасываемого воздуха — 30 500 м³/ч. Удельный расход удаляемого воздуха относительно зеркала жидкости в ваннах равен 2820 м³/(ч · м²).

Визуальные наблюдения показали, что поднимающиеся от ванн густые пары подсасывались к струям и увлекались отсосом. Анализ воздуха выявил, что содержание серной кислоты в рабочей зоне в 4 раза меньше ПДК. Это свидетельствует об эффективности системы.

Методика расчета такой системы приведена в работе [4].

5. ВОЗДУШНОЕ УКРЫТИЕ, СОВМЕЩЕННОЕ С КОЛЬЦЕВЫМ ОТСОСОМ

При больших размерах ванн, круглой форме в плане, с открытой поверхностью раствора может оказаться целесообразным кольцевой отсос, совмещенный с воздушным укрытием (рис. 17).

Приводим методику расчета такой системы по работе [6].

Объем воздуха, необходимый для создания воздушного укрытия (м³/ч):

$$V_1 = 3600lv_1h,$$

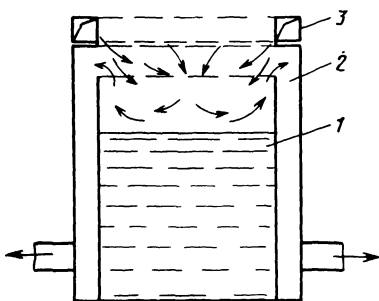
где l — длина воздухоподеляющей щели, м; v_1 — начальная скорость выпуска воздуха, м/с; h — высота воздухоподеляющей щели, м.

Высоту щели h определяют в зависимости от ширины зоны B , перекрываемой воздушной струей, вытекающей из щели, и средней температуры раствора (табл. 13).

Скорость выпуска воздуха v_1 определяют по формуле (м/с)

$$v_1 = \left(\frac{B}{6h \cos \alpha} \right) v_{\min},$$

где α — расчетный угол наклона струи к горизонтальной плоскости (обычно 15 — 30°); $v_{\min}$ — минимальная скорость воздуха в конце струи, принимаемая по табл. 14.



Объем отсасываемого воздуха (м³/ч)

$$V_2 = V_1 + V_3 + V_4 + \Delta(V_1 + V_3),$$

Рис. 17. Воздушное укрытие, совмещенное с кольцевым отсосом:

1 — ванна; 2 — вытяжной приемник; 3 — приточный воздухоподелятель

Ширина зоны B , мм	h , мм, при температуре раствора, °С		
	до 40	40 – 80	80 – 200
До 2	50	60	70
2 – 4	60	70	85
4 – 6	70	80	100
Свыше 6	80	90	120

Таблица 14

Температура раствора, °С	$v_{\min}$, м/с, при	
	$B \leq 2,5$ м	$B > 2,5$ м
До 100	1,5	2
100 – 200	2	2,5

где V_3 – объем воздуха, проникающего через неплотности, $\text{м}^3/\text{ч}$; V_4 – объем паров и газов, выделяющихся при технологическом процессе, $\text{м}^3/\text{ч}$; $\Delta(V_1 + V_3)$ – увеличение объемов воздуха вследствие его нагрева, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Объем воздуха V_3 , проникающего через неплотности, определяют по расчетной скорости, принимаемой при выделении серной и соляной кислот, фтороводорода и других токсичных газов – не менее 0,2 м/с, а при выделении водяных паров без примеси вредных газов – 0,1 – 0,2 м/с.

Пример 20. На участке электрохимического обезжиривания установлены ванны диаметром 3,6 м: травления алюминия в щелочном растворе температурой 50 – 60 °С; промывки в горячей воде температурой 70 – 80 °С; осветления в неподогретой азотной кислоте. Определить объемы подаваемого и отсасываемого воздуха при устройстве кольцевого отсоса, совмещенного с воздушным укрытием.

Р е ш е н и е. По табл. 13 и 14 находим: для ванн травления и промывки $h = 60$ мм, а для ванны осветления $h = 50$ мм; $v_{\min} = 1,5$ м/с; $B = 1,8$ м; $\alpha = 15^\circ$ и $\cos \alpha = 0,966$.

Определяем для ванн травления и промывки

$$v_1 = \left(\frac{1,8}{6 \cdot 0,06 \cdot 0,966} + 0,32 \right) 1,5 = 8,3 \text{ м/с;}$$

то же для ванны осветления

$$v_1 = \left(\frac{1,8}{6 \cdot 0,5 \cdot 0,966} + 0,32 \right) 1,5 = 9,8 \text{ м/с.}$$

Соответственно для ванн травления и промывки:

$$V_1 = 3600 \cdot 3,14 \cdot 3,6 \cdot 0,06 \cdot 8,3 = 20\,300 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Возможные подсосы воздуха через неплотности, выделения газов и паров с поверхностей растворов, а также увеличение объема воздуха при нагреве оцениваем в размере 20 % объема подаваемого воздуха.

В этом случае $V_2 = 20\,300 \cdot 1,2 \approx 25\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Удельный объем воздуха $V_{2s} = 25\,000/10,2 = 2450 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$.

Для ванны освещения: $V_1 = 3600 \cdot 3,14 \cdot 3,6 \cdot 0,05 \cdot 9,8 = 19\,940 \text{ м}^3/\text{ч}$.

$V_2 = 19\,940 \cdot 1,2 = 23\,930 \text{ м}^3/\text{ч}$;

$V_{2s} = 23\,930/10,2 = 2346 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$.

6. СИСТЕМА ПОДДУВА

На характер развития приточных струй влияет равномерность скоростного поля в плоскости истечения. Для создания равномерной раздачи воздуха по длине рекомендуют площадь начального сечения воздухопровода принимать в 2 раза больше суммарной площади выходных отверстий.

На рис. 18 приведен воздуховод, у которого ширина B постоянна, а высота h_x переменна. Таким способом в нем создают одинаковое по длине статическое давление, способствующее равномерности выхода воздуха. В результате расчета, приведенного в работе [3, 47], выявляют

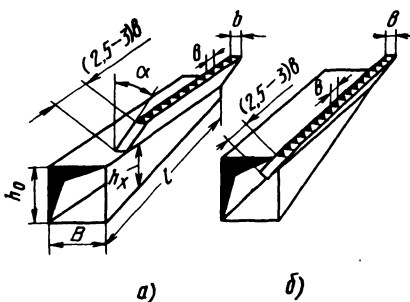
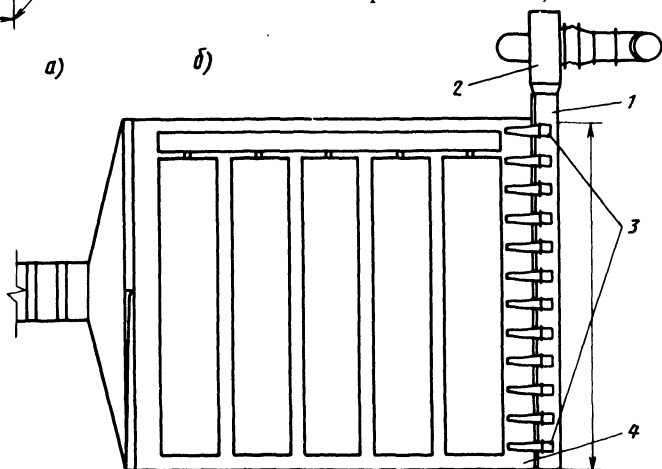


Рис. 18. Воздуховод равномерной раздачи воздуха:

a — с наружной решеткой; $б$ — с утопленной решеткой

Рис. 19. Блок ванн с установкой активированного отсоса:

1 — коллектор; 2 — вентилятор; 3 — приточные сопла; 4 — блок ванн



размеры h_x , определяющие криволинейную конфигурацию нижней стенки.

Для упрощения заготовительных и монтажных работ применяют клинообразные воздуховоды, у которых площадь поперечного сечения изменяется по длине линейно, допуская некоторую неравномерность раздачи воздуха по длине.

Чтобы воздух выходил перпендикулярно к плоскости щели, вставляется решетка так, чтобы каждый образованный плоский канал имел длину, равную 2,5 – 3 его ширины. Решетку можно располагать под разными углами и можно погружать ее внутрь воздуховода.

Характеристика решетки: $\xi = 2,35$ (с учетом запаса 15 %); $\mu = 0,72$.

На рис. 19 приведена раздача поддувочного воздуха над блоком ванн общими габаритами 6,8 × 6,1 м через 12 сопел сечением 100 × 50 мм с шагом 0,5 м.

Воздух для поддува можно подать от приточной системы, если объем его невелик. При значительном объеме воздуха (несколько тысяч кубических метров в час) воздух целесообразно забирать из цеха и подавать его специальным вентиляторным агрегатом; при этом можно принять увеличенные скорости выхода воздуха и уменьшить габаритные размеры воздуховодов и воздухораспределителей.

Следует учитывать также местные условия — наличие площади для размещения дополнительного вентиляторного агрегата и его резервного дублера, возможности приобретения их и т.д.

ГЛАВА V

ОБЩЕОБМЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ВАНН

1. ВЫТЯЖНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

Необходимость устройства общеобменной вытяжной вентиляции следует из того, что ванны для некоторых технологических процессов не снабжают местными отсосами и с поверхности растворов этих ванн испаряется вода. При большом количестве таких ванн следует выполнить проверочный расчет воздухообмена на ассимиляцию влаги.

Когда обрабатываемые предметы выгружают и держат их над ванной для стекания с них раствора, выделение вредных веществ происходит вне ванны, а следовательно, и вне зоны действия местных отсосов (если не предусмотрено расположение поднятых деталей под воздушно-струйным укрытием). Чтобы избежать загрязнения воздушной среды помещения, применяют дополнительные устройства для улавливания вредных паров и газов вне ванны.

Если процесс протекает с подогревом раствора, то выделяющиеся пары устремляются вверх. В этом случае над травильными и промывочными ваннами выгораживают ширмами пространство под перекрытием и из этого пространства отсасывают воздух с примесью паров выделяющихся веществ. Среднюю скорость в горизонтальном сечении выгоранного пространства рекомендуется принимать равной 0,1 – 0,15 м/с. Если процесс протекает без подогрева или с небольшим подогревом, то не образуется устойчивого потока, направленного вверх. В таком случае применяют установку отсасывающих панелей на том уровне, на котором подвешены вынутые из ванны предметы (см. рис. 13).

Оба решения возможны при обработке деталей небольших размеров, когда загрузку и выгрузку ванн производят с помощью электротали.

При больших габаритных размерах обрабатываемых предметов, когда ванны обслуживаются мостовыми кранами, удаление выделяющихся паров у места их образования становится затруднительным. В этом случае применяют общеобменную вытяжную вентиляцию с удалением загрязненного воздуха из верхней зоны крышными вентиляторами.

Следует проверять, достаточен ли объем воздуха местных отсосов в теплый период года для ассимиляции теплоты, поступающей в помещение от горячего оборудования, трубопроводов, солнечной радиации.

Теплота, поступающая от поверхностей горячей жидкости в результате лучистого и конвективного теплообмена (Вт/м^2), приближенно равна

$$q = (5,71 + 4,06v_a)(t' - t_a),$$

где v_a и t_a – подвижность и температура воздуха в помещении; t' – температура поверхности жидкости, °С.

Конвективная теплота, уходящая с отсасываемым воздухом, (Вт/м^2) равна

$$q_{con} = C(t' - t_a)^{4/3},$$

где C – коэффициент, равный 2,37 – 2,08 при $t' = 20 - 80$ °С.

Теплота, отдаваемая стенками ванн, (Вт/м^2) равна

$$q = 11,6v_a^{0,5}(t - t_a),$$

где t – температура стенки ванны, °С.

Ориентировочно количество явной теплоты, поступающей в помещение, принимают в размере 5 – 10 % теплоты, расходуемой на поддержание необходимой температуры жидкостей в ваннах (меньшее значение – для помещений с ваннами вместимостью более 5000 л каждая).

В случае, когда воздухообмен в помещении, рассчитанный на ассимиляцию влаги и теплоты, превышает объем воздуха, удаляемый через местные отсосы, предусматривают дополнительную механическую вытяжку из верхней зоны. Также рекомендуют при кратности воздухооб-

мена менее 5 ч^{-1} предусматривать механическую вытяжку из верхней зоны в объеме 1 ч^{-1} .

В нерабочее время подогрев растворов и электролиз в ваннах прекращают, выделение вредных веществ от ванн значительно уменьшается, но полностью не прекращается.

Общеобменную вентиляцию помещения следует обеспечивать из расчета ассимиляции влагоизбытков для защиты от разрушения строительных конструкций (предотвращения конденсации влаги) и от накапливания вредных веществ. Для этого включают часть приточных и вытяжных систем. Необходима круглосуточная работа вытяжных систем, обслуживающих ванны по пп. 9 – 12 и 18 прил. 2, если эти ванны не имеют крышек или укрытий [65].

2. ПРИТОЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

Вытяжку надлежит компенсировать притоком наружного чистого воздуха в течение всего года. В холодное время года приточный воздух необходимо подогревать. Воздух, подаваемый в цехи декоративных покрытий, очищают от пыли.

Расчетные параметры наружного воздуха: A — для теплого периода года и B — для холодного периода года.

Объем приточного воздуха должен быть меньше вытяжного из ванного отделения на 5 %, если оно примыкает к помещениям, не имеющим вредных веществ, и сообщается с ними дверьми или другими проемами. В случае, когда это количество воздуха составляет в смежном помещении более чем однократный воздухообмен, необходимо предусматривать механическую подачу приточного воздуха в смежное помещение из расчета компенсации 5 % расчетного воздухообмена в гальваническом или травильном отделении.

В помещениях, в которых установлены открытые ванны, снабженные бортовыми отсосами, рекомендуется рассеянная подача приточного воздуха в верхнюю зону.

В травильных отделениях, в которых доминирующим вредным веществом является влага, рекомендуют 65 – 70 % приточного воздуха подавать в нижнюю зону, а 25 – 30 % в верхнюю зону под перекрытием. Воздух, подаваемый в верхнюю зону, перегревают и выпускают со скоростью 15 – 18 м/с, обеспечивая интенсивное перемешивание для подсушивания строительных конструкций. Температура перегрева воздуха — до 50°C .

В соответствии с рекомендациями [59] подачу воздуха в верхнюю зону (выше 2 м от пола) следует осуществлять следующим образом (в скобках указаны марки воздухораспределителей воздуховодов, панелей):

при расчетных кратностях воздухообмена до 10 ч^{-1} прямоочными

компактными струями, омывающими рабочую зону обратными потоками (ВГК), закрученными коническими струями, внедряющимися в рабочую зону (ВЭС), неполными веерными струями (НРВ, РР), компактными струями (РР);

при кратностях воздухообмена от 10 до 20 ч⁻¹ полными веерными струями (ВДУМ, ВЦ, ВЭЦ), неполными веерными струями (НРВ, РР), коническими струями (ВДУМ, ВЭП), двухструйными воздухораспределителями ВДУМ;

при кратностях более 20 ч⁻¹ через двухструйные воздухораспределители ВДУМ, перфорированные воздуховоды (ВПК), панели (ВПЭП).

Для выполнения требований ГОСТ 12.1.005—88 при входе воздушной струи в рабочую или обслуживаемую зону или в обратном потоке воздуха, проходящем по этим зонам, максимальную скорость движения приточного воздуха в струе (или в обратном потоке) следует принимать не более $v_x = Cv$, где v — нормируемое значение скорости движения воздуха на местах пребывания людей, м/с; C — коэффициент перехода от нормируемого значения скорости движения воздуха к ее максимальному значению в струе; в расчетах на поддержание в помещении оптимальных условий при работах категорий I, II^а, II^б, в зоне прямого воздействия струи воздуха в пределах ее начального участка $C = 1$, основного участка $C = 1,2$; в зоне обратного потока воздуха $C = 1,2$.

Во ВЦНИИОТ ВЦСПС исследована возможность применения в гальванических цехах сосредоточенной подачи воздуха в верхнюю зону горизонтальными компактными струями [33].

На работу бортовых отсосов у ванн влияют условия истечения приточного воздуха. Эти условия могут создать такую скорость входа его в рабочую зону и во всем обратном потоке, которая нарушит работу бортовых отсосов и будет способствовать выносу вредных веществ в воздух цеха. Исходя из этого, скорости воздуха на входе в рабочую зону и в критическом сечении обратного потока (на расстоянии $x = 2,75 \sqrt{F}$, где F — площадь поперечного сечения помещения, приходящаяся на одну струю) не должны превышать 0,4 м/с.

Оптимальной является подача воздуха под перекрытие.

Конкретную скорость воздуха в рабочей зоне следует принимать с учетом санитарно-гигиенических требований по ГОСТ 12.1.005—76. Возможность обеспечения этой скорости должна быть определена расчетом.

В гальваническом цехе одного предприятия с удовлетворительным результатом применена прямоточная бесканальная подача приточного воздуха. Методика проектирования таких систем разработана ВЦНИИОТ ВЦСПС (Методические указания по проектированию прямоточной бесканальной вентиляции. М.: ВЦНИИОТ, 1984, 45 с.).

1. УЧАСТОК ОЧИСТНЫХ КАМЕР

На участке устанавливают камеры, в которых очищают детали металлическим песком, дробью или влажным кварцевым песком. Для дробеструйных камер, обслуживаемых рабочими снаружи, отсос делают непосредственно из камеры. Ниже приведены технические данные очистных камер по [55].

Объем удаляемого воздуха принимают на 1 м^2 площади внутреннего сечения камеры в зависимости от диаметра сопла:

Диаметр сопла, мм .	6	8	10	12	14
Объем воздуха, $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$	1000	1300	1700	2300	3000

Если рабочий находится внутри камеры, то его снабжают скаффандром, в шлем которого подают $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха, очищенного от пыли и масляного аэрозоля.

Отсос воздуха осуществляют из верхней зоны камеры в следующем объеме:

Диаметр сопла, мм .	6	8	10	12	14
Объем воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$	6000	8000	10 000	14 000	18 000

Для дробеметных камер отсосы выполняют непосредственно от камеры, от головки элеватора и от сепаратора в следующих объемах: от камеры из расчета $3500 \text{ м}^3/\text{ч}$ на первый аппарат и $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждый следующий аппарат; от головки элеватора $3B$ (B – ширина ковша, мм); от сепаратора $1700 \text{ м}^3/\text{ч}$.

От гидropескоструйных камер низкого давления с рабочим пространством до $1,5 \text{ м}^3$ отсасывают воздух непосредственно от камеры из расчета 1000 обменов в час. От гидropескоструйных камер высокого давления (закрытого типа) воздух отсасывают непосредственно от камеры из расчета $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Скорость движения воздуха в вытяжных системах принимают $18 - 20 \text{ м/с}$, чтобы в них не оседала пыль.

Приточный воздух подают в объеме $85 - 90 \%$ удаляемого; остальной воздух подают в смежное, более чистое помещение.

Раздачу приточного воздуха осуществляют в верхнюю зону помещения.

В холодный период года на площади мониторингов гидроочистных

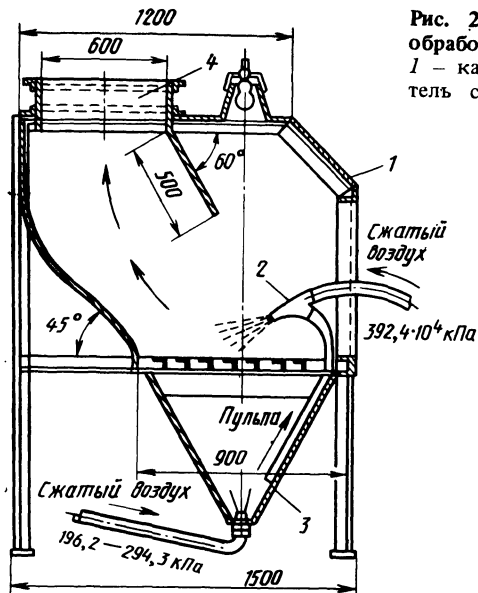


Рис. 20. Установка для гидроабразивной обработки деталей:

1 — камера; 2 — сопло; 3 — бункер-смеситель с водой; 4 — вытяжной патрубок

установок следует подавать чистый воздух, подогретый до $20 - 22^\circ \text{C}$ в объеме $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждую площадку.

На рис. 20 показана установка для гидроабразивной обработки деталей средних размеров с верхним отсосом воздуха.

2. ШЛИФОВАЛЬНО-ПОЛИРОВАЛЬНЫЙ УЧАСТОК

Шлифовальные и полировальные станки снабжают местными отсосами пыли, образующейся при шлифовании и полировании деталей. Местные отсосы выполняют в виде кожухов, охватывающих шлифовальные и полировальные круги, с пылесборниками, присоединяемыми к кожухам для улавливания крупной пыли. Кожухи конструируют с учетом конфигурации и размеров обрабатываемых деталей.

На рис. 21 приведен пылеприемник от полировального станка с самозакрывающимся клапаном, который был применен на Ленинградском оптико-механическом заводе. Когда работа на станке не производится, клапан отключает пылеприемник от вытяжной системы; благодаря этому отсос воздуха от работающих станков усиливается. Применение клапанов у 14 пылеприемников позволило сократить на 20 % общий объем отсасываемого воздуха.

Объем воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$), отсасываемого от каждого круга, определяют из условия создания следующих скоростей в открытом сечении отсоса [74]: $v = 0,25 v_c$ при направлении пылевого факела непосредственно в отверстие кожуха и $v = (0,3 - 0,4) v_c$ при направлении пылевого факела вдоль отверстия кожуха (здесь v_c — максимальная окружная скорость вращения круга ($\text{м}/\text{с}$), но не менее $4d$ для станков с войлочными кругами и $6d$ для станков с матерчатыми кругами (d — диаметр круга в мм). Сопротивление пылеприемника равно $200 - 250 \text{ Па}$.

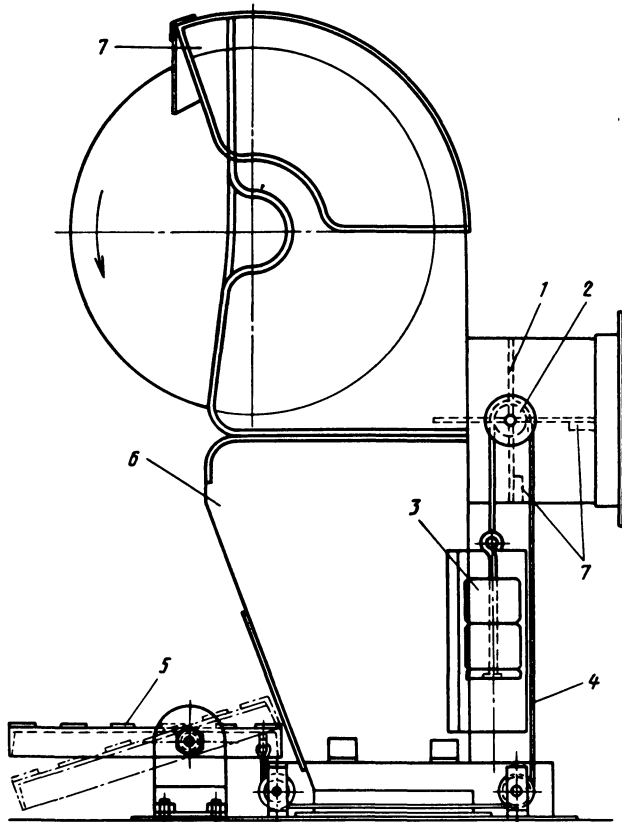


Рис. 21. Пылеприемник полировочного круга с самозакрывающимся клапаном: 1 – клапан; 2 – ролик; 3 – груз; 4 – трос; 5 – педаль; 6 – бункер для пыли; 7 – подвижной козырек

Пример 21. Определить объем отсасываемого воздуха от полировочного ма-
терчатого круга $d = 0,35$ м, при частоте вращения $n = 2880 \text{ ч}^{-1}$ и открытых прое-
мах в пылеприемнике $f = 0,025 \text{ м}^2$.

Решение. Окружная скорость вращения круга $v_c = \pi d n / 60 = 3,14 \cdot 0,35 \times$
 $\times 2880 / 60 = 52,75 \text{ м/с}$.

Необходимая скорость в открытых проемах пылеприемника $v = 52,75 \cdot 0,4 =$
 $= 21,1 \text{ м/с}$.

Объем воздуха $V = 3600 f v = 3600 \cdot 0,025 \cdot 21,1 = 1900 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Из условия $6d$ объем воздуха $V = 6 \cdot 350 = 2100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Принимаем в расчет $V = 2100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Скорость движения воздуха в воздуховодах вытяжной системы
должна быть не менее 10 м/с на вертикальных участках и 12 м/с на го-
ризонтальных участках.

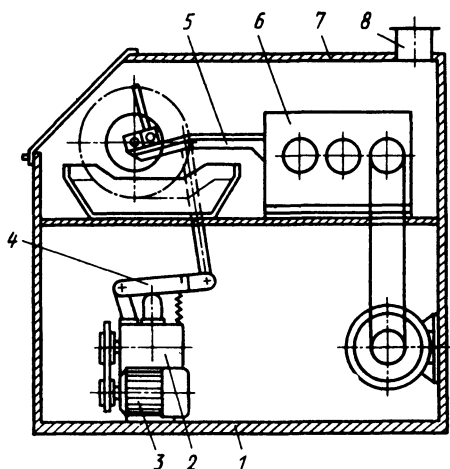


Рис. 22. Укрытие станка для накатки кругов:

1 — станина; 2 — редуктор; 3 — электродвигатель; 4 — рычажный механизм; 5 — коромысло; 6 — редуктор; 7 — укрытие; 8 — вентиляционный патрубок

Приточный воздух раздают в верхнюю зону помещения.

В холодный период года приточный воздух нагревают. В теплый период года приток воздуха может осуществляться естественным путем через окна.

Если операцию по накатке кругов в шлифовально-полировальном отделении производят на столе вручную, происходит выделение абразивной пыли, которую нужно отсасывать вытяжной системой вентиляции. Применяют двусторонний бортовой отсос по длинным сторонам стола. Высота щели бортового отсоса 50 мм, скорость воздуха в щели 5 — 6 м/с (при ширине стола 400 — 500 мм).

Если накатка кругов механизирована, то станок снабжают укрытием с открытым рабочим проемом (рис. 22). Скорость воздуха в проеме 1,8 — 2,0 м/с.

3. ГАЛТОВОЧНЫЙ И КРАЦОВОЧНЫЙ УЧАСТКИ

Очистку в барабанах (галтовку) осуществляют сухим или мокрым способом.

Сухая очистка сопровождается значительным выделением песчаной, наждачной и металлической пыли, особенно при выгрузке деталей. В этом случае устраивают местный отсос пыли через полую ось барабана. Объем отсасываемого воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$): $V = 1800d^2$, где d — диаметр барабана, м.

Объем отсасываемого воздуха можно также рассчитать по скорости во входной цапфе, равной 7 — 10 м/с.

При сухой крацовке щетками устанавливают местный отсос пыли. Объем отсасываемого воздуха определяют из расчета 2 $\text{м}^3/\text{ч}$ на 1 мм диаметра щетки, но не менее 500 $\text{м}^3/\text{ч}$ на щетку.

4. УЧАСТОК ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

При газотермическом нанесении покрытий выделяются мелко-дисперсная металлическая пыль, теплота и газы: оксиды азота и CO — при электродуговом, ацетилен и CO — при газовом нагреве.

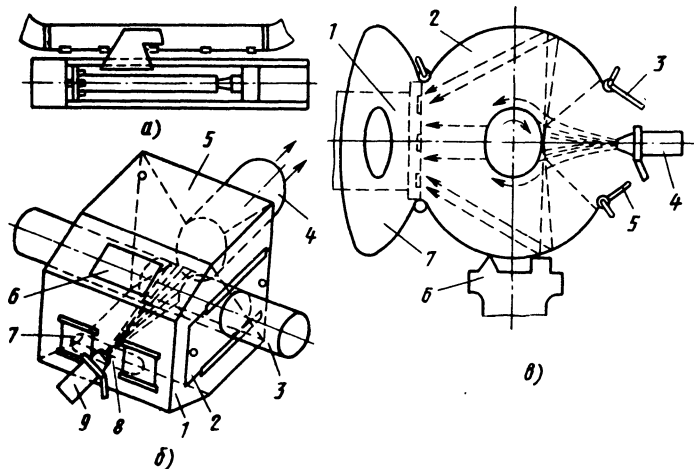


Рис. 23. Варианты конструкции и размещения местных отсосов при газотермическом нанесении покрытий:

а – вариант отсоса пыли при металлизации на длинных токарных станках; *б* – закрытая вентиляционная камера для обработки тел вращения; 1 – передняя часть камеры; 2 – заслонка для уплотнения (подгоняется под диаметр вала); 3 – вал; 4 – вытяжная труба; 5 – раструб; задняя часть камеры; 6 – смотровое окно; 7 – заслонка; 8 – окно для напыления; 9 – металлизационный аппарат; *в* – раскрывающаяся закрытая вентиляционная камера для металлизации деталей типа тел вращения; 1 – отсасывающий воздуховод; 2 – крышка; 3 – смотровое окно; 4 – металлизационный аппарат; 5 – откидная крышка для установки (регулировки); 6 – токарный станок; 7 – боковая крышка

Металлизацию цилиндрических изделий осуществляют на токарном станке. Распылительная головка крепится к суппорту станка. Для удаления вредных газов и пыли воздухоприемник в виде воронки располагают против головки за изделием на расстоянии 2 – 5 см от него. Воронку крепят к суппорту и горизонтальным телескопическим воздуховодом соединяют с магистральным воздуховодом. Размеры входного сечения воронки принимают равными половине расстояния от распылительной головки до воронки, но не менее 100 мм. Скорость входа воздуха в воронку 8 – 10 м/с.

Местные вентиляционные устройства (зонты, кожухи, воронки), предназначенные для отсоса пыли и газов, монтируют непосредственно на технологической оснастке или рядом с ней, на приспособлениях для нанесения покрытий.

На рис. 23 приведены некоторые варианты размещения местных вытяжных устройств, а на рис. 24 схемы поворотной и передвижной труб с зонтами, используемыми при этом [36].

Распространено применение вытяжных шкафов, которые при ручном

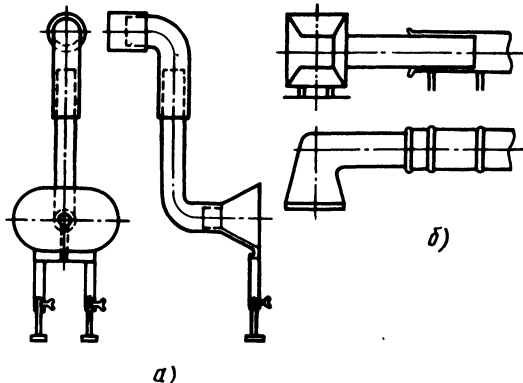


Рис. 24. Вытяжные трубы с зонтами для напылительных станков:
а – поворотная труба; *б* – передвижная труба

напылении обычно имеют открытый проем, а при автоматизированном могут быть герметичными. При напылении деталей длиной до 1000 мм используют вытяжные металлические шкафы типа 1Ш-НЖ и 2Ш-НЖ. При длине деталей более 1000 мм в боковых стенках шкафа прорезают окна размером 350 × 300 мм, а основные элементы оснастки монтируют с внешней стороны. Воздух отсасывается через отверстие в задней стенке размером 1500 × 100 или 1500 × 150 мм (рис. 25). Скорость движения воздуха в рабочем проеме – не менее 1,5 м/с.

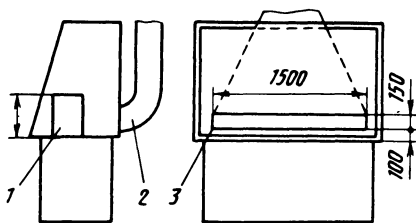


Рис. 25. Шкаф для напыления:
1 – окно для размещения оснастки; *2* – короб вентиляционный; *3* – окно для отсоса воздуха

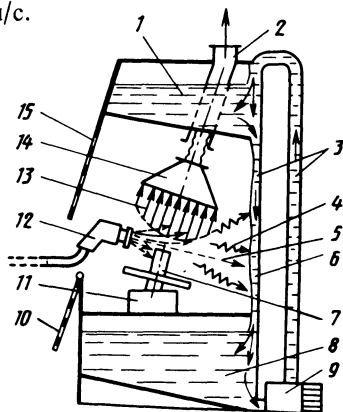


Рис. 26. Шкаф для напыления с водяной завесой:
1 – верхний резервуар с водой; *2* – труба вытяжной вентиляции; *3* – поток воды и перепускная труба; *4* – пары напыляемого материала; *5* – частицы напыляемого материала, не попавшие в покрытие; *6* – водяная завеса; *7* – обрабатываемая деталь; *8* – нижний резервуар-отстойник; *9* – насос с фильтром; *10* – откидной люк; *11* – столик крепления детали; *12* – напылительная горелка; *13* – поток воздуха в вытяжную вентиляцию; *14* – зонтик местного отсоса, закрепленный на подвижной трубе; *15* – смотровое окно

На рис. 26 приведен шкаф с водяной завесой фирмы "Плазмадайн" (США). На стенке, расположенной напротив горелки, создается водяная завеса. С помощью водяного потока происходит интенсивная конденсация паров напыляемого материала, захват их, а также частиц материала, не попавших в покрытие, увлечение аэрозолей.

5. УЧАСТОК ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАСТВОРОВ

Банки, сборники, мерники для растворения кислот, щелочей и солей должны быть оснащены крышками и местными отсосами, клееварки — шкафными укрытиями. Объем воздуха, удаляемого через местный отсос, следует определять исходя из скорости всасывания в открытом проеме 0,7 м/с при холодных и 1 м/с при нагретых растворах. Должна быть также предусмотрена общеобменная вентиляция из расчета ассимиляции избыточного тепла и влаги. Воздухообмен в помещении должен быть не менее трехкратного обмена в час.

Воздух, удаляемый местными отсосами, должен компенсироваться механическим притоком. Приточный воздух следует подать в верхнюю зону.

6. ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И РАСФАСОВКИ ХИМИКАТОВ

Необходимо предусматривать вытяжную вентиляцию: местную от шкафов для взвешивания и расфасовки химикатов, в том числе цианистых солей, со скоростью всасывания в рабочих проемах 1 м/с; общеобменную из нижней зоны помещения в объеме трехкратного обмена в час.

В блоке помещений для работы с цианистыми солями должны быть предусмотрены две отдельные вытяжные вентиляционные установки: одна для комнаты хранения и растворения или расфасовки цианистых солей, другая для комнаты спецодежды, душевой кабины и коридора.

Вентиляционные установки должны иметь сигнализацию: световую во время работы и звуковую — в случае непредвиденного прекращения работы (отключение электроток, обрыв ремня и др.).

Воздух, отсасываемый от шкафов для работы с цианистыми солями, перед выбросом в атмосферу должен быть очищен. Для этого может быть применен скруббер с орошением щелочной суспензией-железного купороса в концентрации 5 — 7 г/л.

Приточная вентиляция должна быть механической с подачей в верхнюю зону помещения. Приточную установку, как правило, делают отдельную. Если применена общая приточная установка, то ответвление в каждое помещение должно быть снабжено самозакрывающимся обратным клапаном.

В кладовых химикатов в холодный период года допускается снижение температуры воздуха до 10 °С, если отсутствуют рабочие места.

7. МАШИННОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В машинном отделении предусматривают общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию, рассчитанную на ассимиляцию теплоизбытков от электрооборудования в течение круглого года и от солнечной радиации в теплый период года.

При размещении машинных отделений в одноэтажных зданиях для их вентиляции следует использовать во все периоды года аэрацию. При размещении машинных отделений в первых этажах многоэтажных зданий вытяжную вентиляцию можно осуществить из верхней зоны за счет естественной тяги или же с помощью вентиляторов через шахты, проходящие через вышерасположенные этажи. В этом случае устраивают приточную вентиляцию: в холодный период года — механическую с применением рециркуляции, а в теплый период — естественную через окна.

Тепловыделения ($Вт$) в помещение от электродвигателей и генераторов

$$Q_h = PC_1 C_2 \left(\frac{1 - \eta_1 \eta_2}{\eta_1 \eta_2} \right) 10^3,$$

где P — установочная (номинальная) мощность двигателя, кВт; C_1 — коэффициент загрузки; C_2 — коэффициент одновременности; η_1 — КПД двигателя; η_2 — КПД генератора, равный 0,9 — 0,95.

Тепловыделения ($Вт$) в помещение от селеновых выпрямителей

$$Q_h = 80P \text{ или } (30 - 50) I,$$

где P — мощность селеновых выпрямителей, Вт; I — номинальная сила тока, кВт.

Воздухообмен следует определять по общепринятой методике, принимая температуру удаляемого воздуха по формуле

$$t_{ex} = t_{in} + 2(t_a - t_{in}),$$

где 2 — коэффициент эффективности воздухообмена; t_a — температура воздуха в рабочей зоне, °С; t_{in} — температура приточного воздуха, °С.

8. ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Вытяжную вентиляцию следует выполнять с местными отсосами, а также общеобменную с забором воздуха из верхней и нижней зон.

Местная вытяжная вентиляция должна обеспечивать в смотровых и загрузочных отверстиях емкостей скорости движения воздуха (м/с): при выделении аэрозолей кислот 1,0; аммиака 0,8; хлора 1,2; паров воды 0,3; при барботировании воды 0,6; цианистых соединений 3,0. Независимо от выделяемого вредного вещества от одной емкости следует отсасывать не менее 300 м³/ч воздуха.

По аналогии с химическими производствами можно принять следующую

щие кратности воздухообмена для общеобменной вентиляции (в ч⁻¹): в помещении приготовления содового молока 4; при выделении сернистого газа 8; в насосной станции загрязненных вод 10; в помещении для обезвреживания цианистых стоков 10.

ГЛАВА VII

ОТОПЛЕНИЕ

1. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МИКРОКЛИМАТУ ПОМЕЩЕНИЙ

Нормативные параметры микроклимата для производственных помещений приведены в ГОСТ 12.1.005—88, в соответствии с которым на действующих и проектируемых предприятиях должны поддерживаться температура, относительная влажность и скорость движения воздуха в рабочей зоне. Должны также соблюдаться требования действующих строительных норм и правил (СНиП) и санитарных норм (СН).

Установлены двоякого рода нормативы — для оптимального и допустимого микроклимата.

Оптимальный микроклимат — сочетание его параметров, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для сохранения высокого уровня работоспособности.

Допустимый микроклимат — сочетание его параметров, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать переходящие и быстро исчезающие изменения функционального и теплового состояния организма и напряжения терморегуляции, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей.

При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут появляться дискомфортные теплоощущения, ухудшаться самочувствие и снижаться работоспособность.

Гальванические цехи характеризуются незначительными избытками явной теплоты — менее 23 Вт/м³. Работы, выполняемые в этих цехах, относят к категории II^б (работы, требующие перемещения тяжестей до 10 кг).

При этих условиях допустимы следующие параметры воздушной среды.

В холодный и переходный периоды (температура наружного воздуха ниже 10 °С): температура воздуха 15 — 21 °С, относительная влажность не более 75 %, скорость движения воздуха не более 0,4 м/с.

В теплый период года температура воздуха должна быть не более чем на 3°C выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч самого жаркого месяца, но не более 28°C ; относительная влажность при 28°C не более 55 %; при 27°C — не более 60 %; при 26°C не более 65 %; при 25°C не более 70 %; при 24°C и ниже — не более 75 %; скорость движения воздуха должна быть 0,3 — 0,7 м/с (большая скорость соответствует максимальной температуре воздуха, меньшая — минимальной температуре).

При оптимальных условиях действительны следующие параметры.

В холодный и переходный периоды года: температура воздуха $17 - 19^{\circ}\text{C}$; относительная влажность 60 — 40 %; скорость движения воздуха не более 0,3 м/с.

В теплый период года: температура $20 - 22^{\circ}\text{C}$; относительная влажность 60 — 40 %; скорость движения воздуха не более 0,4 м/с.

СНиП 2.04.05—86 предписывают принимать допустимые условия при проектировании отопления и вентиляции, а оптимальные условия при проектировании кондиционирования воздуха.

Расчетную температуру для холодного периода года и переходных условий при проектировании систем отопления рекомендуется принимать минимальной из допустимых, приведенных в ГОСТ 12.1.005—88.

На постоянных рабочих местах в помещениях пультов управления технологическими процессами следует принимать температуру воздуха 22°C и относительную влажность не более 60 % в течение всего года.

2. ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА ОТОПЛЕНИЯ

В гальванических цехах отсутствуют значительные выделения теплоты, поэтому необходимо устройство отопления.

В помещениях большого объема устраняют воздушное отопление, совмещенное с подачей приточного воздуха, который нагревают до температуры более высокой, чем температура рабочей зоны цеха.

В небольших помещениях под окнами или вдоль стен устанавливают местные нагревательные приборы.

В шлифовально-полировальном отделении в качестве нагревательных приборов применяют гладкие трубы.

Допустимая температура теплоносителя системы отопления с местными нагревательными приборами в шлифовально-полировальном отделении равна:

при паровой или водяной системе с постоянными температурами теплоносителя — не более 110°C ;

при водяной системе с переменными температурами теплоносителя — не более 130°C .

Если имеются постоянные рабочие места на расстоянии 2 м и менее от окон в наружных стенах, то под окном должны быть установлены

местные нагревательные приборы для защиты работающих от ниспадающих потоков холодного воздуха. Если эти приборы не могут быть установлены, то системы воздушного отопления должны предусматривать подачу подогретого воздуха под окнами, если здание сооружается в местности с расчетной температурой наружного воздуха в холодный период года минус 15°C и ниже (расчетные параметры Б).

Мощность систем, подающих подогретый воздух под окнами, следует рассчитывать на возмещение теплоты, теряемой через окна на высоту до 4 м от пола или рабочей площадки, а при обосновании — на большую высоту.

При воздушном отоплении следует предусматривать не менее двух систем (двух установок) или одну систему с резервным вентилятором и электродвигателем. При нескольких системах они должны быть рассчитаны так, чтобы в случае выхода из строя одной из них остальные обеспечили бы минимально допустимую температуру воздуха в помещении.

Если в помещении ванного отделения имеются П-образные фонари, то следует предусмотреть систему подфонарного отопления, располагая с каждой стороны фонаря под остеклением гладкие трубы. Это необходимо для уменьшения конденсации влаги на остеклении фонарей. От остекления фонарей следует предусматривать отвод конденсата.

В системе подфонарного отопления вентили на подводках к трубам, служащим нагревательными приборами, трудно доступны для обслуживания. Вместо вентилей следует предусмотреть шайбы, рассчитанные на определенное количество воды с учетом расположения отдельных труб.

Дежурное отопление устраивают с местными нагревательными приборами в небольших помещениях и воздушное в помещениях большого объема. В нерабочее время воздушное отопление рекомендуют осуществлять с применением рециркуляции воздуха.

Рециркуляция воздуха допускается при условии, что концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны не превысит предельно допустимые концентрации.

Рециркуляцию воздуха при воздушном отоплении, не совмещенном с вентиляцией, можно предусматривать в пределах одного производственного помещения, если в нем отсутствуют выделения вредных веществ, возгоняющихся при соприкосновении с нагретыми поверхностями оборудования и калориферов систем воздушного отопления.

Для воздушного отопления, не совмещенного с вентиляцией, применяют рециркуляционные агрегаты.

Агрегатами подвесного типа подают нагретый воздух на высоте 3 — 4 м.

3. ТРЕБОВАНИЯ К СТРОИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ

Для создания нормативного микроклимата ограждающие конструкции здания должны удовлетворять определенным условиям.

Требуемые величины сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций определяют по методике, приведенной в СНиП [78]. При этом следует выбрать значение нормируемого температурного перепада между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции.

Исходя из температурно-влажностного режима, который создается при правильно устроенных и нормально функционирующих системах вентиляции и отопления, гальванические цехи относят к группе зданий, характеризующейся следующими показателями: температура воздуха $17 - 18^{\circ}\text{C}$; относительная влажность воздуха $50 - 60\%$ (нормальный режим).

Проверочными расчетами установлено, что при запроектированных системах вентиляции и отопления и режиме их работы в какой-либо период (рабочий или нерабочий) относительная влажность может превысить 60% . В этом случае необходимо проверить возможность снижения относительной влажности воздуха путем дополнительного укрытия ванн в рабочее время; в нерабочее время — путем закрытия ванн, а если это невозможно — за счет установления температуры воздуха в помещении выше 5°C (при дежурном отоплении).

Входные двери и ворота в наружных стенах должны иметь отапливаемые тамбуры и шлюзы. При невозможности устройства тамбуров и шлюзов должны быть предусмотрены воздушно-тепловые завесы. Если по технологическим и санитарно-гигиеническим требованиям необходимо поддерживать заданные метеорологические условия в районе ворот, в их конструкции должен быть предусмотрен теплоизоляционный слой. Сопротивление теплопередаче через конструкцию ворот должно быть не менее 60% требуемого сопротивления для стен.

Притворы ворот должны иметь уплотнения, например, приведенные в Указаниях по проектированию [86].

Особое внимание следует обращать на уплотнение горизонтальной щели по низу ворот. Для уменьшения объема проникающего через неплотности холодного воздуха рекомендуют нижнюю часть ворот высотой $0,1 - 0,15$ высоты цеха завешивать брезентом шириной на $0,5 - 1,0$ м больше ширины ворот.

4. ИНФИЛЬТРАЦИЯ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Рассчитывая теплотери здания в холодный период года, следует учитывать потери на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха.

Ниже приведена предложенная автором методика расчета инфильтрации одноэтажных производственных зданий.

Инфильтрация и эксфильтрация воздуха через щели притворов закрытых переплетов окон и фонарей, а также через щели притворов закрытых ворот и дверей создают воздухообмен, который можно рассчитать методом воздушного баланса, учитывающим равенство количеств поступающего и уходящего воздуха:

$$Q_{inf} + Q_{in} - Q_{exf} - Q_{ex} - Q_{tec},$$

где Q_{inf} — масса инфильтрующегося воздуха, кг/ч; Q_{exf} — масса эксфильтрующегося воздуха, кг/ч; Q_{in} — масса приточного воздуха, подаваемого вентиляционными системами, кг/ч; Q_{ex} — масса вытяжного воздуха, удаляемого вентиляционными системами, кг/ч; Q_{tec} — масса воздуха, удаляемого технологическими вентиляторами, кг/ч.

Количество инфильтрующегося воздуха зависит от планировки здания и конструкции его ограждающих поверхностей, температуры наружного и внутреннего воздуха, скорости ветра, обдувающего здание, длины и ширины щелей притворов окон, фонарей, ворот и дверей, наличия и вида уплотнения щелей притворов.

В расчетах инфильтрацию условно относят к площади окон, фрамуг фонарей, ворот и дверей.

Расчетное количество перетекаемого воздуха [кг/(м² · ч)]

$$Q = \Delta p^{2/3} / R_i,$$

где Δp — разность давлений на наружной и внутренней поверхностях, Па; R_i — сопротивление воздухопроницанию, м² · ч · Па^{2/3}/кг.

Сопротивление воздухопроницанию заполнений световых проемов должно быть не менее требуемого сопротивления R_{in} , приведенного в табл. 13 СНиП II-3-79* [78].

Нормативная воздухопроницаемость дверей и ворот производственных зданий равна 10 кг/(м² · ч) [78].

Для обеспечения требуемого сопротивления воздухопроницанию окон притворы переплетов должны быть уплотнены прокладками из пенополиуретана. В прил. 10 СНиП II-3-79* приведено сопротивление воздухопроницанию заполнений световых проемов с переплетами, уплотненных прокладками из пенополиуретана.

Разность давлений при инфильтрации и эксфильтрации:

$$\Delta p_{inf} = p_e - p_i; \quad \Delta p_{exf} = p_i - p_e.$$

Внутреннее давление p_i (Па) первоначально неизвестно и определяется при решении уравнения воздушного баланса.

Давление на наружной поверхности p_e (Па):

$$p_e = C_a p_w + (H - h)(\gamma_e - \gamma_i),$$

где C_a — аэродинамический коэффициент, принимаемый в соответствии с главой СНиП по нагрузкам и воздействиям; p_w — давление, создаваемое

Тип местности	Местность	C_p при высоте над землей, м						
		≤ 5	10	20	40	60	80	100
А	Открытые степи, лесостепи, побережья морей, озер, водохранилищ, тундра, пустыни	0,75	1,0	1,25	1,5	1,7	1,85	2,0
Б	Городские территории, местности, равномерно покрытые препятствиями высотой 10 м	0,5	0,65	0,85	1,1	1,3	1,45	1,6
В	Городские районы с застройкой зданиями высотой 25 м	0,4	0,4	0,55	0,8	1,0	1,15	1,2

мое ветром, Па; H — высота здания (сооружения) в м от поверхности земли до верха карниза, шахты и центра фонаря; h — высота от поверхности земли до центра окон рассматриваемого этажа, ворот, фонарей, м; γ_e, γ_i — удельные веса соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³, определяемые по формуле $\gamma = 9,81 \cdot 353 / (273 + t)$, где t_i — расчетная температура внутреннего воздуха, °C; t_e — расчетная температура наружного воздуха, °C.

Давление p (Па), создаваемое ветром, равно: $p = 0,61 v_0^2$, где v_0 — скорость ветра на уровне 10 м над поверхностью земли, принимаемая по обязательному прил. 7 СНиП 2.04.05–86 по параметру B . Если эта скорость меньше, чем при параметре A , то отопление следует проверить на параметр A .

Для ветрового давления следует применять поправочный коэффициент C_p в зависимости от высоты здания и типа местности, определяемой в соответствии с главой СНиП 2.01.07–85 по нагрузкам и воздействиям. В табл. 15 приведены некоторые значения этого коэффициента.

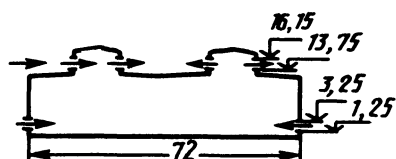
При выполнении расчетов первоначально неизвестно, происходит ли инфильтрация или эксфильтрация через какие-либо окна. Приходится делать предположение относительно этих окон, например допустить, что через них происходит инфильтрация воздуха. Если значение разности давления, рассчитанное исходя из предположения, окажется отрицательным, то это покажет на неправильность принятого допущения и, следовательно, через эти окна будет происходить эксфильтрация.

Теплота на нагрев инфильтрационного воздуха (Вт)

$$Q_h = 0,278 Q_{inf} c (t_i - t_e),$$

где c — удельная теплоемкость воздуха, равная 1,024 кДж/(кг · К); $(t_i - t_e)$ — разность температур внутреннего и наружного воздуха, К.

Рис. 27. Схема к примеру 23 (стрелки указывают направление движения воздуха)



Пример 22. Рассчитать инфильтрацию и расход тепловой энергии для здания, показанного на рис. 27, при следующих исходных данных: длина здания 126 м, ширина 72 м. Окна размерами 1,6 × 2 м заполнены двойным остеклением в деревянных раздельных переплетах с одним притвором, уплотненным пенополиуретаном. С наветренной стороны имеются 60 окон общей площадью 192 м², с заветренной и боковых сторон 84 окна общей площадью 268,8 м². Имеются двое автомобильных ворот размерами 3 × 3 м. На кровле здания расположены два фонаря с двумя ярусами открывающихся металлических панелей размерами 6 × 12 м каждая; общая площадь панелей на наветренной стороне 230,4 м², на заветренных сторонах 691,2 м².

Отметка центра нижних окон 2,25 м; отметка центра фонарей 14,95 м. Расчетная температура наружного воздуха – 26 °С, внутреннего воздуха 16 °С в рабочей зоне и 19 °С под перекрытием. Расчетная скорость ветра $v_w = 4,45$ м/с. Объем механической вытяжной вентиляции превышает объем механической приточной вентиляции на 5000 кг/ч. Технологическая вытяжка равна 5000 кг/ч.

Аэродинамические коэффициенты: для окон и ворот на наветренной стороне $C_{a, w} = 0,8$; то же на заветренной стороне $C_{a, l} = -0,5$; для фонарей на наветренной стороне $C_{a, w} = 0,7$; то же на заветренной стороне $C_{a, l} = -0,5$.

Решение. Предполагаем, что через все нижние окна, через ворота и через фрамуги фонарей, расположенные на наветренной стороне, будет происходить инфильтрация воздуха, а через фрамуги фонарей, расположенных на заветренных сторонах, будет происходить эксфильтрация воздуха.

Удельные веса воздуха:

$$\gamma_{2,6} = 9,81 \cdot 353 / (273 - 26) = 14,02 \text{ Н/м}^3;$$

$$\gamma_{18,5} = 9,81 \cdot 353 / (273 + 18,5) = 11,88 \text{ Н/м}^3.$$

Давление, создаваемое ветром, с учетом поправочного коэффициента, учитывающего низкую городскую застройку, $p_w = 0,8 \cdot 0,05 \cdot 4,45^2 \cdot 14,02 = 11,1$ Па. Наружное давление на окнах наветренной стороны: $0,8 \cdot 11,1 + (14,95 - 2,25) (14,02 - 11,88) = 36,06$ Па; на окнах заветренной и боковых сторон: $-0,5 \cdot 11,1 + (14,95 - 2,25) (14,02 - 11,08) = 21,63$ Па; на фонарях наветренной стороны: $0,7 \cdot 11,1 = 7,77$ Па; на фонарях заветренных сторон: $-0,5 \cdot 11,1 = -5,55$ Па. Разность давлений: для окон на наветренной стороне $\Delta p_{inf} = 36,06 - p_i$; для окон на заветренной и боковых сторонах $\Delta p_{inf} = 21,63 - p_i$; для фонарей на наветренной стороне $\Delta p_{inf} = 7,77 - p_i$; для фонарей на заветренных сторонах $\Delta p_{exf} = p_i + 5,55$.

Составляем уравнение воздушного баланса:

$$192 (36,06 - p_i)^{2/3} / 1,33 + 268,8 (21,63 - p_i)^{2/3} / 1,33 + 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10 + 230,4 (7,77 - p_i)^{2/3} / (0,1 \cdot 0,12) = 5000 + 5000 + 691,2 (p_i + 5,55)^{2/3} / (1,1 \cdot 0,12).$$

Задаемся $p_i = -5$ Па; тогда $13\,310 \neq 13\,520$. Разность левой и правой частей уравнения меньше 10 %, что допустимо.

Принимаем $Q_{inf} = 13\,420$ кг/ч. Расход теплоты на нагрев этого воздуха $Q_h = 0,278 \cdot 13\,420 \cdot 1,024 [18,5 - (-26)] = 170\,000$ Вт.

5. УДЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Ниже приведены показатели удельных теплопотерь здания и удельных расходов тепловой энергии на приточную вентиляцию:

Объем здания, тыс. м ³	До 2	2 – 5	5 – 10	50 – 100	100 – 150
Теплопотери, . кДж/(м ³ · ч, °С) .	2,7 – 2,5	2,5 – 2,3	2,3 – 1,9	1,62 – 1,51	1,51 – 1,26
Расход на вентиляцию, кДж/(м ³ · ч, °С) . .	21 – 17	17 – 12,5	12,5 – 8,2	2,2 – 1,9	1,9 – 1,51

ГЛАВА VIII

ОЧИСТКА ОТСАСЫВАЕМОГО ВОЗДУХА ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

Кардинальным решением проблемы охраны окружающей среды является сокращение и полная ликвидация выбросов в атмосферу вредных веществ. Для предотвращения и максимального снижения выбросов в атмосферу вредных веществ должны быть использованы наиболее современные технологические процессы и методы очистки, соответствующие современному научно-техническому прогрессу. Следует решить ряд задач: установить необходимость очистки удаляемого воздуха от вредных веществ; определить, какая должна быть эффективность очистки воздуха; централизовать или децентрализовать выбросы; выбрать оптимальные места расположения и высоту вытяжных труб; выбрать расположение и уровни приемных устройств наружного воздуха для приточных систем; оценить ожидаемое состояние воздушной среды промплощадки и прилегающих жилых районов; определить норму предельно допустимых выбросов (ПДВ).

Исходными данными для решения этих задач являются: основные размеры зданий (высота, ширина, длина) и межкорпусных пространств при взаимно перпендикулярных направлениях ветра (вдоль и поперек продольной оси здания); генплан промышленной площадки и расстояния от ее границ до жилых районов; места расположения, типы и виды источников выбросов вредных веществ, их высоту; характеристики источников (наименование и количество вредных веществ, интенсивность их выделения, начальная концентрация, температура, плотность, скорость выхода в атмосферу и количество выбрасываемого загрязненного воздуха); фоновые загрязнения воздуха.

Очистку отсасываемого воздуха от вредных веществ осуществляют различными способами. Часть вредных веществ, выделяющихся в виде аэрозолей, оседает на пути от борта ванны до вытяжного центра. В вытяжном центре улавливают оставшиеся вредные вещества из удаляемого воздуха перед выбросом его в атмосферу.

Очистку воздуха от пыли осуществляют в пылеуловителях различных конструкций.

Для очистки воздуха от аэрозолей, паров и газов вредных веществ применяют разного рода аппараты — конденсаторы, абсорберы, волокнистые фильтры, ионитные фильтры и др.

При выборе очистного оборудования учитывают эффективность его очистки, капитальные затраты, эксплуатационные расходы, надежность работы, удобство обслуживания, легкость контроля, доступность ремонта, занимаемую площадь, расходы электроэнергии, воды и реагентов.

Бесперебойность очистки выбросов достигают установкой в вытяжной системе не менее двух очистных аппаратов, причем при временном отключении одного из них остальные обеспечивают необходимую пропускную способность и эффективность. Количество вредных веществ, выделяющихся от ванн, можно рассчитать по материалам гл. I и II или определить по данным прил. 2.

Для остаточного содержания вредных веществ в выбросах при неполной очистке предусматривают рассеивание вредных веществ в атмосферном воздухе так, чтобы концентрации их не превышали в атмосферном воздухе населенных мест максимальные разовые предельно допустимые значения. При отсутствии значений максимальных разовых концентраций принимают значения среднесуточных концентраций. При незначительном валовом количестве вредных веществ или малой концентрации их в выбрасываемом воздухе допускается не предусматривать его очистку, если путем рассеивания этих веществ в атмосферном воздухе при наиболее неблагоприятных для данной местности условиях будут обеспечены допустимые концентрации.

Газопылеулавливающие установки необходимо оснащать контрольно-измерительными приборами. Основные из них следующие: дифманометры для измерения гидравлического сопротивления аппаратов; манометры для измерения давления воды, подаваемой в мокрые аппараты; уровнемеры с сигнализационными устройствами, срабатывающими при переполнении бункеров и дренажных устройств; указывающие и регистрирующие приборы на щите управления пыле- и газопылеулавливающими установками; автоматические пробоотборники и приборы, автоматически определяющие запыленность воздуха на входе и выходе из аппарата с сигнализационными устройствами, срабатывающими в случаях повышения запыленности и концентрации вредных веществ в очищаемом воздухе сверх установленного предела.

При мокрой очистке воздуха пыле- и газопылеулавливающие установки

необходимо оснащать средствами автоматизации для поддержания постоянного давления, постоянной концентрации раствора и снижения расхода раствора, поступающего на аппарат.

2. ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ

Для улавливания пыли из воздуха, отсасываемого из песко-, металлоструйных и дробеструйных камер, применяют двухступенчатую установку из циклона ЦН-11 и циклона с водяной пленкой (ЦВП). Характеристики этих аппаратов приведены в справочнике [74].

Пыль, содержащаяся в воздухе, отсасываемом от шлифовальных и полировальных станков, пожароопасна, поэтому предпочтителен мокрый способ очистки от нее воздуха. Желательно также близкое расположение очистного устройства от шлифовальных и полировальных станков.

На нескольких автомобильных заводах установлены пылеотделители "Гидровортекс" (рис. 28). Пылеотделитель фирмы "Марелли" состоит из кожуха, внутри которого горизонтально расположен вал, снабженный спиральной лентой. В нижней части аппарата устроен резервуар для сбора шлама. Аппарат заполняют водой, которую поддерживают на постоянном и регулируемом уровне. Установлены также разбрызгивающие воду форсунки для омыwania внутренних поверхностей аппарата. Для наблюдения за работой аппарата сделаны герметические смотровые люки.

Запыленный воздух поступает в цилиндрический резервуар, где он, проходя по спирали вдоль вала, оmyвается водой. В результате промывки воздуха водой, а также осаждения пыли на поверхность воды и смоченные стенки резервуара происходит очистка воздуха от пыли. Пыль оседает в нижней части аппарата, откуда удаляется ручным, механическим или гидравлическим способами.

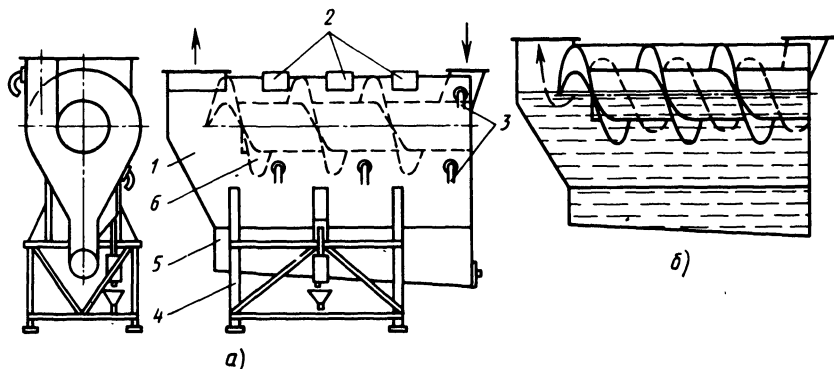


Рис. 28. Пылеуловитель "Гидровортекс":

а — общий вид; б — принципиальная схема работы; 1 — корпус; 2 — смотровые окна; 3 — форсунки; 4 — металлоконструкция; 5 — бак; 6 — спираль

№ аппарата	Объем воздуха, м ³ /ч		Потеря давления при минимальном расходе, Па	Масса аппарата, кг, при разгрузке			Объем, м ³		Площадь внутренней поверхности стенок, омываемых водой, м ²
	минимальный	максимальный		ручной	гидравлической	механической	шлама	воды	
3	3900	6000	350	578	635	—	0,08	0,13	20
4	4800	8400	400	765	815	1430	0,14	0,22	30
6	8400	12000	450	1320	1315	1860	0,24	0,40	40
8	12000	15300	550	1630	1700	2020	0,35	0,59	53
10	15300	20400	600	1850	2000	2310	0,45	0,77	60
13	20400	25500	700	2300	2500	2800	0,68	1,30	70
16	24000	32100	700	2850	3100	4200	0,85	1,58	80
20	30600	42000	750	4000	4160	4750	1,12	1,95	115
25	42000	50400	1200	4500	4650	5000	1,25	3,0	—
30	50400	60000	1400	4900	5250	5500	1,35	4,35	—

Опыт эксплуатации пылеотделителей "Гидровортекс" на автомобильном заводе им. Ленинского комсомола показал, что эффективность улавливания хлопковой пыли, отсасываемой от полировальных станков, 55 — 70 %; эффективность улавливания пыли, отсасываемой от шлифовальных станков, 83 — 96 %.

Воздух, удаляемый в атмосферу, после пылеотделителей "Гидровортекс" содержит 30 — 80 % мг/м³ пыли. Для эффективности их использования необходимо устанавливать вентиляторы, способные преодолевать сопротивления до 3 кПа.

Паспортный расход воды на форсунках 1200 л/ч при давлении 0,2 МПа; практически расход регулируют в процессе наладки и он может быть в пределах 400 — 700 л/ч.

В табл. 16 приведены технические данные аппаратов "Гидровортекс".

Из конструкций отечественных аппаратов заслуживает внимание разработанный ЦНИИПромзданий пылеуловитель вентиляционный мокрый ПВМ [74]. Пылеуловители этого типа подробно описаны в работе: А.И. Пирумов. Обеспыливание воздуха. М.:Стройиздат, 1981, 295 с.

Улавливание вредных веществ, выделяющихся при горячем покрытии металлоизделий, рекомендуют производить в аппаратах типа "труба Вентури". К таким аппаратам относится коагуляционный мокрый пылеуловитель КМП. Технические и габаритные данные его приведены в справочнике [74].

3. ОСАЖДЕНИЕ АЭРОЗОЛЕЙ

Не все выделяющиеся из ванн вредные вещества полностью поступают к вытяжному центру. Часть аэрозолей оседает на стенках бортовых отсосов и примыкающих к ним участков воздухопроводов.

Ниже приведено остаточное содержание аэрозолей на разных расстояниях от ванны.

Расстояние от ванны, м	0 (бор- товой отсос)	1	2	3	4	5	6	7	8	8	10
Остаточное со- держание аэро- золей, %	32	27	23	20	17	14	13	12	11	10	9

4. КОНДЕНСАЦИЯ ПАРОВ

Можно усилить осаждение вредных веществ путем охлаждения и конденсации выделяющихся паров в конденсаторе [91]. Конденсатор представляет собой заключенные в кожух гладкие или оребренные трубки, в которые подается вода или другая охлаждающая жидкость, при температуре более низкой, чем температура насыщения пара. Паровоздушная смесь, обтекая трубки, охлаждается, часть пара сжимается, конденсат стекает в поддон и выводится из аппарата.

Небольшие конденсаторы можно встраивать в местные отсосы (или пристраивать к ним) и тем самым уменьшать загрязнение атмосферы, а воздухопроводы и вентиляторы служат для частичной защиты от коррозии.

Пример 23 [91]. Рассчитать количество водяного пара, сжимаемого в трубчатом конденсаторе, если его поперечное сечение $f = 0,51 \times 0,1 = 0,051 \text{ м}^2$, а глубина $h = 0,17 \text{ м}$; массовый расход воздуха равен 380 кг/ч , влагосодержание воздуха на входе в конденсатор $x_1 = 15,8 \text{ г/кг}$, средняя температура охлаждающей воды $t = 3,1 \text{ }^\circ\text{C}$; влагосодержание насыщенного пара при этой температуре $x_0 = 4,8 \text{ г/кг}$.

Решение. Скорость воздуха в поперечном сечении аппарата

$$v = Q_a / (3600 f \rho) = 380 / (3600 \cdot 0,051 \cdot 1,2) = 1,72 \text{ м/с.}$$

Коэффициент эффективности аппарата

$$E = 1 - e^{-1,3^3 \sqrt{h/v^2}} = 1 - e^{-1,3^3 \sqrt{0,17/1,76^2}} = 0,39.$$

Уменьшение влагосодержания воздуха

$$x_1 - x_0 = E(x_1 - x_0) = 0,39(15,8 - 4,8) = 4,3 \text{ г/кг.}$$

Масса сжиженного пара

$$Q_w = Q_a(x_1 - x_2) = 380 \cdot 4,3 = 1635 \text{ г/ч.}$$

Увеличение количества сжимаемого пара возможно либо за счет увеличения рабочего объема конденсатора (площади поперечного сечения или глубины), а при заданном объеме конденсатора за счет умень-

шения диаметра трубок и увеличения их числа. Так, в приведенном примере изменение длины конденсатора до 1 м приводит к увеличению коэффициента эффективности до 0,6. Тот же результат получается в случае применения трубок диаметром 6 мм (вместо 12 мм) и, соответственно, увеличения их числа в 4 раза.

При всех обстоятельствах чем ниже температура охлаждающей жидкости, тем большее количество пара может быть сконденсировано. В случае сжижения паров жидкости, для которых коэффициент диффузии имеет значение, отличное от коэффициента диффузии водяного пара ($D_{H_2O} = 21 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$), показатель экспоненты должен быть дополнен множителем $(D_{H_2O}/D)^{2/3}$.

ГЛАВА IX

ОЧИСТКА ОТСАСЫВАЕМОГО ВОЗДУХА ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ АБСОРБЦИЕЙ И ФИЛЬТРАЦИЕЙ

1. АБСОРБЕНТЫ

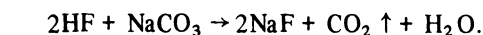
Абсорбционная очистка основана на принципе поглощения паров и газов жидкими веществами — абсорбентами. Эффективность абсорбции зависит от коэффициента массопередачи, площади контакта поглощающих и поглощаемых веществ, времени контакта и движущей силы массопередачи. Последняя зависит в значительной степени от концентрации газов в очищаемом воздухе, состава абсорбента, температуры воздуха и жидкости.

Для улавливания хромового ангидрида, серной, фосфорной и соляной кислот применяют воду или щелочной раствор.

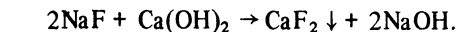
Эффективное улавливание оксидов азота достигают щелочным раствором перманганата калия, содержащего 4 % (по массе, отнесенной к массе воды) NaOH или KOH и 1 — 1,6 % KMnO_4 ; чем больше содержание KMnO_4 , тем эффективнее очистка.

Газообразные цианистые соединения улавливают 5 %-ным раствором железного купороса.

Для очистки от HF применяют раствор соды; схема процесса



После насыщения поглотительного раствора фторид-ионы можно связать и осадить в виде фторида кальция. Схема процесса



Отфильтрованный в нутч-филтре CaF_2 , являющийся дефицитным материалом, может быть использован в промышленности, например стекльной.

2. ПЕННЫЕ АППАРАТЫ

Интенсифицированный пенный аппарат со стабилизатором пенного слоя (рис. 29) является усовершенствованной конструкцией пенного аппарата. Он представляет собой корпус прямоугольного или круглого сечения 1, в котором устанавливается горизонтальная рабочая решетка 2, имеющая круглые или щелевые отверстия.

На решетку устанавливают стабилизатор пены 3, представляющий собой сотовую решетку из вертикально расположенных пластин. Воздух поступает в аппарат через патрубок в подрешеточное пространство и, пройдя через решетку, при взаимодействии с жидкостью, поступающей из оросительного устройства 4, образует слой подвижной пены. Очищенный воздух проходит через брызгоуловитель 5 и выходит из аппарата через верхний патрубок. Отработанная жидкость протекает через отверстия решетки и отводится по сливному штуцеру. Корпус аппарата имеет расширение в верхней части для снижения брызгоуноса и уменьшения гидравлического сопротивления в каплеуловителе.

Для создания в аппарате пенного слоя высотой 100 – 120 мм необходимо придерживаться следующих оптимальных параметров: скорость воздуха в габаритном сечении 2,5 – 3,3 м/с; удельный расход жидкости на орошение 0,05 – 0,1 л/м³; свободное сечение решетки 18 – 20 %; диаметр отверстий решетки 5 – 6 мм; высота стабилизатора 60 мм; размеры ячейки стабилизатора от 35 × 35 до 40 × 40 мм. Гидравлическое сопротивление 700 – 900 Па.

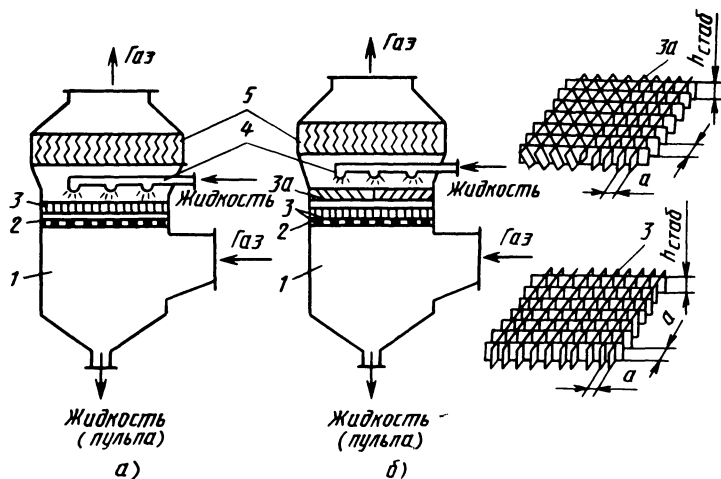


Рис. 29. Интенсифицированные пенные аппараты со стабилизаторами:

а – с одним стабилизатором; б – с двумя стабилизаторами; 1 – корпус; 2 – рабочая противоточная решетка; 3 – стабилизатор пены; 3а – дополнительный стабилизатор; 4 – оросительное устройство; 5 – брызгоуловитель

Основное назначение стабилизатора, расположенного в пенном слое непосредственно на решетке, — предотвращение появления невыгодного волнового режима. Дополнительный стабилизатор, приведенный на рис. 29, б, препятствует появлению пульсирующей зоны при скорости воздуха 3,5 — 5 м/с. Размеры ячеек дополнительного стабилизатора 40 — 50 мм, высота 50 — 60 мм; угол наклона пластин к воздушному потоку 20 — 40°; он должен быть "утоплен" в слой пены на 20 — 50 мм.

Стабилизаторы пенного слоя можно установить также на ранее изготовленных аппаратах типа ПГС-ЛТИ и ПГП-ЛТИ для повышения эффективности последних. Гидравлическое сопротивление аппарата при этом существенно не изменяется.

Модификацией дырчатых решеток являются трубчатые решетки, создающие щелевые отверстия; эти решетки меньше подвержены забиванию, легко очищаются и менее трудоемки в изготовлении.

Расстояние от решетки до конфузора выхода воздуха исходя из условия сепарации крупных брызг должно быть не менее 1,3 м.

При выборе типоразмера пенного аппарата следует учитывать, что чем больше скорость движения очищаемого воздуха по габаритному сечению аппарата, тем выше эффективность его работы. Это следует из формулы коэффициента массообмена:

$$C_m = 2,65 v_a (H v_d / D_d)^{1/3},$$

где v_a — скорость воздуха в сечении аппарата, м/с; H — высота пенного слоя, м; v_d — коэффициент кинематической вязкости абсорбируемого газа или пара, м²/с; D_d — коэффициент диффузии абсорбируемого газа или пара, м²/с.

Эффективность улавливания хромового ангидрида и цианистых соединений в расчетах при проектировании рекомендуют принимать 85 % [60].

Гидравлическое сопротивление пенного аппарата можно определить как сумму гидравлического сопротивления сухой решетки с учетом заполнения части отверстий стекающей жидкостью (Δp_1), гидравлического сопротивления за счет поверхностного натяжения жидкости при прохождении воздуха через решетку (Δp_2), гидравлического сопротивления пенного слоя (Δp_3) и гидравлического сопротивления корпуса аппарата (Δp_4):

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4;$$

$$\Delta p_1 = 0,5 \xi \rho v^2 C_f^{-2} (1 - \psi)^{-2},$$

где ρ — плотность воздуха, кг/м³; C_f — живое сечение решетки в долях габаритной площадки; v — скорость воздуха, м/с; ψ — доля свободного сечения решетки, занятая жидкостью.

Для воды и других жидкостей, близких к ней по значениям плотности и вязкости

$$\psi = 0,1033 m_S^{2/3} (\xi^{-1/3} + 1),$$

где m_S — удельный расход жидкости (в литрах на 1 м³ воздуха).

Коэффициент местного сопротивления ξ дырчатой решетки зависит от толщины решетки:

Толщина решетки, мм	1	3	5	7,5	10	15	20
Коэффициент местного сопротивления ξ . .	1,8	1,6	1,45	1,67	1,75	2,2	2,5

Коэффициент местного сопротивления трубчатой решетки

$$\xi_p = 0,45 d_p^{0,25} b^{-0,35},$$

где d_p — диаметр трубок, мм; b — ширина щели между трубками, мм.

Гидравлическое сопротивление поверхностного натяжения жидкости для воды и растворов, близких к ней по величине натяжения,

$$\Delta p_2 = 150 \text{ Па}.$$

Гидравлическое сопротивление (Па) пенного слоя Δp_3 при дырчатых решетках со стабилизатором пены

$$\Delta p_3 = 1,94 \cdot 10^{-2} \rho_{liq} v^{0,25} V_{liq}^{0,25} / (C_f^{1,65} d^{0,14}),$$

где ρ_{liq} — плотность жидкости, кг/м³.

Гидравлическое сопротивление (Па) пенного слоя $\Delta p'$ при щелевых (трубчатых) решетках со стабилизатором пены

$$\Delta p'_3 = 7,95 \cdot 10^{-3} \rho_{liq} m_S^{0,3} / (C_f^{1,65} d^{0,1}).$$

Гидравлическое сопротивление корпуса аппарата Δp_4 можно определить с помощью коэффициента местного сопротивления, приведенного к скорости воздуха в аппарате: в аппарате со встроенным каплеуловителем жалюзийного типа $\xi = 50$, без каплеуловителя $\xi = 0,25$.

Пенные аппараты со стабилизаторами пенного слоя рекомендованы для общепромышленного применения (при объемах загрязненного воздуха до 100 тыс. м³/ч). Согласно РТМ-26-12-04-75 этим аппаратам присвоено обозначение ПВПР. Институтом "Ленгипрогазоочистка" разработаны рабочие чертежи 12 типоразмеров аппаратов пропускной способностью 3 — 90 тыс. м³/ч. Головной образец, изготовленный на Павлоградском заводе химического машиностроения, успешно прошел испытания на очистке вентиляционных выбросов гальванических ванн и рекомендован междуведомственной комиссией Минхимнефтемаша для серийного выпуска на Павлоградхиммаше с 1982 г. [72].

3. АБСОРБЕР С ПОДВИЖНОЙ ШАРОВОЙ НАСАДКОЙ

Абсорбер (рис. 30) представляет собой колонку (круглую или прямоугольную), имеющую опорно-распределительную решетку большого свободного сечения (40 %), предназначенную для поддержания насадки из шариков и для распределения воздушного потока. Над слоем насадки расположена удерживающая решетка со свободным сечением около 90 %, препятствующая уносу шариков. Шарики ($d_{\text{ш}} = 20 - 40$ мм) полые или сплошные из пластмасс. Высота неподвижного слоя насадки $h_{\text{ст}} = 0,1 - 0,3$ м. Эта высота должна быть меньше диаметра колонки, а отношение диаметра колонки к диаметру шариков должно быть больше 10. Расстояние между решетками (0,6 – 1,5 м) должно обеспечивать 3 – 5-кратное увеличение слоя насадки. В качестве каплеуловителя можно применять сепараторы или неподвижный слой шариков.

Абсорбер работает следующим образом: при пуске его подают абсорбирующую жидкость, которая омывает насадку, неподвижно лежащую на решетке. Затем в нижнюю часть аппарата подают очищаемый воздух, который направляется противотоком жидкости. При этом происходит взвешивание шариков и жидкости и непрерывное их хаотическое движение, что увеличивает турбулентность потоков очищаемого воздуха и абсорбента, а также площади их контакта.

Скорость воздуха в сечении абсорбера должна быть больше минимальной скорости, обеспечивающей начало развитого взвешивания шариков, и меньше предельной (6 – 9 м/с) скорости, при которой начинается прилипание насадки к удерживающей решетке и задерживание жидкости.

Аппарат такого рода – турбулентно-контактный абсорбер ТКА-5. Это абсорбер с насадкой из ударопрочного полистирола с пропускной способностью 5000 м³/ч и скоростью очищаемого воздуха около 7 м/с, аэродинамическим сопротивлением 700 Па. Эффективность абсорбции кислых газов щелочным раствором при начальном содержании газов не более 500 мг/м³ равна 97 %. Габаритные размеры абсорбера: диаметр 500 мм, высота 2200 мм, масса 85 кг [83].

Технические данные турбулентно-контактных абсорберов ЦНИИ "Электроника" [84] сле-

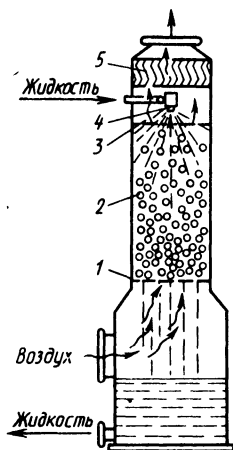


Рис. 30. Абсорбер с подвижной шаровой насадкой: 1 – опорная решетка; 2 – шаровая насадка; 3 – ограничительная решетка; 4 – оросительное устройство; 5 – каплеуловитель

дующие: ТКА-3 — пропускная способность 3000 м³/ч воздуха; габаритные размеры: длина 1290 мм, ширина 710 мм, высота 2159 мм; масса 76 кг; ТКА-6 — пропускная способность 6000 м³/ч воздуха; габаритные размеры: длина 1375 мм, ширина 710 мм, высота 2320 мм; масса 88 кг.

Эффективность очистки от кислот и щелочей составляет 91 %, линейная скорость 6 м/с, аэродинамическое сопротивление 800 Па.

Достоинства абсорбера с подвижной шаровой насадкой: сильная турбулизация потоков воздуха и жидкости, обеспечивающая высокие коэффициенты массообмена; подвижность насадки, предотвращающая засорение аппарата твердыми частицами; простота устройств; компактность; малые высота и масса; относительно небольшое сопротивление. Для уменьшения уноса брызг и улучшения распределения жидкости применяют аппараты конической формы.

Массовое производство шариков для насадки освоено на Ленинградском заводе пластмассовых изделий им. "Комсомольской правды".

Гидравлическое сопротивление аппарата

$$\Delta p = 8,1 v_a^{0,57} q_{liq}^{0,13} h_{st}^{0,57} d_b^{-0,064} \rho_b^{0,76} e^{-1,55 C_f},$$

где v_a — скорость воздуха, м/с; q_{liq} — плотность орошения, м³/(м² · ч); ρ_b — плотность шариков, кг/м³; C_f — коэффициент живого сечения опорной решетки [50].

Пример 24. Определить гидравлическое сопротивление аппарата с подвижной шаровой насадкой при следующих исходных данных:

$$v_a = 7 \text{ м/с}; \quad q_{liq} = 40 \text{ м}^3 (\text{м}^2 \cdot \text{ч}); \quad h_{st} = 0,2 \text{ м};$$

$$d_b = 40 \text{ мм}; \quad \rho_b = 300 \text{ кг/м}^3; \quad C_f = 0,4.$$

Решение. $\Delta p = 8,1 \cdot 7^{0,57} \cdot 40^{0,13} \cdot 0,2^{0,57} \cdot 40^{-0,064} \cdot 300^{0,76} \cdot 2,72^{-1,55 \cdot 0,4} = 685 \text{ Па}.$

4. АБСОРБЕР С ПОДВИЖНОЙ КОЛЬЦЕВОЙ НАСАДКОЙ

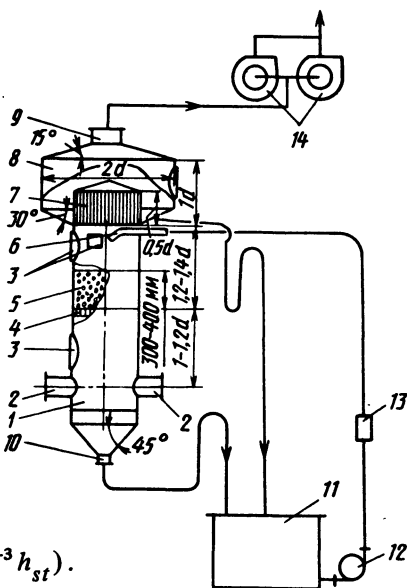
На рис. 31 приведены относительные размеры одной из конструкций абсорбера. Насадка состоит из отрезков винипластовой или капроновой трубы диаметром 25 — 40 мм; длина отрезка равна его диаметру. Плотность орошения 8 — 20 м³/(м² · ч) (по материалам Черкасского отделения НИИТЭХИМа).

Преимущества кольцевой насадки: высокая пропускная способность по воздуху и жидкости, так как пористость неподвижного слоя кольцевой насадки больше, чем у шаровой; она менее трудоемка, чем шаровая насадка, в изготовлении и значительно дешевле.

В абсорбере сепаратор из винипласта с вертикально расположенными щелями шириной 15 мм, шагом 20 мм; преимущества его — воздух дважды меняет направление своего движения; снижается скорость пото-

Рис. 31. Абсорбер с подвижной кольцевой насадкой:

1 — корпус; 2 — входной патрубок; 3 — смотровой люк; 4 — радиальная сетка; 5 — кольцевая насадка; 6 — труба оросительная; 7 — сепаратор-брызгоуловитель; 8 — расширитель; 9 — выходной патрубок; 10 — сливной патрубок; 11 — бак; 12 — насос; 13 — водомер; 14 — вентилятор



ка; значительная часть брызг собирается на вертикальной перегородке решетки и в виде пленки стекает вниз, попадая в рабочий объем или в поддон сепаратора. Нижний предел устойчивости работы аппарата определяется минимальной скоростью (м/с) воздушного потока:

$$v_{\min} = 110 q_{liq}^{0,8} \exp(-1,38 \cdot 10^{-3} h_{st}).$$

Верхний предел устойчивой работы аппарата определяется максимальной скоростью (м/с), при которой не происходит интенсивного брызгоуноса и прилипания колец к верхней ограничительной решетке:

$$v_{\max} = 67,2 q_{liq}^{0,22} h_{st}^{-0,27}.$$

Рабочая скорость воздушного потока v_1 находится в пределах между $v_{\min}$ и $v_{\max}$. Диаметр колонки (м)

$$d_1 = (V/0,785 v_1)^{1/2},$$

где V — объем воздуха, м³/с.

Внутренний диаметр сепаратора (м)

$$d_2 = (V/0,785 v_2 + d_1^2)^{1/2}.$$

Верхняя часть колонки вдается в сепарационное пространство и заканчивается ограничительной решеткой, при этом между внутренним диаметром сепаратора и наружным диаметром колонки образуется кольцевое сечение, скорость воздушного потока v_2 в котором принимается равной 2 — 2,5 м/с.

Высота ограничительной решетки сепаратора (м)

$$h_s = V/(v_3 \pi d_1 f_2),$$

где v_3 — скорость воздушного потока в отверстиях ограничительной решетки, принимаемая равной 4,5 — 6 м/с; f_2 — свободное сечение решетки, равное 50 % габаритной площади.

Динамическая высота слоя насадки

$$h_{din} = 0,273 v_1^{1,7} q_{liq}^{0,6} h_{st}^{0,52}.$$

Общее гидравлическое сопротивление аппарата (Па)

$$\Delta p = \xi \rho_1 v_1^2 / 2 f_1^2 + 9,81 \rho h_{st} (1 - \epsilon_0) + \\ + 3021 v_1^{-0,8} h_{st}^{0,22} f_1^{-0,83} q_{liq}^{0,47} + 39 \cdot 10^{-4} v_1^{2,8} q_{liq}^{0,6} h_{st}^{0,75},$$

где ρ_1 — плотность воздуха, кг/м^3 ; ϵ_0 — пористость статического слоя; ρ_2 — плотность колец, кг/м^3 ; f_1 — свободное сечение опорной решетки с отверстиями диаметром 20 мм.

Пример 25. Рассчитать аппарат при следующих исходных данных: $V = 1,08 \text{ м}^3/\text{с}$; $h_{st} = 150 \text{ мм}$; $q_{liq} = 70 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; $\xi = 1,8$; $\rho_1 = 1,2 \text{ кг/м}^3$; $\rho_2 = 0,96 \text{ кг/м}^3$; $f_1 = 0,5$; $\epsilon_0 = 0,826$.

Решение. Минимальная скорость воздуха

$$v_{\min} = 110 \cdot 70^{-0,8} \exp(-1,38 \cdot 10^{-3} \cdot 150) = 5,75 \text{ м/с}.$$

Максимальная скорость воздушного потока

$$v_{\max} = 67,2 \cdot 70^{-0,22} \cdot 150^{-0,27} = 6,75 \text{ м/с}.$$

Принимая рабочую скорость 6 м/с, диаметр колонки

$$d_1 = 1,08 / (0,785 \cdot 6)^{1/2} = 0,5 \text{ м}.$$

Внутренний диаметр сепаратора

$$d_2 = [1,08 / (0,785 \cdot 2) + 0,5^2]^{1/2} = 0,97; \text{ принимаем } d_2 = 1 \text{ м}.$$

Высота ограничительной решетки сепаратора, принимая скорость в щелях 4,5 м/с

$$h_S = 1,08 / (4,5 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,5) = 0,3 \text{ м}.$$

Динамическая высота слоя насадки

$$h_{din} = 0,273 \cdot 6^{1,7} \cdot 70^{0,6} \cdot 150^{0,52} = 1025 \text{ мм}.$$

Сопротивление аппарата

$$\Delta p = 1,8 \frac{1,2 \cdot 6^2}{2 \cdot 0,5^2} + 9,81 \cdot 0,96 \cdot 150 (1 - 0,826) + \\ + 3021 \cdot 6^{0,8} \cdot 150^{0,22} (0,5 \cdot 10^2)^{-0,83} \cdot 70^{0,47} + \\ + 39 \cdot 10^{-4} \cdot 6^{2,8} \cdot 70^{0,6} \cdot 150^{0,75} = 1336 \text{ Па}.$$

5. ВОЛОКНИСТЫЕ ФИЛЬТРЫ

Волокнистые фильтры типа ФВГ-Т предназначены для санитарной очистки аспирационного воздуха ванн хромирования, содержащего туман и брызги электролита в виде смеси хромовой (концентрацией до 250 г/л CrO_3) и серной (концентрацией до 2,5 г/л) кислот (рис. 32) [9, 11, 45].

Внутри корпуса фильтра размещена кассета с фильтрующим мате-

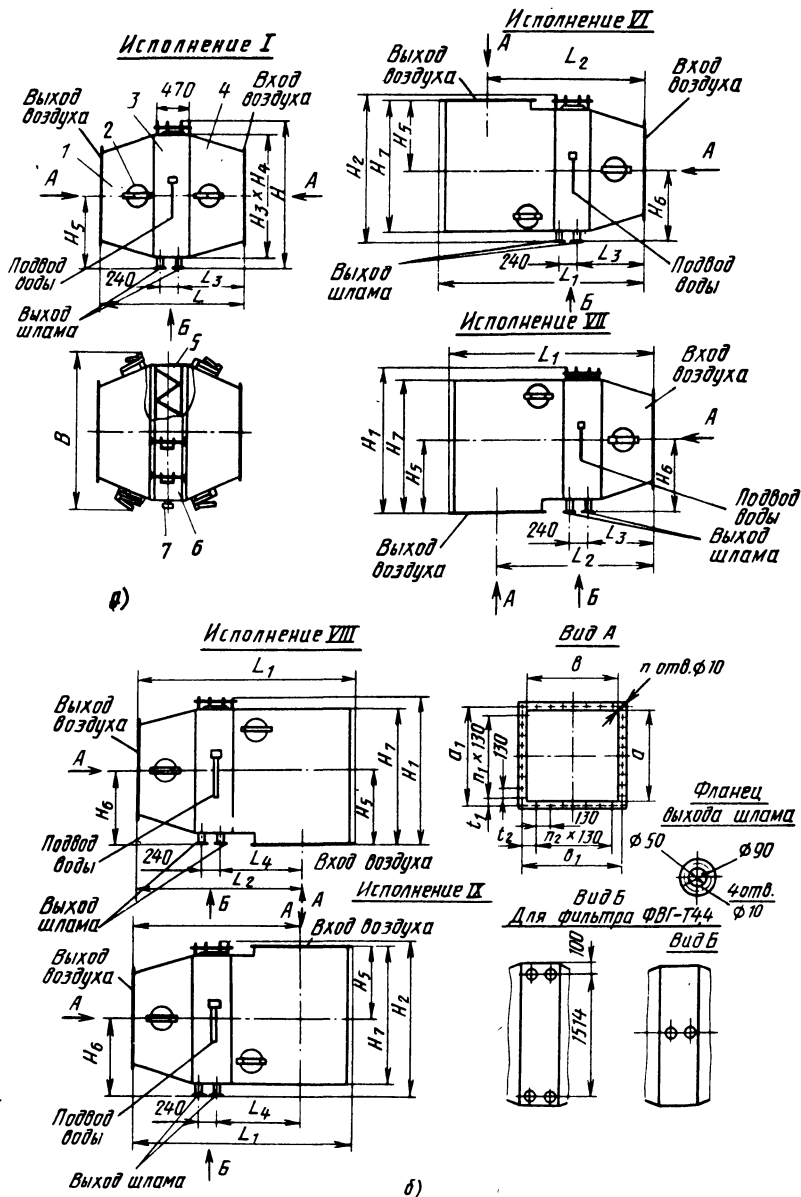


Рис. 32. Волокнистый фильтр типа ФВГ-Т:

a – исполнения I, VI, VII; 1 – камера выхода воздуха; 2 – люк; 3 – корпус; 4 – камера входа воздуха; 5 – кассета; 6 – монтажный люк; 7 – промывное устройство; b – исполнения VIII и IX

причем, наложенным на каркас и прижатым решеткой из пруткового материала. Кассеты изготовлены в виде вертикально расположенных складок. Установка и смена кассет осуществляются через монтажный люк.

Фильтр работает в режиме накопления уловленного продукта на поверхности фильтрующего материала с частичным стоком жидкости. По достижении перепада давления 500 МПа фильтр подвергается периодической промывке (обычно 1 раз в 15 – 30 суток) с помощью переносной форсунки, взводимой через люк.

Фильтр ФВГ-Т-1,6 изготавливают в правом и левом исполнении в зависимости от стороны обслуживания; фильтры остальных типоразмеров – с двусторонним обслуживанием.

Фильтрующий материал – иглопробивной войлок (ТУ 17-14-77–79), состоящий из волокон диаметром 70 мкм; толщина слоя 4 – 5 мм.

Условное обозначение типоразмера фильтра: Ф – фильтр; В – волокнистый; Г – для гальванических ванн; Т – титан (материал корпуса); цифры – площадь фильтрующей поверхности (м^2); П – правое, Л – левое исполнение (для типоразмера ФВГ-Т-1,6); римская цифра – вариант исполнения.

Варианты исполнения (см. рис. 32) I, VI, VII, VIII и IX различаются формой и расположением камер входа и выхода (варианты II – V сняты с производства).

Техническая характеристика: температура очищаемого воздуха 5 – 90 °С; разрежение в аппарате не более 700 Па; гидравлическое сопротивление 150 – 500 Па; степень очистки воздуха не ниже 96 – 99 %; оптимальная скорость фильтрации 3 – 3,5 м/с; расход воды на разовую промывку 1 м^2 поверхности 200 – 300 л; давление промывной воды 100 – 200 кПа; время промывки 10 – 15 мин.

Комплект поставки: фильтр в сборе. Вентилятор в комплект поставки не входит.

Изготовитель: Семибратовский экспериментальный завод газоочистительной аппаратуры Минхиммаша (пос. Семибратово Ярославской области).

В табл. 17 и 18 приведены характеристики, габаритные и присоединительные размеры фильтров.

Волокнистые фильтры были установлены на московских заводах "Калибр", им. Сакко и Ванцетти, ПО "ЗИЛ" и др. Приведенные затраты на очистку 1000 м^3 воздуха составили 0,9 к.

На одном из заводов построена система очистки воздуха, отсасываемого от травильных серно-кислотных ванн, разработанная институтами ВНИПИчерметэнергоочистка (г. Харьков) и НИИОГАЗ, с фильтром из нетканого иглопробивного волокнистого лавсана (рис. 33) [28].

Фильтрующая перегородка орошается непрерывно или периодически жидкостью для смыва солей и кислоты. Линейная скорость фильтра-

Таблица 17

Типоразмер фильтра	Пропускная способность, м³/ч	Площадь фильтрую- щей поверх- ности, м²	Габаритные размеры, мм, не более, масса, кг	
			Исполнение I	Исполнение VI и IX
ФВГ-Т-0,37	3500 — 5000	0,37	1150×560×755; 62	1290×560×755; 66 и 68
ФВГ-Т-0,74	7000 — 10 000	0,74	1110×810×755; 77	1335×810×755; 83 и 87
ФВГ-Т-1,6	14 000 — 20 000	1,6	1150×870×960; 87	1565×970×965; 108 и 116
ФВГ-Т-3,2	28 000 — 40 000	3,2	1410×1930×975; 187	1905×1930×975; 218 и 234
ФВГ-Т-6,4	60 000 — 80 000	6,4	1670×1930×1805; 278	2525×1930×1805; 365 и 405
				1290×560×755; 67 и 69
				1335×810×755; 81 и 86
				1565×970×1000; 108 и 116
				1905×1930×1010; 221 и 239
				2625×1930×1815; 367 и 409

Таблица 18

Типоразмер фильтра	L	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	H	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	B
ФВГ-Т-0,37	1150	1290	1115	520	485	750	755	755	600	360	360	360	660	560
ФВГ-Т-0,74	1110	1335	1075	500	485	755	755	755	600	610	360	360	360	810
ФВГ-Т-1,6	1150	1565	1210	520	580	960	1000	965	820	855	500	470	910	870
ФВГ-Т-3,2	1410	1905	1440	650	680	975	1010	975	820	950	500	470	910	1930
ФВГ-Т-6,4	1670	2625	1920	780	1030	1805	1815	1805	1645	1710	900	880	1722	1930

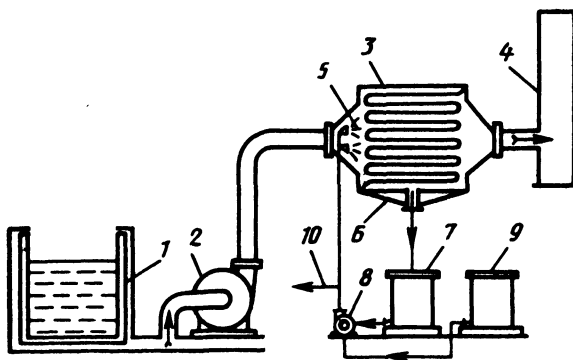


Рис. 33. Очистка воздуха, отсасываемого от серно-кислотных травильных ванн: 1 – травильная ванна; 2 – вентилятор; 3 – фильтр; 4 – вытяжная труба; 5 – форсунки; 6 – гидрозатвор; 7 – сборник циркуляционной жидкости; 8 – насос; 9 – бак подпиточной жидкости; 10 – подача раствора в ванну

ции 2 – 3 м/с. Объем очищаемого воздуха 80 тыс. м³/ч. Температура воздуха 20 – 30 °С. Содержание аэрозолей: H₂SO₄ 80 мг/м³, FeSO₄ 20 мг/м³. Площадь фильтровальной ткани 12 м². Толщина слоя волокна 10 мм. Площадь одного фильтрующего элемента 1 м². Сопротивление системы: начальное 300 Па, через месяц работы фильтра 650 – 700 Па. Степень очистки воздуха 90 – 99 %. Удельное орошение воздуха водой 0,1 – 0,3 л/м³. Материал корпуса – сталь 08Х18НТ. Содержание кислоты в отработанном растворе – до 50 г/л. Приведенная стоимость очистки 1000 м³ воздуха – 1,5 к.

На рис. 34 приведена схема волокнистого фильтра с двумя ступенями очистки воздуха [82].

Первая ступень по ходу воздуха состоит из трех-четырех слоев нетканого материала (толщина одного слоя примерно 10 мм) и служит для улавливания основной массы аэрозолей и химических примесей из воздуха. Регенерация фильтра проводится непрерывно или периодически распылением на входе в фильтр воды или водного раствора кислоты,

получаемой при регенерации волокна. Эта жидкость стекает в сборник через гидрозатвор. В качестве циркулирующей жидкости можно применять и водно-щелочные растворы, не дающие нерастворимых осадков.

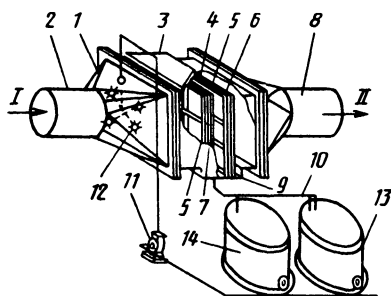


Рис. 34. Волокнистый фильтр с двумя ступенями очистки воздуха

Вторая ступень служит для улавливания капельной влаги, прошедшей через первую ступень, и состоит из одного-двух слоев волокна. Сопротивление фильтра зависит от линейной скорости воздуха ($1 - 7$ м/с) и обычно в начале работы составляет $300 - 400$ Па, а затем вследствие отложений солей в порах материала возрастает до $800 - 1000$ Па.

Фильтр состоит из корпуса 1, патрубков 2 и 8 для ввода и вывода воздуха, съемной кассеты 3 с рамками 4 и 5, в которых закреплен фильтрующий материал 6 и 7. Прохождению воздуха в нижней части фильтра препятствует гидрозатвор 9, из которого жидкость перетекает по линии 10 в емкость 13 и 14. В первой емкости находится более концентрированный раствор кислоты, во второй — техническая вода, подаваемая насосом 11 на промывку фильтра из форсунок 12.

Материал фильтра может быть из лавсана, полипропилена, нейлона, тефлона, а корпус из коррозионно-стойкой стали, титана, пластмассы. Нетканый материал устанавливают в виде плоскости или упаковывают в "гармошки".

Следует учитывать, что переменное гидравлическое сопротивление волокнистого фильтра соответственно отражается на объеме отсасываемого воздуха. При достижении максимального сопротивления объем воздуха должен быть равен расчетному; при минимальном сопротивлении объем воздуха будет значительно больше. Это обстоятельство должно быть учтено при выборе электродвигателя вентиляционного агрегата, чтобы избежать его перегрузки, а также при составлении воздушного баланса помещения. Возможно регулирование объема воздуха с помощью шиберов. Избежать неблагоприятные явления можно более частой промывкой фильтра.

6. ВСТРОЕННЫЕ ФИЛЬТРЫ

Значительная часть выбросов от ванн осаждается на стенках бортовых отсосов, вытяжных воздуховодов и вентиляторов. Осаждение аэрозолей приводит к образованию трудноудаляемых наростов и коррозирует элементы вентиляционной системы. Так, по исследованиям, проведенным на заводе "Калибр", концентрация хромового ангидрида непосредственно у бортового отсоса составила около 10 мг/м³, а на расстоянии 4 м — $0,5$ мг/м³; медианномассовый размер частиц $2,5$ мкм.

По исследованиям выбросов от ванн серно-кислотного травления стальных деталей на ПО "ЗИЛ", в бортовых отсосах помимо газовых примесей содержатся частицы раствора серной кислоты и сульфата железа размером более 4 мкм в количестве $0,2 - 1,0$ кг/м³. Периодически проявляется сернистый ангидрид со средней концентрацией 9 мг/м³ [5]. При осаждении капель травильного раствора в воздуховодах и вентиляторе по всему тракту образуются наросты железного купороса. Изготовленные из коррозионно-стойкой стали элементы вытяжной системы подвергаются интенсивной коррозии.

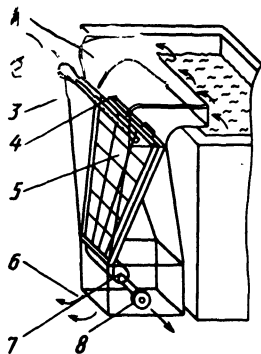


Рис. 35. Фильтр, встроенный в бортовой отсос:
 1 – бортовой отсос; 2 – промывочное устройство;
 3 – люк; 4 – кассета; 5 – фильтрующая перегородка;
 6 – выход очищенного воздуха; 7 – карман; 8 – штуцер вывода шлама

Для защиты вентиляционных систем в НИИОгазе разработаны фильтрующие элементы, встраиваемые в местные отсосы (рис. 35) [5].

Фильтрующий элемент имеет вид прямоугольной угольной кассеты, которая вставляется через люк в корпус и закрепляется в пазах, уплотняемых иглопробивным войлоком. Уловленные капли раствора стекают в карман, находящийся в нижней части кассеты, откуда выводятся наружу.

Исследовались фильтрующие перегородки из слоя иглопробивного войлока массой 400 г/м^2 , толщиной 5 – 6 мм, из полипропиленовых волокон диаметром 70 – 80 мкм и пакет виниловых сеток, состоящий из семи чередующихся между собой плоских и гофрированных листов общей толщиной 7 – 8 мм; скорость фильтрации 2,2 м/с; начальное сопротивление 100 – 120 Па.

Эффективность улавливания серно-кислотного тумана войлоком была около 100 %, а виниловыми сетками 79,0 – 99,7 %.

Сульфат железа, присутствующий в выбросе, кристаллизуется на фильтрующей перегородке и постепенно увеличивает ее гидравлическое сопротивление. По достижении сопротивления 250 Па в корпус вводилась через штуцер трубка с отверстиями, через которую подавалась вода для промывки фильтра (при отключенном вентиляторе).

Расход воды на промывку одной кассеты с войлочной перегородкой 800 л, а с виниловой – 50 л. Период между регенерациями для войлока – 7 – 10 суток, для сеток – 15 суток.

В ПО "ЗИЛ" на пяти серно-кислотных ваннах были установлены бортовые отсосы из титана по 16 шт. на каждой со встроенными фильтрующими элементами из виниловых сеток. Общий объем очищаемого воздуха $250\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$. При средней начальной концентрации серной кислоты $9,5 \text{ мг/м}^3$ эффективность очистки составила 98,2 %.

На одном из машиностроительных заводов аналогичные по конструкции бортовые отсосы со встроенными фильтрами были успешно применены на ваннах хромирования с эффективностью очистки 99,98 % при сопротивлении 250 – 300 Па. Регенерация проводилась не чаще одного раза в два месяца путем промывки кассет в промывочной ванне с извлечением их из корпуса бортового отсоса. Такие бортовые отсосы могут быть применены также на ваннах никелирования [5].

Техническая характеристика фильтра:

Скорость фильтрации для улавливания хромового ангидрида и солей никеля при использовании войлока, м/с	2,8 – 3,2
Скорость фильтрации для улавливания серной кислоты при использовании пакета винипластовых сеток, м/с	1,5 – 1,7
Гидравлическое сопротивление, Па	200 – 500
Степень очистки, %	97 – 99
Габаритные размеры, мм	1000×600×600

Изготовители: заводы-потребители.

Электрохимическое обезжиривание металлических деталей в щелочных растворах сопровождается также выносом электролита и зарастанием воздухопроводов и вентиляторов солевыми отложениями.

НИИОгазом разработан и установлен на Московском энергомеханическом заводе встроенный волокнистый фильтр для очистки воздуха, отсасываемого от ванн электрообезжиривания (рис. 36) [2].

Съемная кассета уплотнялась в пазах, приваренных к внутренним стенкам корпуса, изготовленного из стали Ст3. Кассета представляет собой рамку, обертываемую фильтрующим материалом. Вместе с опорной решеткой она вставляется в пазы.

Фильтрующим материалом служит слой иглопробивного войлока толщиной 4 – 5 мм, массой 400 г/м² при пористости 93 %. Пропускная способность фильтра около 2000 м³/ч, скорость фильтрации 2,5 – 3,5 м/с, начальное гидравлическое сопротивление 300 Па.

При достижении сопротивления 700 Па проводили регенерацию войлока (один раз в три – пять суток). Полное восстановление фильтрующих свойств достигалось промывкой извлеченной кассеты в горячей воде промывной ванны. Эффективность очистки в среднем 96 % при конечной концентрации 0,2 – 2,7 мг/м³.

Для создания режима самоочищения фильтра к нему подведена трубка от обратной линии паропривода. При подаче пара зарастания фильтрующего материала не происходит. Раствор непрерывно отводится из кармана в корпусе фильтра через сливную трубку с гидрозатвором. В этом режиме эффективность очистки составляет 98,8 % при средней конечной концентрации 0,72 мг/м³.

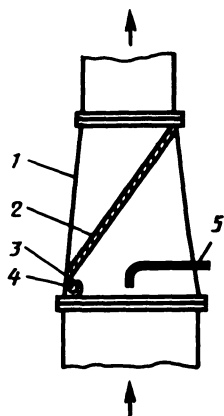


Рис. 36. Фильтр, встроенный в воздухопровод:

1 – корпус; 2 – кассета; 3 – карман; 4 – штуцер; 5 – паровая трубка

Технологический процесс	Расход воздуха, м ³ /ч	Состав аэрозоля	Концентрация на входе, мг/м ³	Тип фильтра; степень очистки
Хромирование черных металлов	4 – 10	Cr ₂ O ₃	0,09 – 0,34	ФВГ-Т; 96 – 99 %
Молочное хромирование	8 – 16	Cr ₂ O ₃	1,6 – 9,0	То же
Травление черных металлов	1 – 13	HCl H ₂ SO ₄	0,1 – 3,3 0,2 – 3,4	Встроенные элементы; 95 – 98 %
Освещение черных металлов	8 – 10	Cr ₂ O ₃	0,02 – 0,03	ФВГ-Т; 96 – 99 %
Электрохимическое обезжиривание черных и цветных металлов (кроме алюминия)	1 – 10	NaOH	0,01 – 4,2	ФВГ-Т с регенерацией паром; 96 – 98 %
Оксидирование стали щелочное (воронение)	6 – 20	NaOH	0,1 – 0,55	То же
Снятие старых покрытий с черных металлов	1,5 – 10	H ₂ SO ₄	0,4 – 65,6	Встроенные элементы; 95 – 98 %

В табл. 19 приведены рекомендации НИИОгаза по выбору фильтров.

7. АБСОРБЦИОННЫЕ ВОЛОКНИСТЫЕ ФИЛЬТРЫ ФАВ

Фильтры предназначены для очистки и обезвреживания воздуха рабочих помещений от газообразных примесей и растворимых аэрозольных частиц. Температура воздуха – до 60 °С (рис. 37) [11].

Фильтр состоит из корпуса, изготовленного из титана ВТ1-О, крышки, опорно-распределительной решетки свободным сечением 18 – 20 %, шаровой насадки высотой 45 мм из кислотно-щелочной резины и фильтрующих элементов, работающих в режиме самоочищения. Фильтрующие элементы представляют собой каркасы цилиндрической формы с натянутым на них фильтрующим материалом из синтетического войлока А5 (ТУ 17 РСФСР-3941–76).

Габаритные и присоединительные размеры (мм) фильтра приведены в табл. 20.

Техническая характеристика фильтра приведена в табл. 21.

Загрязненный воздух через входной патрубок поступает в нижнюю часть корпуса, проходит через опорно-распределительную решетку и, захватывая поглотительный раствор, образует газожидкостную среду, в которой свободно перемещается шаровая насадка, и затем проходит через фильтрующий элемент. Периодичность промывки фильтра, смены поглотительного раствора и его нейтрализации устанавливается в процессе пусконаладочных работ в зависимости от вида улавливаемого вещества.

Таблица 20

Типоразмер фильтра	L	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	B	H	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	D ₁	D ₂
ФАВ-500	757	400	300	250	—	—	—	556	950	240	300	106	330	—	165	515	108
ФАВ-2000	1218	712	400	382	305	754	321	776	1550	458	410	216	554	68	211	690	219

Таблица 21

Показатель	Типоразмер фильтра		Показатель		Типоразмер фильтра	
	ФАВ-500	ФАВ-2000			ФАВ-500	ФАВ-2000
Производительность по воздуху, м ³ /ч	500	2000	Удельная воздушная нагрузка, м ³ / (м ² · с)	0,24	0,24	0,24
Площадь фильтрующей поверхности, м ²	0,6	2,4	Скорость воздуха на уровне решетки, м/с	2	2	2
Количество заливаемого погло- тельного раствора, л	12	50	Гидравлическое сопротивление, кПа	1,9	1,9	1,9
Количество фильтровальных эле- ментов	7	14	Масса, кг	58	58	126
Степень очистки воздуха, %	До 99,9	До 99,9				

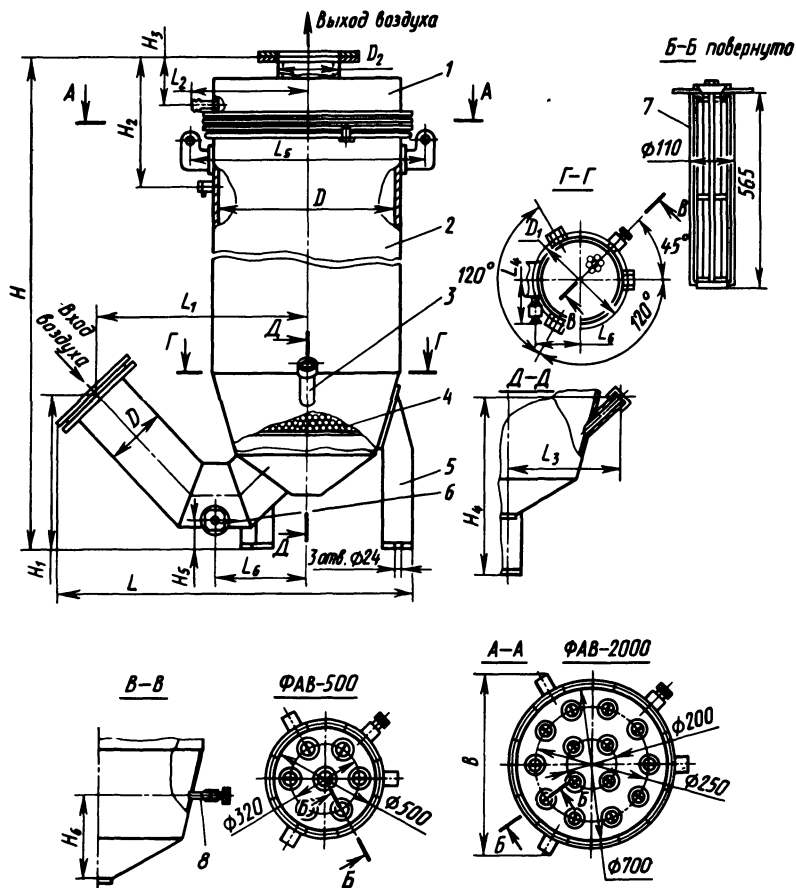


Рис. 37. Абсорбционный волокнистый фильтр типа ФАВ:

1 – крышка; 2 – корпус; 3 – штуцер для заливки раствора; 4 – шаровая насадка; 5 – опорные лапы; 6 – устройство для слива раствора; 7 – фильтрующий элемент; 8 – штуцер для контроля уровня раствора

Условное обозначение типоразмера фильтра: Ф – фильтр; А – абсорбционный; В – волокнистый; число – производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$).

Комплект поставки: фильтр в сборе. Вентилятор для фильтра в комплект поставки не входит.

Изготовитель – Семибратовский экспериментальный завод газоочистительной аппаратуры (пос. Семибратово Ярославской обл.).

8. ИОНИТНЫЕ ФИЛЬТРЫ

Для очистки от примесей вредных веществ отсасываемого воздуха, содержащего до 200 мг/м^3 аэрозолей, газов и паров, эффективным средством являются нетканые полотна, изготовленные из ионитных волокон. С этой целью используют волокна на основе полиакрилонитрила типа ВИОН АС-1, ВИОН АН-1, ВИОН КН-1, разработанные НПО "Хим-волокно" (г. Мытищи, Моск. обл.).

Поглощение веществ ионитами представляет собой молекулярную сорбцию. При этом осуществляется химическая реакция молекул вещества с ионитом, а также происходит растворение некоторого количества вещества в воде, если она содержится в ионите. Иониты в качестве сорбентов обладают комплексными свойствами твердых поглотителей поверхностного действия (по механическим характеристикам и физической форме), жидких поглотителей (сорбируемое вещество распределяется по всей массе ионита) и хемсорбентов (происходит химическая избирательность процесса). Благодаря тому, что примеси улавливаются не только за счет сил физического взаимодействия, но и за счет ионного обмена, происходит очистка воздуха как от аэрозолей, так и от паров и газов.

Ионитные волокнистые материалы отличаются независимостью их емкости от концентрации поглощаемых веществ, что является большим преимуществом в случае малых абсолютных концентраций примесей в очищаемом воздухе.

Иглопробивные ионообменные волокнистые материалы (ИВМ) позволяют производить регенерацию и могут многократно использоваться. Регенерацию полотен производят промывкой водой или растворами дешевых реагентов. Межрегенерационный период работы фильтров зависит от концентрации примесей в очищаемом воздухе и составляет от нескольких часов до нескольких месяцев. Нетканые полотна имеют малую плотность (менее $0,1 \text{ г/см}^3$) и низкое аэродинамическое сопротивление. Они позволяют получать большую фильтровальную поверхность в единице объема аппарата (до $30 \text{ м}^2/\text{м}^3$), что обеспечивает большую пропускную способность фильтра при относительно низкой скорости фильтрации ($0,1 - 0,2 \text{ м/с}$).

Предприятия треста "Энергоцветметгазоочистка" изготавливают ионитные фильтры для очистки воздуха от токсичных веществ (сернистый ангидрид, фтористый водород, хлористый водород, аммиак, хлор, аэрозоли кислот и солей, в том числе никеля, при их содержании до 1 г/м^3), оснащенные фильтровальными элементами.

Фильтровальные элементы представляют собой расположенные вертикально (параллельно потоку газа) несущие рамки из дерева или винипласта, в которых закреплены армированные полимерной сеткой полотна толщиной $10 - 20 \text{ мм}$. Рамки разделены пустыми каналами ши-

Показатели	ИВФ-3Г	ИВФ-10Г	ИВФ-25Г
Пропускная способность, м ³ /ч	3000	10 000	25 000
Площадь фильтрации, м ²	14	28	70
Расход воды на регенерацию, м ³ /ч	0,1	0,25	0,3
Габаритные размеры, мм, не более:			
длина	815	1500	1182
ширина	1050	970	2060
высота	1600	2200	2795
Масса, кг, не более	236	480	1050

риной 20 — 30 мм, которые попеременно перекрыты со стороны входа и выхода воздуха. Очищаемый воздух поступает в каналы, открытые со стороны входа, фильтруется через полотна, образующие стенки каналов, и выходят через каналы, открытые со стороны выхода.

Для регенерации фильтров периодически или непрерывно к верхним кромкам полотна подводится вода или другой регенерирующий агент, которые, стекая по слою полотна, вымывают сорбируемые вещества, собираются в нижнем коллекторе и далее периодически выводятся.

Корпуса фильтров прямоугольной формы изготавливают из углеродистой стали толщиной 2 мм, внутренние и внешние их поверхности покрывают химически стойкими красками и эмалями. Поставляют фильтры в сборе. В табл. 22 приведены технические характеристики ионитных фильтров.

Для улавливания газов и аэрозолей HF, HCl, H₂SO₄, HNO₃ применяют материал ВИОН АН-1 (анионит). Оптимальная скорость фильтрации 0,1 м/с. Температура очищаемого воздуха 20 ± 10 °С. Степень очистки воздуха не менее 99 %. Гидравлическое сопротивление 500 Па.

Для улавливания аэрозолей HNO₃ были исследованы полотняные натрий-катионитовые фильтры ВИОН КН-1 при линейной скорости потока 0,1 м/с и разной толщине полотна [44]:

Толщина полотна, мм	6	6	6	6	9
Начальная концентрация HNO ₃ , мг/м ³	100	24	43	71	100
Эффективность, % .	85,8	85,3	94,6	95,1	97,7
					98,0

В табл. 23 приведены параметры процессов очистки воздуха с помощью материалов ВИОН [3].

Ниже приведены технические показатели системы очистки воздуха, отсасываемого от травильных солянокислотных ванн [82].

Расход воздуха, тыс. м ³ /ч	100
Температура воздуха, °С	25
Влажность воздуха (средняя), %	70
Линейная скорость газов, м/с	0,3

Поглощаемое вещество	Характеристика ВИОН			Оптимальные условия			Степень очистки, %	Регенерирующий агент
	Тип	Ионная форма	Сорбционная емкость, % (масс.)	Скорость фильтрации, м/с	Влажность воздуха, % (относительная)	Исходная концентрация примеси, мг/м³		
SO ₂	KH-1	Na	10	0,02 – 0,2	60 – 90	200	95	Na ₂ CO ₃
HF	AC-1	F	10	0,02 – 0,3	30 – 100	100	98	H ₂ O
HCl	{AH-1 KH-1 AC-1}	{OH Na Cl}	15	0,02 – 0,3	40 – 100	100	98	{NH ₄ OH NaOH H ₂ O
NH ₃	{KC-1 AH-1}	{H SO ₄ }	10	0,02 – 0,1	60 – 90	300	95	{H ₂ SO ₄ HCl
Cl ₂	{AC-1 KH-1}	{OH Na}	7	0,02 – 0,1	60 – 90	100	95	NaOH
H ₂ S	{KH-1 ПАН ПЭИ}	{Na OH}	7	0,02 – 0,1	60 – 90	100	95	NaOH
HNO ₃	KH-1	Na	10	0,02 – 0,1	80 – 100	100	95	NaOH
NaOH	{AH-1 AC-1}	{SO ₄ SO ₄ }	10	0,02 – 0,3	60 – 100	100	98	H ₂ SO ₄
H ₂ SO ₄	{AH-1 KH-1}	{OH Na}	15	0,02 – 0,3	80 – 100	100	98	{NaOH NH ₄ OH Na ₂ CO ₃

Содержание в воздухе HCl , мг/м^3	100
Степень очистки воздуха от HCl , %	98
Поверхностная плотность ИВМ, кг/м^2	5
Толщина слоя ИВМ, м	0,05
Аэродинамическое сопротивление, Па	500
Емкость ИВМ по HCl , кг/кг	0,183
Степень регенерации ионитов, %	85
Площадь фильтрации одной рамы, м^2	2
Расстояние между рамами, м	0,03
Устойчивость ИВМ в процессе сорбции – регенерация, число циклов	300
Продолжительность цикла регенерации, ч	1,5
Содержание HCl в регенерирующем растворе, г/л	100
Площадь фильтрации ИВМ, м^2	139
Расчетное количество ИВМ в аппарате, кг	695
Количество HCl , поглощаемого за один цикл, кг	108
Продолжительность одного цикла сорбции, ч	10,8
Длина фильтрующего пакета при ширине рамы 1 м и высоте 2 м	5,56

Количество раствора для регенерации ИВМ (с учетом трехкратного заполнения объема аппарата) 33 м^3 . Объем отработанного раствора с концентрацией 100 г/л HCl , выводимого из цикла равен $0,1 \text{ м}^3/\text{ч}$. Срок службы ИВМ 3700 ч. Для увеличения срока службы ИВМ в 2 раза рекомендуется удвоить количество ИВМ при одновременном увеличении объемов фильтра и раствора на регенерацию. При этом возрастает и продолжительность цикла абсорбции газов.

Кислые примеси можно улавливать и с применением насыпного слоя гранулированных ионитов в кипящем слое (рис. 38), который необходимо непрерывно орошать водой или раствором щелочи. Степень очистки воздуха может достигать 98 % и более. Скорость воздуха в аппарате 1 – 1,5 м/с. Размер гранул менее 1 мм, высота слоя 300 мм. В период кипения высота слоя удваивается. Во избежание канального проскока воздуха, образования воздушных пузырей в кипящем слое и снижения степени очистки воздуха, соотношение диаметра аппарата к высоте слоя абсорбента принимают равным 2 : 1. После насыщения ионитов аппарат заполняют промывным раствором, который сливают по линии 7. Для улавливания примеси цианидов щелочных металлов и HCN

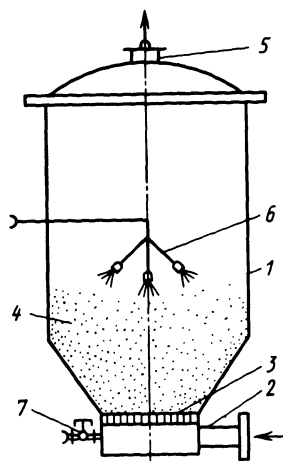


Рис. 38. Аппарат с "кипящим" слоем ионита:
1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3 – решетка;
4 – гранулы; 5 – выходной патрубок; 6 – форсунки;
7 – сливная линия

из аспирационного воздуха рекомендуют влажное (60 %) ионообменное волокно на основе 2,5 метилвинилпиридина, алкированное эпихлоргидрином, в ОН-форме марки АС-1.

Регенерацию волокна после насыщения цианидами проводят 2 %-ным раствором NaOH или 5 %-ным раствором Na_2CO_3 .

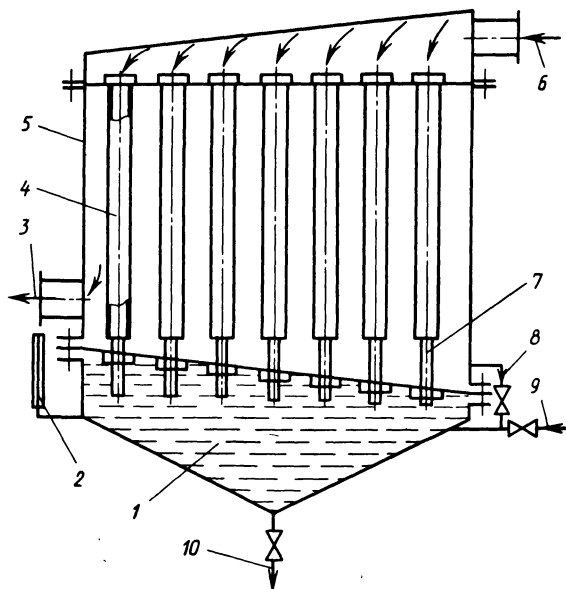
9. РУКАВНЫЕ ФИЛЬТРЫ

На ПО "Знамя труда" им. И.И. Лепсе (г. Ленинград) разработан и применен рукавный фильтр для очистки воздуха, отсасываемого от гальванических ванн (рис. 39). В табл. 24 приведены технические данные фильтра [41].

Таблица 24

Пропускная способность, $\text{м}^3/\text{ч}$	Линейная скорость фильтрования, $\text{м}/\text{с}$	Улавливаемое вещество	Содержание вещества, $\text{мг}/\text{м}^3$		Средний медианный размер частиц, мкм	Степень очистки, %	Гидравлическое сопротивление, Па
			На входе	На выходе			
5000	1,26	Азотно-плавиковая кислота	15	1	0,3	93,5	120
10 000	2,52	Щелочь	0,8	0,05	0,3	93,7	120
		Азотно-плавиковая кислота	8	1	0,35	87,5	440
		Щелочь	0,4	0,027	0,9	93,2	440

Рис. 39. Рукавный фильтр: 1 — гидрозатор; 2 — указатель уровня; 3 — воздуховод после фильтра; 4 — фильтровальный лавсановый рукав; 5 — корпус; 6 — подводный воздуховод; 7 — слив жидкой фазы; 8 — перелив; 9 — подвод воды; 10 — слив уловленных продуктов



1. АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА

Улавливание высоколетучих органических растворителей (бензин, керосин, уайт-спирит и др.) из воздуха, отсасываемого от оборудования, в котором производят обезжиривание металлических поверхностей, производят способом адсорбции различными адсорбентами, часто активированным углем (обработанным для освобождения от смолистых веществ с целью увеличения его адсорбционной способности).

После насыщения угля его регенерируют продувкой острым паром с температурой $110 - 120^{\circ}\text{C}$. Парогазовую смесь охлаждают в конденсаторе и разделяют на воду (нижний слой) и растворитель (верхний слой), которые сливают в отдельные емкости.

Расчетную скорость очищаемого воздуха в свободном сечении адсорбера принимают $0,2 \text{ м/с}$. На рис. 40 показана одна из конструкций адсорбера.

Для улавливания паров хлористых растворителей из сушильно-рекуперационных систем машин химической очистки одежды могут быть

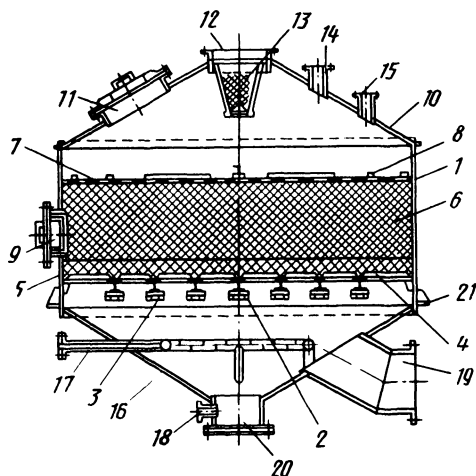


Рис. 40. Адсорбер:

1 – корпус; 2 – балки; 3 – опоры; 4 – разборная колосниковая решетка; 5 – гравий; 6 – уголь; 7 – сетка; 8 – груз; 9 – разгрузочный люк; 10 – крышка; 11 – разгрузочный люк с предохранительной мембраной; 12 – патрубок для подачи паровоздушной смеси при адсорбции и воздуха при сушке и охлаждении; 13 – сетка; 14 – патрубок для отвода паров из адсорбера при десорбции; 15 – патрубок для предохранительного клапана; 16 – дни-

ще; 17 – патрубок для подачи острого водяного пара при десорбции; 18 – патрубок для отвода конденсата и подачи воды; 19 – патрубок для отвода освобожденного от поглощаемых веществ воздуха при адсорбции и отработавшего воздуха при сушке и охлаждении; 20 – конденсатный горшок; 21 – опорное кольцо для установки адсорбера на подставку

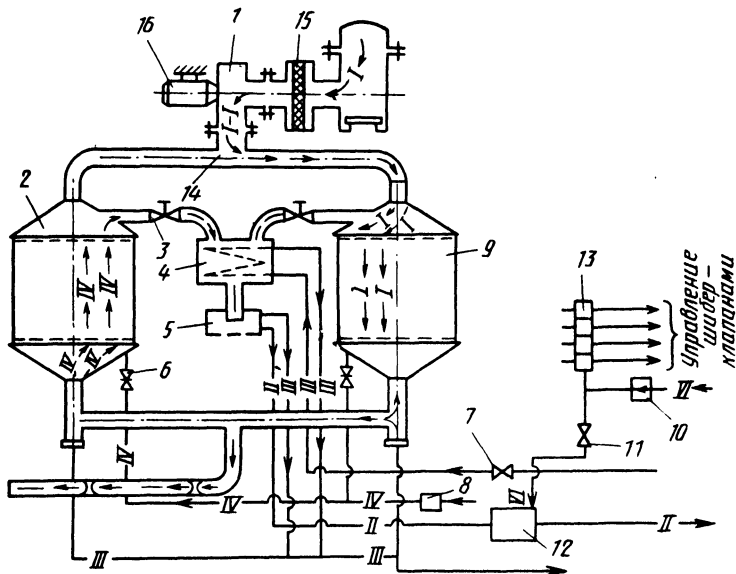


Рис. 41. Технологическая схема установки КХ-422:

I – загрязненный воздух; *II* – растворитель; *III* – вода; *IV* – пар; *V* – очищенный воздух; *VI* – сжатый воздух; 1 – вентилятор; 2 – рабочая камера; 3 – шиберная задвижка; 4 – конденсатор; 5 – водоотделитель; 6 – паровой клапан; 7 – электроуправляемый клапан воды; 8 – сетчатый фильтр; 9 – адсорбент; 10 – электроуправляемый пневмоклапан; 11 – клапан; 12 – сборник десорбированного растворителя; 13 – блок электроуправляемых пневмоклапанов; 14 – поворотная заслонка; 15 – фильтр-пылеуловитель; 16 – электродвигатель 4АХ71В2У3

использованы двухкамерные адсорбционные установки КХ-422 (рис. 41) [79].

Техническая характеристика установки: марка активированного угля АР-А: количество угля в каждой камере 50 кг; адсорбционная способность одной камеры 4,8 – 5,5 л; продолжительность регенерации угля 30 мин; давление в МПа: потребляемого пара 0,1 – 0,3; сжатого воздуха 0,4 – 0,6; напряжение тока 380 В, расход электроэнергии 0,64 кВт · ч. Габаритные размеры: длина 850 мм, ширина 1200 мм, высота 1700 мм. Масса с углем 590 кг.

Установка работает как в автоматическом, так и ручном режиме: не требует остановки для проведения десорбции – в работе одновременно находится одна камера, вторая подвергается десорбции. Рабочие емкости изготовляют из коррозионно-стойкой стали. Они могут быть легко собраны в батареи большой пропускной способности. Модификации установки: КХ-427 (по 150 кг угля) и КХ-428 (по 300 кг угля).

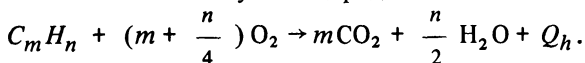
2. ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

Катализом называют изменение скорости химических реакций или возбуждение их в присутствии веществ-катализаторов, которые участвуют в реакции, вступая в промежуточное химическое взаимодействие с реагентом, но восстанавливают свой химический состав при окончании каталитического акта. Обычно катализатор многократно вступает в такое взаимодействие и образует продукты реакции, масса которых может во много раз превосходить массу самого катализатора. Катализ, осуществляемый в повышенных температурных условиях, именуют термokatализатором.

Сорбционные способы очистки применяют, когда отсасываемый воздух содержит высокие концентрации паров растворителей (от 2 до 20 г/м³). При концентрациях до 2 г/м³ применять сорбцию нецелесообразно, так как сорбенты дефицитны, а также из-за сложности ликвидации отработанных сорбентов и сточных вод. Перспективным является обезвреживание газовоздушных смесей каталитическим методом при 250 – 400 °С, которое находит применение в ряде отраслей промышленности. Установки термокatalитической очистки обеспечивают высокую эффективность очистки и отвечают требованиям надежности и безопасности.

Паровоздушная смесь, состоящая из воздуха и паров растворителей, направляется последовательно в электронагреватель и каталитический аппарат. В нагревателе паровоздушная смесь нагревается до температуры начала каталитического окисления паров растворителя. В каталитическом аппарате происходит беспламенное сжигание паров растворителей, т.е. превращение их в углекислый газ и пары воды. За счет этой реакции температура паровоздушной смеси возрастает пропорционально концентрации паров растворителей. Так, при исходном содержании паров растворителей 1 г/м³ и степени очистки 95 % температура возрастает на 30 °С.

Реакция окисления углеводородов:



В Дзержинском филиале НИИОгаза разработаны катализаторы НИИОГАЗ-3Д и НИИОГАЗ-10Д на металлическом носителе типа М-2. Катализатор представляет собой смесь оксидов неблагоприятных металлов с добавками платины и палладия (0,01 – 0,001 %), нанесенных в виде активной пленки на нихромовую проволоку, свитую затем в спиралью 4 – 5 мм. Катализатор плотно упаковывают в пакеты прямоугольной формы размерами 610 × 305 × 90 мм. Масса одного пакета 8 – 9 кг. Гидравлическое сопротивление слоя катализатора толщиной 90 мм при линейной скорости потока 1 – 4 м/с порядка 200 Па. Температура реакции начала каталитического окисления органических растворителей 260 – 280 °С, допустимый разогрев не выше 650 °С.

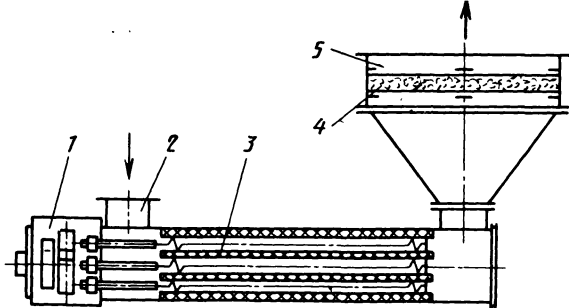


Рис. 42. Термокаталитическая установка:

1 - секция подключения электронагревателей; 2 - вход воздуха; 3 - тепловая изоляция; 4 - катализатор; 5 - выход воздуха

Катализатор отличается способностью окислять различные компоненты выбросов, обладает высокой механической прочностью, прост в обслуживании. В случае оседания на нем пылевых частиц его периодически промывают. Регенерация катализатора заключается в повторном нанесении активной пленки на металлический носитель. Стоимость одного пакета катализатора для очистки $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ выбросов 200 – 300 р.

На рис. 42 приведена термокаталитическая установка [69].

ГЛАВА XI

РАССЕЯНИЕ В АТМОСФЕРЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Выбросы вредных веществ в атмосферу на промышленном предприятии должны рассматриваться комплексно с учетом их взаимодействия, фона загрязнений, перспективы развития производства и наращивания его мощности.

Использование рассеяния вредных веществ в атмосфере путем увеличения высоты их выброса допускается только после применения всех имеющихся современных технических средств по сокращению таких выбросов.

При одновременном выбросе в атмосферу из одного источника нескольких вредных веществ, обладающих суммацией действия, расчеты рассеяния выполняют приведением выбросов всех вредных веществ к валовому выбросу одного из них по формуле

$$m = m_1 + m_2(c_{1,u}/c_{2,u}) + \dots + m_k(c_{1,u}/c_{k,u}),$$

где m — приведенный валовой выброс к вредному веществу m_1 , г/с; $m_1, m_2, \dots, m_k$ — валовой выброс соответственно первого, второго и т.д. вредного вещества, г/с; $c_{1,u}, c_{2,u}, \dots, c_{k,u}$ — предельно допустимые концентрации (ПДК) этих веществ, мг/м³.

Если через трубу происходит выброс нескольких вредных веществ, не обладающих суммацией действия, то расчет рассеяния производят по доминирующему вредному веществу. Доминирующим вредным веществом считают то, для которого больше отношение m/c_u .

Валовые массы вредных веществ, поступающих в атмосферу, определяют как разность между их массой, выделившейся в ходе технологического процесса, с учетом фактического времени работы оборудования, и их массой, уловленной очистными установками, с учетом эффективности последних.

Для населенных пунктов и для промышленных площадок необходимо одновременно обеспечивать нормируемую чистоту атмосферного воздуха.

Концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы не должны превышать ПДК для населенных пунктов, а для промышленной площадки 0,3 ПДК в воздухе рабочей зоны. СНиП II-33-75* предписывает предусматривать выброс в атмосферу воздуха, удаляемого системами местных отсосов от оборудования, содержащего вредные вещества 1-го и 2-го классов опасности, как правило, выше уровня аэродинамической тени, создаваемой зданиями, с помощью высоких труб или высокоскоростными струями ("факельный выброс").

Выбросы вредных веществ в зону аэродинамической тени допускаются, если расчетом будет определено, что с учетом фоновых загрязнений концентрации этих веществ не превысят допустимые нормы.

При тесной застройке промышленной территории в зоне радиусом, равным пяти высотам здания, может быть размещено более высокое здание, чем то, в котором находится гальванический цех. В этом случае выбросы необходимо вывести выше высокого здания или выше границы зоны аэродинамической тени, создаваемой высоким зданием. В противном случае выбросы могут попасть в зону подпора перед высоким зданием или в зону аэродинамической тени высокого здания.

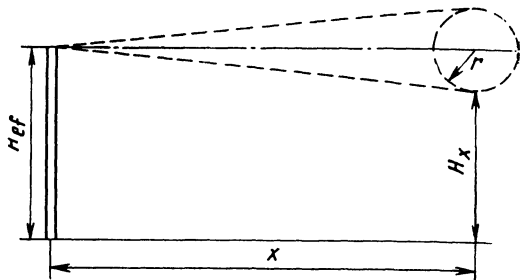
Высокое здание может находиться за пределами зоны радиусом пять высот здания, но в пределах досягаемости воздушной струи. В этом случае необходимо проверить, что концентрация доминирующего вредного вещества на уровне окон этого здания не превышает ПДК (рис. 43).

Для проверки концентрации используют формулы:

$$c_r = c_0 e^{-(r/0,05x)^2}; \quad \Delta h = 1,9dv_0/v_w,$$

где c_r — концентрация вредного вещества на уровне верхнего окна здания, мг/м³; c_0 — концентрация вредного вещества на выходе из трубы, мг/м³; r — расстояние от горизонтальной оси струи (на уровне

Рис. 43. Расчетная схема



$H_{ef} = H + \Delta h$) до заданной точки поперечного сечения струи, м; x — расстояние от трубы до здания, м; d — диаметр трубы, м; v_0 — скорость воздуха в устье трубы, м/с; v_w — скорость ветра, м/с (принимается 1 м/с); e — основание натуральных логарифмов.

Расчеты рассеяния в атмосфере вредных веществ производят по действующим нормативам и методикам.

С 1987 г. введен в действие общесоюзный нормативный документ "Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий" (ОНД-86), утвержденная Госгидрометом и согласованная с Госстроем СССР и Минздравом СССР (М., Гидрометеиздат, 1987, 93 с.).

В основу методики для одиночных источников положена формула

$$c_m = \frac{AMF_{mn\eta}}{H^2 \sqrt[3]{V\Delta T}},$$

где c_m — максимальная концентрация вредных веществ в приземном воздухе от одиночного источника на расстоянии x_m от источника по оси факела, мг/м³; A — коэффициент стратификации атмосферы, равный от 140 до 250; M — количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, г/с; F — коэффициент, равный 1 для газов; 2; 2,5; 3 — для пыли при эффективности очистки соответственно не менее 90, 75 — 90 и менее 75 % или при отсутствии пылеулавливания; m и n — коэффициенты, учитывающие условия выхода газовойоздушной смеси из устья источника; η — коэффициент, учитывающий влияние рельефа ($\eta = 1$ в случае ровной или слабопересеченной местности); H — высота источника, м; V — объем газовойоздушной смеси, м³/с; $V = 0,25\pi d^2 w_0$; d — диаметр источника, м; w_0 — скорость выхода газов из устья, м/с; ΔT — разность между температурой выбрасываемой газовойоздушной смеси и температурой наружного воздуха, °С.

Пользуясь приведенной методикой, можно решать вопрос о необходимости очистки воздуха, загрязненного вредными веществами и выбрасываемого в атмосферу.

Пример 26. Определить, необходима ли очистка воздуха, отсасываемого от ванн обезжиривания деталей в трихлорэтилене, если объем отсасываемого воздуха составляет 10 000 м³/ч, концентрация трихлорэтилена 2000 мг/м³; высота вытяж-

ной трубы задана после определения высоты аэродинамической тени здания и, исходя из архитектурных соображений, равна 15 м; диаметр трубы принят $d = 500$ мм.

Решение. Принимаем $A = 140$; $F = 1$; $\eta = 1$; m и T не учитываются. Скорость выхода воздуха из трубы составит $1000/(3600 \cdot 0,785 \cdot 0,5^2) = 14,2$ м/с. Для данных условий $n = 1,9$.

$$c_m = \frac{140 \cdot 20\,000 \cdot 1,9}{15^2 \cdot 3600 \sqrt[3]{2,78}} = 4,7 \text{ мг/м}^3.$$

Расстояние, на котором достигается максимальная концентрация, $x_m = dH = 9,5 \cdot 15 = 7,5$ м. Эта точка находится на территории предприятия, где ПДК трихлорэтилена равна $10 \cdot 0,3 = 3$ мг/м³. Следовательно, необходима очистка воздуха.

В принятом 25 июня 1980 г. Законе СССР "Об охране атмосферного воздуха" предусмотрены введение и контроль предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу.

Значение ПДВ устанавливают в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02–78 (Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями).

Если на действующих предприятиях по объективным причинам значения ПДВ в данный момент не могут быть достигнуты, вводится поэтапное уменьшение выбросов. На каждом этапе до обеспечения ПДВ устанавливают временные согласованные выбросы вредных веществ (ВСВ).

Значения ПДВ и ВСВ должны согласовываться с органами, осуществляющими контроль за охраной атмосферы от загрязнения, и утверждаться в установленном порядке.

По контрольной норме ПДВ определяют максимально допустимые концентрации вредных веществ в устье трубы (г/м³):

$$c_0 = \text{ПДВ}/V.$$

Значения ПДВ, c_0 и V заносят в паспорт источника выброса и подвергают обязательному контролю. Периодичность контроля устанавливается по согласованию с местными органами Госкомгидромета и Минздрава СССР.

Значения ПДВ для одиночных источников (г/с) можно определить по формуле:

$$\text{ПДВ} = \frac{c_0 H^2 \sqrt[3]{V \Delta T}}{A F_{mn} \eta},$$

где $c_0 = \text{ПДК}$.

Пример 27. По данным примера 27 определить величину ПДВ трихлорэтилена в случае отсутствия очистки удаляемого воздуха.

Решение.

$$\text{ПДВ} = \frac{3 \cdot 15^2 \sqrt[3]{2,78 \cdot 3600}}{140 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1000} = 12,8 \text{ кг/ч.}$$

Максимально допустимая концентрация в устье трубы:

$$c_0 = 12800/10\,000 = 1,28 \text{ г/м}^3.$$

В расчетах следует принимать максимально допустимые концентрации за 20 мин, а при их отсутствии — средние часовые значения масс выбрасываемых вредных веществ.

СНиП 2.04.05—86 содержит раздел 6 "Выбросы воздуха", в котором также приведены ряд указаний по проектированию выбросов вредных веществ.

ГЛАВА XII

УСТРОЙСТВО ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

1. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ

Работа вентиляционных систем должна создавать на постоянных рабочих местах, в рабочей и обслуживаемой зонах помещений метеорологические условия и чистоту воздушной среды, соответствующие действующим санитарным нормам и стандартам. Расположение вентиляционных систем должно обеспечивать безопасный и удобный монтаж, эксплуатацию и ремонт технологического оборудования в соответствии с ГОСТ 12.4.021—75 (ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования).

Системы должны также удовлетворять следующим требованиям: не увеличивать взрыво- и пожароопасность; не способствовать распространению взрыва, пожара и продуктов сгорания в другие помещения и здания; позволять производить изменения технологических процессов и оборудования в связи с их совершенствованием; быть простыми, надежными и безопасными в эксплуатации; не загромождать производственные площади; экономно потреблять тепловую и электрическую энергию; требовать наименьших материальных и трудовых ресурсов, капитальных затрат и эксплуатационных расходов; соответствовать эстетическому оформлению интерьера; состоять из промышленных и сборных конструктивных элементов и из типовых деталей с наименьшим количеством типоразмеров; обеспечивать простоту регулирования и доступность обслуживания; возможность автоматизации управления и контроля.

2. КОМПОНОВКА СИСТЕМ

Самостоятельные системы выполняют для отсосов воздуха от оборудования, выделяющего пары и аэрозоли цианистых, хромовых, фтористых, никелевых соединений, с учетом различия в газоочистных устройст-

вах (аппаратах, абсорбентах), применяемых при наличии этих примесей в отсасываемом воздухе; также от оборудования процессов обезжиривания, выделяющего пары органических растворителей, для обеспечения противопожарной безопасности. Запрещено объединять в общую систему отсосы от ванн, выделяющих цианистые и кислотные соединения, так как при взаимодействии этих веществ образуется цианистый водород. Можно объединять вытяжную вентиляцию от кислотных и щелочных ванн, если после этого отпадает необходимость очистки воздуха от кислот.

Вытяжные системы устраивают централизованными или децентрализованными по принципу, что каждая автоматическая линия должна иметь самостоятельные системы.

3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Для вытяжных систем отсосов воздуха от ванн применяют металлические или винипластовые воздуховоды, прокладываемые по стенам, под перекрытиями, в подпольных каналах. В качестве воздуховодов применяют также кирпичные или бетонные каналы.

Недостатками подпольных каналов являются затруднительность технологической перестановки ванн и сложность организации подпольного хозяйства.

Имели место случаи, когда в результате неудовлетворительной противокислотной изоляции каналы, служившие вытяжными воздуховодами, разрушались, что приводило к распространению в грунте кислотного конденсата и разрушению фундаментов колонн здания.

Нельзя устраивать каналы в просадочных и лессовых грунтах, а также при высоком уровне грунтовых вод.

При большом количестве ванн и станков, требующих местных отсосов, верхняя разводка воздуховодов нежелательна, так как загромождает помещение, затемняет его и может помешать механизации технологических операций. Поэтому рекомендуют устройство подвалов или технических этажей.

Прокладку воздуховодов ведут с уклоном $0,005 - 0,1$ к вентилятору и делают отвод влаги из него через сифонные трубки диаметром $20 - 50$ мм с глубиной водяного затвора 300 мм. Необходимо, чтобы воздуховоды были доступны для осмотра, ремонта и очистки.

Следует учитывать, что в бортовых отсосах и воздуховодах вытяжных систем осаждаются аэрозоли и соли; для очистки от них необходимо предусматривать люки и разборные соединения; стыки и соединения должны допускать промывку воздуховодов водой или специальными растворами.

В подпольных каналах не допускается прокладывать воздуховоды от местных отсосов ванн с органическими растворителями.

Целесообразно устраивать коллекторные системы, которые позволяют увязывать ответвления между собой, облегчают реконструкцию систем при перестановке или добавлении производственного оборудования.

Чтобы избежать выхода загрязненного воздуха через неплотности в напорных участках воздухопроводов, не следует устанавливать после вытяжных вентиляторов шиберы, клапаны и тому подобные устройства. Гибкие вставки должны быть сделаны из прочных материалов в два слоя.

Все воздухопроводы должны быть герметизированы. В малейшие неплотности на участках, находящихся под разрежением, засасывается атмосферный воздух, в результате чего должны быть увеличены подача вентилятора и пропускная способность очистного оборудования. Это приводит к увеличению мощности электродвигателей и расхода электроэнергии. Напорные участки воздухопроводов систем местных отсосов взрывоопасных смесей, а также вредных веществ 1-го и 2-го классов опасности допускается прокладывать через другие помещения только сварными класса "П" без разъемных соединений.

При испытаниях вентиляторов в производственных условиях было выявлено, что значительная часть вентиляторов не создает проектную подачу воздуха вследствие неудовлетворительных условий входа воздуха в вентилятор, вызванных близким расположением фасонных частей сети воздухопроводов. Для учета этого явления следует руководствоваться рекомендациями, разработанными ЦНИИПромзданий [61].

Рекомендации предназначены для расчета гидравлического сопротивления (потерь давления) сложных элементов (диффузоров, конфузоров, колонн, отводов, коробок и некоторых сочетаний этих элементов), расположенных в непосредственной близости от вентилятора: на расстоянии менее $6D_0$ от входного отверстия вентилятора (здесь D_0 — диаметр входного отверстия вентилятора) и на расстоянии менее $3D_h$ от выходного отверстия вентилятора ($D_h = 4F/P$ — гидравлический диаметр выходного отверстия вентилятора; F — площадь сечения и P — периметр выходного отверстия).

В рекомендациях приведены величины снижения КПД вентиляционной установки в результате влияния близко расположенных элементов. Приведена также методика определения характеристики вентиляционной установки.

Подвод воздушного потока к некоторым газо-пылеуловителям осуществляют через сравнительно небольшое входное отверстие. При этом создается неравномерное распределение потока в поперечном сечении аппарата, что приводит к снижению эффективности очистки воздуха (рис. 44) [22].

Для устранения неравномерности распределения воздушного потока следует применять выравнивающие устройства: плавный диффузор с

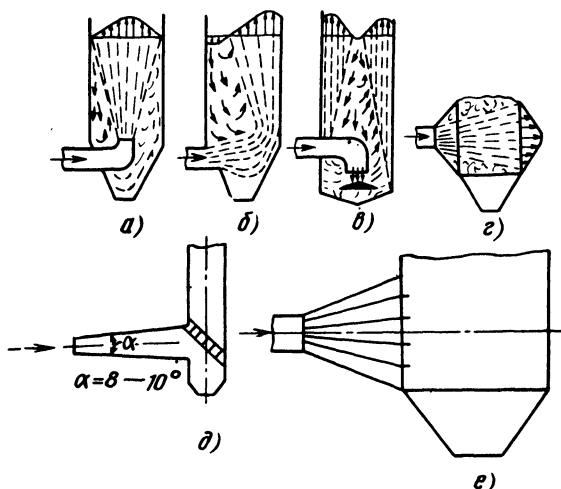


Рис. 44. Распределение потока, подводимого к газо-пылеуловителю:
а, б, в, г — варианты подвода, создающие неравномерность потока; *д* — подвод потока через плавный диффузор с установкой на повороте направляющих лопаток; *е* — подвод потока через короткий диффузор с разделительными стенками

установкой на повороте направляющих лопаток, подвод воздушного потока к аппарату через короткий диффузор с разделительными стенками (рис. 44, *д, е*).

При конструировании газо-пылеуловителей следует вводить сопротивления, равномерно распределенные по сечению (перфорированные листы, спрямляющие решетки, слой сыпучего или кускового материала, несколько последовательно установленных плоских решеток [22].

Для технологических процессов по пп. 9 — 12 и 18 прил. 2 следует предусматривать установку резервных вентиляторов [65].

Должна быть предусмотрена блокировка работы технологического оборудования с действием местных отсосов для предотвращения работы этого оборудования при выключенной вентиляции. Блокировка должна обеспечивать: отключение токоснабжения штанг ванн электрохимической обработки; отключение транспортных средств и механизмов (обрабатываемые детали должны быть выведены из всех ванн); начало технологического процесса при предварительном включении местных отсосов и обеспечение работы последних в течение 5 — 10 мин после окончания работы.

Небольшие вентиляционные камеры можно размещать на антресолях над проездами или вспомогательными помещениями, при этом надо обязательно отгораживать их звукоизолированными стенками и перекрытиями. Камеры можно размещать в специальных вставках между

цехами. Часто камеры располагают в подвале или на техническом этаже.

Не допускается размещать в помещениях подвальных этажей оборудование и воздуховоды приточных и вытяжных систем, обслуживающих помещения и местные отсосы участков категорий А и Б. Недопустима также прокладка таких воздуховодов в подпольных каналах.

Высоту помещения для вентиляционного оборудования следует принимать не менее чем на 0,8 м больше высоты оборудования, но не менее 1,9 м от пола до низа выступающих конструкций перекрытий в местах прохода обслуживающего персонала. Ширину прохода между выступающими частями оборудования, а также между оборудованием и стенами или колоннами следует предусматривать не менее 0,7 м.

Вытяжные вентиляционные агрегаты следует рассматривать как составную часть оборудования, которое они обслуживают. Поэтому не нужно располагать их открыто снаружи здания, где надежная работа их, особенно в зимнее время, не может быть гарантирована вследствие неблагоприятного воздействия атмосферных осадков, климатических условий, усложнения обслуживания.

При большом числе вытяжных агрегатов их следует группировать в вытяжные центры, а воздуховоды от них над кровлей располагать в общих шахтах или галереях. Создание таких центров облегчает обслуживание и улучшает эксплуатацию агрегатов.

4. ЗАЩИТА ВЫТЯЖНЫХ СИСТЕМ ОТ КОРРОЗИИ

Для вентиляционных систем необходимо выбирать материалы воздуховодов, вентиляторов, фильтров и других элементов с учетом их коррозионной стойкости, при этом следует предусматривать мероприятия по защите их от коррозии.

При определении вида и степени агрессивности среды как отсасываемой, так и окружающей, в которой будут находиться воздуховоды и оборудование вентиляционных систем, следует руководствоваться данными о наличии в этой среде агрессивных газов. Например, при травлении черного металла в отсасываемом воздухе могут находиться примеси паров и аэрозолей серной кислоты, сероводорода, сероуглерода, при травлении коррозионно-стойкой стали, цветных металлов — примеси аэрозолей азотной кислоты, малых концентраций оксидов азота, сернистого газа; при хромировании — примеси серного ангидрида.

При отсосе воздуха с большим содержанием влажных газов и водяных паров надлежит устанавливать сифоны или сепараторы для отведения конденсата из воздуховодов и вентиляторов; утеплять воздуховоды и шахты, проходящие в неотапливаемых помещениях и снаружи здания; не допускать наличия выступающих частей или углублений на внутренних стенках воздуховодов, труднодоступных и плохо осушаемых участков, где может скапливаться или задерживаться конденсат.

При отсосе агрессивных газов, паров и пыли необходимо тщательно

изолировать стальные воздуховоды от источников постоянного тока, который в результате утечки может вызвать коррозию блуждающими токами; при прокладке стальных воздуховодов вдоль бетонных каналов и стен нужно оставлять зазор между стенками и воздуховодами не менее 30 мм.

Основным показателем при определении агрессивности газовых сред является влажность среды, так как в сухом состоянии большинство газов менее агрессивно. На это следует обращать особое внимание при конструировании вентиляционных систем. Например, присоединение к системе, отсасывающей от ванн воздух с примесями агрессивных газов, отсосов от ванн с горячей водой может сильно повысить влажность воздуха в воздуховодах и увеличить степень его агрессивности.

Металлические воздуховоды, защищаемые антикоррозионными покрытиями, не должны иметь фальцев, так как перед покрытием воздуховоды предварительно очищают металлическим песком, при этом в фальцевых швах скапливается пыль, препятствующая адгезии, и в последующем защитная пленка лопается вдоль фальцевых соединений. После очистки воздуховоды обрабатывают кислотой, промывают и сушат, при этом в фальцы попадает кислота, создающая очаги коррозии. Поэтому воздуховоды необходимо изготавливать сварными.

Всесоюзным институтом электросварки им. Е.О. Патона совместно с трестами "Сантехдеталь" и "Сибпромвентиляция" был изготовлен и применен на одном из новосибирских заводов специальный сварочный полуавтомат для сварки листовой стали толщиной 0,8 мм и более. Это обеспечивает возможность перехода на технологию изготовления сварных воздуховодов из черной тонколистовой стали вместо фальцевых соединений, трудоемких в изготовлении и имеющих недостаточно надежные соединения.

До покрытия осуществляют предварительную контрольную сборку всех элементов системы. После этого воздуховоды разбирают, на все элементы наносят защитное покрытие, а затем производят окончательную сборку. При этом подрезка или подварка всех элементов воздуховодов с защитным покрытием не допускается.

Антикоррозионные покрытия следует выполнять по специальным проектам. Все известные противокоррозионные защитные покрытия, в том числе гуммированные, практически увеличивают срок службы на короткое время и требуют постоянного восстановления.

При эксплуатации вентиляционных систем, выполненных из углеродистой стали и стали со спецпокрытием, выявлена их недостаточная надежность при работе во многих агрессивных газовойдушных средах. На Московском радиаторном заводе им. Войкова срок службы вентилятора, работавшего на отсосе паров соляной кислоты, оксидов азота и выполненного из углеродистой стали, оказался равным 1 — 1,5 мес., а из коррозионно-стойкой стали — 3 мес. Использование коррозионно-

стойких эпоксидных и других покрытий не привели к значительному увеличению стойкости вентилятора.

К числу коррозионно-стойких материалов относят стали. Однако в средах, содержащих пары серной и азотной кислот, они подвергаются также общей и точечной коррозии, а к парам соляной и плавиковой кислот совершенно нестойки.

В средах, содержащих сернистый газ, пары соляной, серной и азотной кислот, оксидов азота более стойкими, чем коррозионно-стойкая сталь X18H10T, являются титановые сплавы с содержанием Ti более 50 % [10, 80].

Были проведены сравнительные испытания материалов, предназначенных для воздухопроводов системы вытяжной вентиляции серно-кислотных травильных ванн с растворами температурой 60 – 70 °C [20]. Выявлено, что скорость коррозии титанового сплава AT-3 для рассмотренной среды меньше скорости коррозии коррозионно-стойкой стали примерно в 150 раз и скорости коррозии углеродистой стали в 300 раз.

На основании проведенных расчетов был сделан вывод об экономической целесообразности применения титана, несмотря на то, что сплавы титана дороже стали. Дешевле выполнить вентиляционную систему из титанового сплава один раз за несколько лет, чем не один раз в год менять воздухопроводы, выполненные из стали.

Титановые сплавы рекомендуются для применения при перемещении воздуха, содержащего следующие примеси: влажный хлор (количество влаги более 0,005 %); пары растворов хлоридов и щелочей; пары азотной кислоты до температуры 100 °C; оксиды азота (влажные); пары 20 %-ной соляной кислоты при температуре до 60 °C (в случае образования конденсата соляной кислоты концентрация не должна превышать 5 % при температуре не выше 30 °C); сернистый ангидрид (влажный) без примеси тумана серной кислоты при температуре не выше 20 °C; пары 20 %-ной и 95 %-ной серной кислоты при температуре соответственно не выше 60 и 20 °C (в случае образования конденсата его концентрация не должна превышать 5 % при температуре до 30 °C); пары меланжа ($H_2SO_4 + HNO_3$); пары царской водки ($HNO_3 + 3HCl$); гидрат окиси натрия; пары органических кислот (молочной, дубильной, винной); пары фосфорной кислоты (при образовании конденсата концентрация их не должна превышать 30 % при температуре до 30 °C). Титан нельзя применять при перемещении воздуха, содержащего пары фтористо-водородной и плавиковой кислот.

Технически чистый титан марок BT-1-00, BT-1-0 и низколегированные титановые сплавы OT4-0, OT4-1 по механическим свойствам наиболее технологичны.

При толщине листа из титановых сплавов указанных выше марок до 1,2 мм воздухопроводы можно изготавливать с помощью фальцевого соединения, при толщине листа более 1,2 мм – с помощью сварки. Сое-

динения сваривают аргонодуговой сваркой (автоматическая или ручная неплавящимся вольфрамовым электродом).

Ответвления с прямым участком соединяют самонарезающими винтами, изготовленными из титана, с последующей промывкой стыка герметиком или эпоксидным клеем или точечной электросваркой с последующей промазкой стыка герметиком или эпоксидным клеем.

Рекомендуемые толщины листов из титана меньше, чем стальных листов того же диаметра: 0,4 мм вместо 0,55 мм; 0,6 мм вместо 0,7 мм; 0,7 мм вместо 1 мм. Могут быть приняты меньшие диаметры воздухопроводов, так как при их удорожании возрастает экономически наиболее выгодная скорость.

Новым коррозионно-стойким материалом для воздухопроводов систем с агрессивной средой является металлопласт. Металлопласт — это холоднокатаная низкоуглеродистая рулонная или листовая сталь, покрытая с одной или двух сторон поливинилхлоридной (ставинил) или полиэтиленовой (стапен) пленкой.

На заводе "Запорожсталь" освоено производство стального листа с двусторонним покрытием. Рулонная холоднокатаная сталь марки 08ПС покрывается поливинилхлоридной (ПХВ) пленкой ТУ 14-1-1114-74. Ширина рулона 1000 мм, толщина металла 0,5 — 1 мм, толщина пленки 0,3 мм.

Химическая стойкость металлопласта определяется химической стойкостью защитной пленки. Металлопласт в основном устойчив во всех агрессивных средах. Так, например, металлопласт с покрытием из наполненного полиэтилена ВД стоек к среде, содержащей 10 %-ную азотную кислоту, 40 %-ный едкий натр, 94 %-ную серную кислоту, 36 %-ную соляную кислоту, этиловый спирт.

Хранить металлопласт и изделия из него следует в закрытом помещении при температуре 5 — 35 °С, исключая прямое попадание солнечных лучей.

Защитная пленка ПХВ (ТУ 1114-74) относится к категории трудно-сгораемых материалов.

Металлопласт выдерживает все виды обработки, включая штамповку с вытяжкой до 40 %, гибку, резку. Его можно склепывать, склеивать, сверлить, скреплять болтами, как обычные стальные листы. Обработка должна осуществляться при температуре не ниже 10 °С.

Длительная эксплуатация вентиляционных систем с агрессивной средой показала эффективность и целесообразность применения металлопласта.

Наиболее сложной является защита воздухопроводов при перемещении по ним воздуха, содержащего пары плавиковой кислоты.

Стойким к действию плавиковой кислоты является фенопласт марки Т, формируемый из фенолформальдегидной смолы (бакелита) с графитовым наполнителем. Отвержденный фенопласт обладает достаточной

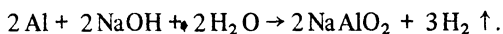
механической прочностью, теплостойкостью (до 160 °С), способностью подвергаться различным видам механической обработки. Вентиляционные детали изготавливают из листового фенопласта с применением клея, так как фенопласт не поддается сварке.

5. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ И ПРОТИВОВЗРЫВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

При устройстве вентиляционных систем должны быть соблюдены противопожарные и противовзрывные требования, содержащиеся в действующих нормах и правилах. Предварительно технологи определяют категории пожароопасности и классы взрывоопасности помещений.

Общесоюзные нормы технологического проектирования ОНТП 05–83 (цехи металлопокрытий предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки, М.: Минавтопром, 1983, 186 с.) содержат указание о том, что участки размерного травления алюминиевых и титановых сплавов характеризуются значительным выделением водорода (п. 9.15). В этом случае необходимо определить количество выделяющегося водорода и ожидаемую концентрацию водорода в воздухе, отсасываемом от ванн.

Травление деталей из алюминия и его сплавов производят в растворе щелочи; реакция происходит по схеме:

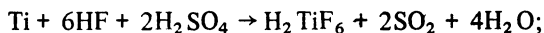
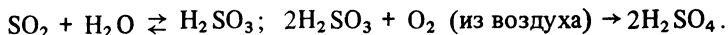


Выделяется водорода на 1 кг растворенного металла:

$$m_{\text{H}} = m_{\text{Al}} K M_{\text{H}} / M_{\text{Al}}; \quad m_{\text{H}} = 1 \cdot 3 \cdot 2,016 / 2 \cdot 26982 = 0,112 \text{ кг};$$

$$V = 0,112 / 0,09 = 1,25 \text{ м}^3 \quad (\text{при нормальных условиях}).$$

Травление деталей из титана и его сплавов производят в водном растворе плавиковой и серной кислот. При взаимодействии плавиковой кислоты с титаном интенсивно выделяется атомарный водород, который диффундирует внутрь металла, вызывая его хрупкость: $2\text{Ti} + 6\text{HF} \rightarrow 2\text{TiF}_3 + 3\text{H}_2$. Чтобы избежать этого, вводят серную кислоту. Реакции происходят по схемам:



Количество серной кислоты остается постоянным, водород не выделяется.

Должны быть предусмотрены мероприятия, устраняющие или предельно уменьшающие возможность образования пожара или взрыва: необходимо применять искрозащищенные или искробезопасные вентиляторы и электродвигатели или использовать эжекционное побуждение, например в системах вытяжной вентиляции участков обезжиривания в органических растворителях. Не следует объединять в одной вытяжной

вентиляционной системе отсосы воздуха с примесями, могущими образовывать воспламеняющиеся смеси (например, вентиляцию от хромовых ванн с вентиляцией от емкостей с ароматическими углеводородами и другими воспламеняющимися растворителями). Необходимо предусматривать устройства для отвода статического электричества (возможно воспламенение пыли вследствие образования статического электричества в процессе полирования). В воздуховодах следует принимать скорости, обеспечивающие транспортирование пыли без ее оседания. Следует применять мокрую очистку воздуха. Нельзя объединять в общую вытяжную систему отсосы от шлифовальных и полировальных кругов.

Вблизи полировальных станков следует устанавливать уловители пыли во избежание устройства протяженных воздуховодов, в которых может произойти загорание пыли.

Известен случай пожара, произошедший на одном предприятии, где полировали хлопчатобумажными кругами с применением пасты ГОИ детали с никелевыми и хромовыми покрытиями. Когда сняли хлопчатобумажный круг, а взамен поставили войлочный, обклеенный абразивным зерном, и начали шлифовать стальные детали, возникли искры, от которых загорелась хлопчатобумажная пыль с пылевидными остатками пасты ГОИ, накопившаяся в вытяжном воздуховоде. Последний раскалился и воспламенил прилегающее к нему деревянное перекрытие.

Необходимо предусматривать мероприятия, уменьшающие последствия от возможного пожара или взрыва и локализирующие начавшийся пожар: нельзя объединять в одну систему воздуховоды, обслуживающие помещения, разделенные брандмаурными стенами; следует применять системы с небольшим числом местных отсосов, иногда отдельную систему на производственный аппарат или агрегат; в пылесборниках необходимо устраивать приспособления для непрерывного удаления задержанной пыли (шнеки, транспортеры и т.п.); вентиляционные камеры рекомендуется изолировать от соседних помещений огнестойкими ограждениями.

В инструкциях по эксплуатации вентиляционных систем должны быть отражены вопросы взрыво- и пожарной безопасности.

6. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ВЫТЯЖНЫХ СИСТЕМ

Внутренние поверхности воздуховодов вытяжных систем покрываются различными отложениями и коррозией, что влечет за собой увеличение коэффициента гидравлического трения и повышение сопротивления трению. В этом случае следует вести аэродинамический расчет с учетом величины K_t , определяемой по формуле [32]:

$$K_t = K_l + at,$$

K_t	С при скорости движения воздуха, м/с									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,25	1,07	1,09	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14	1,15	1,15	1,16
0,5	1,17	1,2	1,23	1,25	1,27	1,28	1,3	1,31	1,32	1,33
1,0	1,32	1,37	1,41	1,44	1,47	1,49	1,51	1,53	1,54	1,56

где K_t — эквивалентная шероховатость воздуховодов через t месяцев эксплуатации, мм; K_l — эквивалентная шероховатость новых воздуховодов, мм (для стальных воздуховодов $K_l = 0,1$ мм); a — коэффициент, характеризующий изменение шероховатости за месяц, мм (для вытяжных систем гальванических цехов при двухсменной работе $a = 0,03 - 0,08$ мм).

Потерю давления на трение следует принимать с поправочным коэффициентом C , приведенном в табл. 24.

Подача вентилятора в первое время будет увеличена; если это недопустимо, то с помощью шибера следует вести дополнительное временное сопротивление у вентилятора.

При подборе вентиляторных агрегатов их подачу следует принимать с запасом, учитывая, что по данным многих заводов фактическая пропускная способность вентиляционных систем на 8 — 12 % ниже проектной. Причинами этого являются недостатки эксплуатации, несоблюдение сроков плановых ремонтов и др. Кроме того, возникает необходимость присоединения вводимого в эксплуатацию дополнительного производственного оборудования.

7. ТРУБЫ ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ

При конструировании вентиляционных выбросов рекомендуется: не устанавливать зонты над трубами; объединять однородные выбросы в общую трубу; применять многоствольные трубы.

Для каждой вытяжной системы устраивают самостоятельные трубы или сборные трубы, общие для нескольких систем с однородными выбросами. Самостоятельные трубы имеют обычно небольшую высоту над кровлей здания. Сборные трубы применяют, если необходимо поднять выбросы на более высокий уровень. Высоту труб определяют расчетом рассеяния в атмосфере вредных примесей.

Чтобы системы не влияли друг на друга в гидравлическом отношении, сборную трубу делят на отсеки или же перед ней устанавливают дополнительный вентилятор, подача которого равна суммарному объему удаляемого воздуха.

Сборные трубы устанавливают на фундамент. В фундаменте делают

колодець для сбора конденсата из удаляемого воздуха и атмосферных осадков, проникающих через открытый конец трубы; воду из колодцев откачивают насосом.

Выбросы через сборную трубу применяют для удаления воздуха системой местных отсосов от ванн гальванопокрытий в корпусе Минского мотовелозавода и на других предприятиях.

8. ИСПЫТАНИЯ И НАЛАДКА ОТСОСОВ И СИСТЕМ

Специфичными в рассматриваемых цехах являются испытание и наладка местных отсосов от ванн. Перед испытаниями и наладкой местных отсосов необходимо установить: типы отсосов и конструктивное оформление бортов ванн; размеры поверхности жидкости каждой ванны; состав раствора и выделяющихся вредных веществ; способ загрузки изделий в ванны и выгрузки их из ванны; расположение рабочих мест; схему организации притока воздуха и скорости выхода воздуха из приточных отверстий; размеры щелей бортовых отсосов; расстояние от поверхности жидкости до борта ванны; площади щелей и открытых проемов в укрытиях ванн.

При испытании местных отсосов необходимо обеспечить: нормальный ход технологического процесса; нормальную работу приточной вентиляции и системы поддува, если она имеется; равномерное распределение скоростей всасывания воздуха по длине щелей бортовых отсосов; равномерную скорость выхода воздуха из воздухораспределителей поддува.

Для каждой ванны должны быть определены температура жидкости в ванне; подвижность воздуха в зоне ванны; объем воздуха, удаляемого отсосом; объем воздуха, подаваемого системой поддува; концентрация вредных веществ в удаляемом воздухе.

Эффективность работы отсосов при установленном объеме удаляемого воздуха должна быть подтверждена результатами анализа воздуха в зоне дыхания на рабочих местах. Эффективность считается достаточной, когда достигнутое содержание вредных веществ на рабочих местах не превышает ПДК.

В тех случаях, когда в помещении имеются другие источники выделения одноименных вредных веществ, которые могут влиять на загрязнение воздуха у ванн, необходимо дополнительно отобрать пробы воздуха на некотором расстоянии от этих рабочих мест для определения фоновой концентрации.

В случае недостаточной эффективности отсосов следует сократить размеры открытых проемов укрытий до минимально необходимых; заделать имеющиеся зазоры между верхней кромкой ванны и кожухом бортового отсоса; установить откидывающиеся козырьки для перевода обычных отсосов в опрокинутые; совместно с технологами принять решение об укрытии поверхности раствора поплавками или пеной; если

ранее это не применено; заменить однобортовой отсос на двубортовой; преобразовать двубортовой отсос в замкнутый; у круглой ванны вместо кольцевого отсоса с вертикальной щелью установить опрокинутый отсос; активизировать отсос поддувающей струей; увеличить объем отсасываемого воздуха.

Полученные в результате испытаний вентиляционных установок скорости воздуха в характерных сечениях местных укрытий и объем удаляемого воздуха сопоставляются с предусмотренными расчетом. Замеренные величины должны отличаться от необходимых только в сторону превышения до 10 %.

Методика отбора проб, производства анализов и расчета концентраций вредных веществ в воздухе изложена в руководстве [31].

Нормативными документами установлена периодичность чистки систем и проверок эффективности их работы.

Годовые нормы проведения чисток вентиляционных систем следующие: вытяжных от гидropескоструйных и дробеструйных камер — 6 раз; от ванн хромирования, меднения — 4 раза; от ванн никелирования, воронения и оксидирования — 3 раза; от ванн травления — 2 раза; приточных установок в полировально-шлифовальном отделении и на участке гидropескоструйных и дробеструйных камер — 2 раза; приточных установок и гальванических и травильных отделениях — один раз.

В соответствии с правилами техники безопасности и производственной санитарии очистка воздухопроводов, обслуживающих полировально-шлифовальные станки, должна проводиться каждую неделю. Щели бортовых отсосов необходимо очищать от щелочи один раз в сутки.

Нормы периодичности проведения технических испытаний и проверки вентиляционных установок: вытяжных — 6 месяцев; приточных — 18 месяцев.

Вентиляционные системы должны подвергаться регулярной санитарно-гигиенической проверке и контролю параметров вентиляции силами вентиляционных служб или санитарных лабораторий предприятий в следующие сроки: в помещениях, где возможно выделение вредных веществ 1-го и 2-го класса опасности — один раз в месяц; в системах местной вытяжной и местной приточной вентиляции — один раз в год; в системах общеобменной и естественной вентиляции — один раз в 3 года [25, п. 1.7].

При санитарно-гигиенической проверке измеряются: концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны; температура, влажность и подвижность воздуха (для работ стоя — на высоте 1,5 м над полом или площадкой, где находится рабочий); скорости и температура потоков воздуха; объем протекающего воздуха; разность давлений; шум и вибрация элементов вентиляционных систем; концентрация вредных веществ в приточном воздухе [25, п. 2.1].

Контроль параметров осуществляется: при измерении скорости и

температуры воздушных потоков — в рабочей зоне, в открытых проемах крытий и рабочих сечениях воздухоприемных устройств, а также в транспортных, монтажных и аэрационных проемах; при измерении объема протекающего воздуха — в воздуховодах общеобменных приточных и вытяжных систем, встроенных в оборудование местных отсосов, и аспирационных укрытиях; при измерении разности давлений — в производственных помещениях относительно соседних помещений или атмосферы; в боксах, кабинах и укрытиях — относительно помещений [25, п. 2.3].

Газоочистные и пылеулавливающие установки должны подвергаться наладке и проверке эффективности не реже одного раза в год, а также после окончания строительства, после реконструкции или капитального ремонта, при изменении технологического режима работы пылегазовыделяющего оборудования, при очевидном снижении эффективности. Они должны подвергаться техническому осмотру для оценки состояния и работоспособности не реже одного раза в три месяца.

ГЛАВА XIII

ПРИМЕРЫ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

1. ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ

Несколько институтов (Гипроавтопром, Гипротракторсельхозмаш, Гипротяжмаш, Укргипромаш, ВНИТИприбор, Оргстанкинпром, Гипроприбор, ГПИ-6) совместно разработали типовые решения отделений (участков) металлопокрытий для различных отраслей машиностроения (технологическую часть и строительный комплекс) [81].

В разделе строительного комплекса дано расположение вентиляционных воздуховодов в увязке с канализационными сетями и другими коммуникациями для различных видов технологического оборудования (автоматов кареточного типа, автоматов автооператорных, неавтоматизированных ванн и др.) при расположении отделений на одном этаже либо при наличии подвала (на двух этажах).

В варианте без подвала воздуховоды вытяжных систем решены в виде подпольных местных каналов, располагаемых вдоль технологических линий и объединяемых в магистральные каналы.

Размеры местных каналов одинаковы: ширина 700 мм, высота 1200 мм, толщина стенок 250 мм. Из этих каналов создано пять типовых сочетаний. В случае непопадания патрубков бортовых отсосов в каналы делают отводы.

Каждую технологическую линию обслуживают самостоятельные ка-

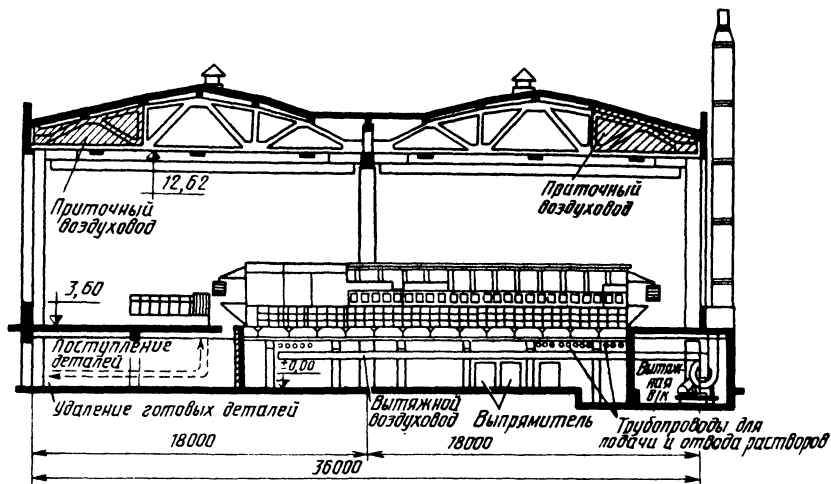


Рис. 45. Поперечный разрез гальванического цеха

налы. При небольшом объеме отсасываемого воздуха в однородных вредных веществах применяют один канал. При разнородных вредных веществах применяют два канала, по одному из них отводят воздух, отсасываемый от ванн с кислыми и щелочными растворами, а по другому — от ванн с цианистыми растворами.

Каждый магистральный канал принят из расчета пропуска $30\,000\text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха с размерами: ширина 1200 мм и высота 1500 мм.

Плиты перекрытия вентиляционных каналов располагают на расстоянии 300 мм от уровня пола, что дает возможность прокладывать над ними поперек различные коммуникации, в том числе канализационные. При наличии подвала предусматривают металлические вытяжные воздуховоды, располагая их на 300 мм ниже потока подвала, в таком же порядке, как в варианте подпольных каналов (рис. 45).

На вытяжных воздуховодах для их промывки делают герметичные люки, расположенные на расстоянии не более 30 м один от другого. В местах возможного скопления растворов для их сбора в воздуховодах устраивают приемки или специальные емкости, на которых жидкость перекачивают передвижным насосом в канализационную сеть.

Разработано несколько вариантов конструктивного выполнения подпольных каналов: стенки и дно каналов могут быть сделаны из кислотоупорного кирпича на цементном растворе с промазкой швов арзамитом; стенки и дно каналов могут быть выполнены из красного кирпича марки 75 на цементном растворе, прошпаклеваны битуминолом и окрашены лаком № 411 дважды; при этом дно канала и нижнюю часть его облицовывают (образуя корыто) керамическими кислото-

упорными или литыми диабазовыми плитками; стенки и дно каналов могут быть выполнены из сборных железобетонных элементов или из монолитного железобетона и с внутренней стороны выложены кислотоупорным кирпичом на битуминоле с прокладкой под ним в три слоя гидроизола.

Во всех случаях плиты, перекрывающие канал, следует прошпаклевать битуминолом и дважды окрасить лаком № 411. В шов между съемными плитами следует заложить просмоленный канат, поверх него налить цементный раствор, а последний сверху покрыть арзамитовой замазкой.

Возможен вариант выполнения канала в железобетоне с облицовкой всех внутренних поверхностей поливинилхлоридным пластиком, приклеенным клеем № 88 или прикрепленным дюбелями.

Место прохода через пол и перекрытие патрубка бортового отсоса выполняют в виде железобетонного стакана, который в помещении облицовывают керамическими плитками по гидроизоляционному материалу.

Дно каналов выполняют с уклоном не менее 0,5 % в сторону прямых, предназначенных для сбора жидкостей.

2. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЦЕХ РАДИОЗАВОДА

Описываемый цех [12] размещен в одноэтажном двухпролетном здании с трехэтажными торцовыми вспомогательными пристройками. Цех укомплектован гальваноавтоматами, размещенными перпендикулярно длинной стороне помещения, с примыканием торцовой части к вытяжной вентиляционной камере, расположенной вдоль зала. Гальваноавтоматы установлены на железобетонных опорах, под которыми ниже рабочих площадок проложены воздухопроводы и другие коммуникации.

Каждый гальваноавтомат имеет встроенные местные отсосы, присоединяемые к трем разделенным по вредным веществам сборным магистральным воздухопроводам, которые выведены к вытяжной вентиляционной камере.

Ванны с цианистыми электролитами имеют укрытие со щелью по длине для прохода автооператора. Прочие ванны имеют боковые отсосы, удаляющие вредные вещества как от ванн, так и от поднятых деталей при переносе их из одной ванны в другую.

Каждый из трех магистральных воздухопроводов гальваноавтомата обслуживается собственным вытяжным вентиляционным агрегатом с непосредственным выхлопом в отдельную на каждый гальваноавтомат выхлопную шахту (или отсек шахты для цианистых аэрозолей).

Напорные участки воздухопроводов от вентиляторов к шахтам проложены снаружи здания в легкоъемных декоративных коробах, в результате чего снижена возможность попадания вредных веществ вследствие

неплотностей фланцевых соединений и других причин в помещение вентиляционной камеры.

Вытяжные шахты — металлические диаметром 1200 мм, гуммированные, с соплами факельных выбросов. Выбросы цианистых и кислотных аэрозолей в плане разнесены более чем на 10 м. Для очистки шахт от отложений предусмотрены специальные герметические лазы с быстро-разъемными соединениями и лестницы с ограждениями для обслуживания лазов. Выбрасываемый воздух очищается от цианистых аэрозолей в двухполочных пенных фильтрах.

Вытяжка из верхней зоны как в рабочее, так и в нерабочее время предусмотрена из высших точек межферменного пространства осевыми вентиляторами в однократном часовом объеме.

Количество приточных вентиляционных камер равно числу гальвано-автоматов, что с помощью системы блокировки обеспечивает соответствие объемов притока и вытяжки при любом числе включенных в работу гальванических автоматов.

Приточные вентиляционные агрегаты установлены в торцовых пристройках зданий и подают воздух непосредственно в перфорированные снизу зашивки межферменного пространства, откуда он направляется на рабочие площадки вдоль окон по длине зала. Ширина каждого короба 6 м, длина равна длине помещения. Перфорированная поверхность выполнена из металлических листов, диаметр отверстий 20 мм, шаг отверстий 70 мм.

Работа приточных систем автоматизирована. Предусмотрена блокировка вытяжных агрегатов с гальваноавтоматами и приточными установками. При выходе из строя любого вытяжного агрегата прекращается подача электропитания на обслуживаемый гальваноавтомат. Вентиляционные установки имеют дистанционный пуск, световую и звуковую сигнализацию нарушения работы.

Отопление цеха — воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией; в торцовых пристройках отопление водяное, осуществляемое местными нагривательными приборами.

3. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЦЕХИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЗАВОДОВ

Цех Ижевского автомобильного завода расположен в пролетах одноэтажного здания; под цехом устроен подвал для размещения коммуникаций, вентиляционных вытяжных систем, фильтров, вытяжных вентиляторов и т.п.; над кровлей здания расположены светоаэрационные фонари (рис. 46).

Для обработки деталей установлены автоматизированные и механизированные линии. Для местной вытяжной вентиляции предусмотрены отдельные системы по характеру выделяющихся веществ: кислотно-щелочные, цианистые, хромовые, пылевые. Ванны снабжены бортовыми отсосами. Местные отсосы присоединены к коллекторам.

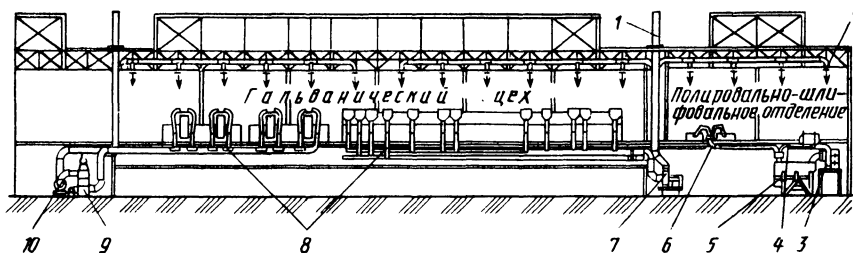


Рис. 46. Гальванический цех Ижевского автозавода:

1 — вентиляционный выброс; 2 — плафоны; 3 — вытяжная система; 4 — коллектор горизонтальный; 5 — гидрофильтр для очистки воздуха, отсасываемого от шлифовально-полировальных станков; 6 — коллектор вертикальный; 7 — вытяжная система; 8 — коллекторы; 9 — фильтры для очистки воздуха, отсасываемого от хромировочных ванн; 10 — вытяжная система

Объемы местной вытяжной вентиляции составляют: от ванн 1 476 000 м³/ч, от шлифовально-полировальных станков 393 000 м³/ч.

Кратности воздухообмена (ч⁻¹) равны: в отделении покрытий 11, в шлифовально-полировальном отделении зимой и в переходный период 7,8, летом 10,7.

Приточные воздуховоды расположены в межферменном пространстве. Выпуск приточного воздуха осуществляется через плафоны вертикальными струями, направленными вниз.

Очистка воздуха, отсасываемого от хромировочных ванн, предусмотрена в насадочно-форсуночных скрубберах, а воздуха, отсасываемого от полировальных и шлифовальных станков — в аппаратах "Гидро-вортекс".

На одном из автомобильных заводов в термогальваническом корпусе двигателей приточные камеры и вытяжные вентиляционные агрегаты расположены в подвале на отметке -10 м; приточные воздуховоды металлические; раздача воздуха осуществляется через круглые перфорированные воздуховоды, проложенные в межферменном пространстве. Выброс воздуха, содержащего кислые, щелочные и цианистые соединения, организован через централизованные трубы диаметром 1,9 м на высоту 33 м от уровня земли. Вытяжные вентиляторы имеют антикоррозионное исполнение, а воздуховоды изготовлены из титана толщиной 0,8 — 1,0 мм.

Цех декоративных гальванопокрытий Московского автомобильного завода им. Ленинского комсомола общей площадью около 30 тыс. м² занимает часть первого и второго этажей главного корпуса, выполненного из железобетонных плит с наружной облицовкой и ленточным остеклением по фасаду. В цехе размещены участки: гальванопокрытий, полирования, шлифования, приготовления электролитов и другие [46].

На участке покрытий установлены автоматические линии: для меднения изделий — состоящие из 17 ванн шириной 1,8 м; для никелирования и хромирования — автоматы "никель — хром", включающие 28 ванн; для анодирования алюминиевых деталей — из 28 ванн шириной 1,2 м. Линия Тамбовского механического завода для обработки мелких деталей в барабанах и на подвесках состоит из 15 ванн шириной 1,5 м. В плане автоматические линии имеют овальную форму и однорядную компоновку ванн.

Ванны оборудованы приборами автоматического контроля и регулирования температуры раствора и автоматической стабилизации плотности тока. Пульты управления размещены в отдельных помещениях с кондиционированием воздуха.

Ванны с вредными растворами оборудованы обычными бортовыми отсосами. На автоматических линиях одной из французских фирм установлены однобортные отсосы со щелями высотой 100 мм. На ванне длиной менее 1,25 м установлена одна секция отсоса, на ваннах большей длины установлены несколько секций с разрывом между ними 1,0 м и более. Длина стандартной секции отсоса 900 мм. На ваннах длиной более 10 м установлены крышки, а отсосы устроены только в местах погружения и выемки деталей. Если в процессе покрытия применяется барботаж, то поверхность раствора покрывается пеной, создаваемой добавкой поверхностно-активного вещества.

На ваннах автоматических линий Тамбовского механического завода и фирмы "Blasberg" (ФРГ) применены двубортные отсосы со щелями высотой до 60 мм, установленные между ваннами; длина отсоса равна ширине ванны. На линиях анодной оксидации фирмы "Blasberg" ванны, в которых протекают наиболее длительные процессы, сопровождающиеся выделением вредных веществ, закрыты крышками, автоматически открывающиеся при загрузке и выгрузке деталей.

Материалом для бортовых отсосов у ванн с кислой средой служит пластик, со щелочной средой — сталь.

На ряде ванн линий фирмы "Parker" предусмотрены отсосы, активированные поддувом воздуха. Со стороны, противоположной бортовому отсосу, установлена труба с мелкими отверстиями, через которые подается воздух в виде струек, направленных поперек ванны. Воздух в трубу нагнетается воздуходувкой под давлением 0,06 — 0,07 МПа. При этом, по данным фирмы "Parker", объем воздуха, удаляемого через бортовой отсос ванны длиной 3,3 м и шириной 1,85 м, должен составлять 9000 м³/ч. Практически бортовыми отсосами поддувочный воздух не улавливается и с ним на соседнюю ванну с хромовым раствором попадают соли никеля, что ухудшает качество покрытия. Поэтому отсос используют без поддува при большом расходе воздуха, а поверхность раствора покрывают пеной.

Один раз в неделю производят чистку бортовых отсосов, вытяжных

воздуховодов и вентиляторов от налипающих осадков. Проверяют также герметичность воздуховодов, которая наиболее часто нарушается в местах фланцевых соединений. Место течи во фланцах или воздуховодах заливают смолой или заклеивают винипластом.

Для очистки воздуха, отсасываемого от хромировочных ванн, установлены насадочно-форсуночные скрубберы.

Полирование на участке ведется хлопковыми полировальными кругами диаметром до 400 мм с применением пасты "ГОИ".

Шлифование на участке осуществляется при помощи шлифовальных кругов из хлопка или войлока с накатанным слоем абразива. Полировальные и шлифовальные круги снабжены кожухами. Кожухи, установленные на станках для ручной обработки деталей, мешали выполнению технологических операций и нарушали безопасность труда. Вследствие этого нижние части кожухов были сняты, после чего скорость всасывания в воздухоприемные отверстия резко уменьшилась и эффективность работы отсоса снизилась. Для достижения необходимой эффективности был увеличен объем отсасываемого воздуха с доведением скорости всасывания до 7,5 м/с.

Для очистки воздуха от пыли перед выбросом в атмосферу системы, отсасывающие воздух от шлифовальных и полировальных станков, должны быть оборудованы аппаратами "Гидровортекс". Эксплуатация этих систем показала, что вентиляционный агрегат Ц4-70 № 10 не может преодолеть сопротивление сети, которое за первый день работы увеличивается от 600 до 1900 Па, за второй и третий дни — до 2130 Па. При этом объем отсасываемого воздуха уменьшается в 2 раза. В связи с этим вентиляторы Ц4-70 № 10 были заменены на дымососы Д-10, способные преодолевать сопротивление сети до 2500 Па.

Приточный воздух в цехе подается в верхнюю зону на уровне 6 м от пола, на участок покрытий — через перфорированные воздуховоды, на участок полирования — щелевыми воздуховодами, на участок шлифования — двухструйными воздухораспределителями типа ВДШк-6.

Приточные центры размещены на отметке 0,00 у наружной стены и собраны из типовых секций КД-200.

4. ТРАВИЛЬНЫЕ ОТДЕЛЕНИЯ

На Московском метизном заводе "Пролетарский труд" очистка воздуха, отсасываемого от серно-кислотных травильных ванн, проводилась в пенных аппаратах ПГС-ЛТИ-23 при добавлении к воде известкового молока [28]. На решетках аппаратов обрабатывались трудноудаляемые отложения, которые закрывали отверстия для прохода воздуха; пропускная способность системы снижалась, эффективность очистки резко падала.

Для улучшения работы системы в корпусах пенных аппаратов были установлены пакеты из винипластовых сеток с отверстиями диаметром

2,5 мм при количестве их около 88 300 на 1 м² сетки. В пакетах чередовались плоские и гофрированные (с высотой гофра 1,4 мм и шагом 5 мм) сетки в количестве 8. Пакеты устанавливались на месте решеток под углом 5° к горизонтали. Площадь фильтрации в корпусе аппарата составила 3,2 м². Начальная концентрация аэрозолей серной кислоты равнялась 11 – 13 мг/м³, скорость фильтрации 1,3 м/с. Гидравлическое сопротивление пакета чистых сеток составило 150 Па, а через 15 – 20 суток достигало 300 – 400 Па. Эффективность очистки в течение всего рабочего периода составила 90 – 93 %. Регенерация фильтра осуществлялась промывкой пакета сеток водой, для чего через лаз пенного аппарата в него подавали воду шлангом в течение 15 – 20 мин.

ГЛАВА XIV

ЭКОНОМИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Ориентировочный расчет показал, что в целом по стране на долю гальванических цехов приходится около 500 млн. м³/ч вентиляционного воздуха, соответственно годовых расходов электроэнергии около 1,2 млрд. кВт и теплоты на нагрев этого воздуха в холодный период года около 11 млрд. МВт [58]. Из этого следует, что экономия ресурсов имеет существенное значение.

Внедрение рациональных мероприятий (технологических, строительных, санитарно-технических) позволяет не только оздоровить условия труда и защитить атмосферу от загрязнения вредными веществами, но и, как правило, существенно сократить капитальные и эксплуатационные затраты.

Расходы всех ресурсов находятся в прямой зависимости от объемов вентиляционного воздуха, которые определяются в основном объемами воздуха, удаляемого через местные отсосы от производственного оборудования. Поэтому все мероприятия, приводящие к снижению этих объемов, способствуют экономии ресурсов.

На рассматриваемые цехи целесообразно распространить требования п. 5.6 СН-119-70 ("Указания по строительному проектированию предприятий зданий и сооружений химической промышленности") о том, что если воздухообмен, принятый по расчетным данным, превышает 10-кратный, то в этом случае в технологической части проекта следует предусматривать дополнительные мероприятия по снижению количества выделяющихся в процессе производства вредных веществ в помещении или другие мероприятия, предотвращающие их распространение по всему помещению.

Технологи должны применять прежде всего зависящие от них мероприятия и, в частности, менее вредные технологические процессы; менее токсичные растворы; укрытие ванн крышками или козырьками; укрытие поверхности растворов поплавками, пеной и т.п.

Следует учесть, что укрытие поверхности растворов поплавками и пеной, уменьшая необходимый объем отсасываемого воздуха, снижает расход теплоты на нагрев приточного воздуха и электроэнергии, расходуемой вытяжными и приточными системами. Кроме этого, укрытие поверхности нагретых растворов значительно уменьшает потери теплоты, отдаваемой поверхностями растворов воздуху помещения (до 50 %).

Эффективность этих мероприятий увеличивается при одновременном применении обоих способов.

Следует применять наиболее экономичные вентиляционные устройства: опрокинутые или замкнутые бортовые отсосы; отсосы, активированные поддувом воздуха, что особенно важно, когда воздух подлежит очистке от вредных веществ перед выбросом его в атмосферу.

При конструировании системы для снижения расхода электроэнергии следует добиваться наименьших сопротивлений протеканию воздуха в ней.

Длина воздуховодов должна быть минимальной: они не должны иметь неоправданных изгибов и колен; должны быть предусмотрены отводы с наибольшими радиусами, а в коленях — направляющие лопасти; необходимо применять воздуховоды круглого сечения; при неизбежности применения воздуховодов прямоугольного сечения отношение сторон должно быть таким, чтобы сопротивление было минимальным; переходы с прямоугольного сечения на круглое следует выполнять возможно более плавными, угол их расширения должен быть не более 20° .

У вентилятора со стороны нагнетания необходимо предусмотреть хорошо развитый диффузор с углом раскрытия, близким к 17° . За этим диффузором не должно уменьшаться сечение воздуховода, включая вытяжную трубу. Это обеспечивает использование динамической составляющей полного давления, создаваемого вентилятором, и снижает общий расход энергии. Диффузор следует раскрывать в направлении движения потока воздуха в корпусе вентилятора. Раскрытие диффузора в противоположном направлении приводит к излишнему расходу энергии.

Сужение вытяжной трубы, применяемое для увеличения высоты выброса вытяжного воздуха, приводит к увеличению динамического давления на выходе, которое полностью теряется. Экономически выгоднее увеличить высоту трубы, чем иметь постоянные потери энергии, связанные с увеличением динамического давления.

При установке резервного вентилятора каждый вентилятор на входе и на выходе должен иметь надежные, легкоуправляемые отсечные устройства. Без соблюдения этого условия основной вентилятор не будет

забирать воздух из системы, а воздух будет перекачиваться через тракт резервного вентилятора.

Чтобы затраты ресурсов были минимальными, необходимо пересматривать принимавшиеся ранее традиционные технические решения. Так, не следует объединять в общие системы отсосы от ванн, воздух которых требует очистку, с отсосами от ванн, воздух которых не требует очистки (например, от ванн горячей промывки), если после объединения остается необходимость в очистке воздуха.

При выборе пылегазоочистного оборудования следует отдавать предпочтение фильтрам, встроенным в бортовые отсосы, а также конструкциям, которые создают наименьшие аэродинамические сопротивления. К ним относятся, например, волокнистые фильтры, винипластовые сетки, ионитные фильтры, в которых относительно низкая скорость фильтрования ($0,1 - 0,2$ м/с) создает низкое аэродинамическое сопротивление.

В процессе эксплуатации фильтров с перегородками постепенно возрастает их аэродинамическое сопротивление, которое приобретает первоначальное значение после очередной промывки фильтра. Поэтому более частая промывка фильтров позволяет работать при меньших сопротивлениях и, следовательно, при меньшем расходе электроэнергии.

Следует предусматривать использование тепловых вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), в том числе содержащихся в воздухе, удаляемом системами местной и общеобменной вентиляции.

Применительно к гальваническим цехам могут быть использованы теплоутилизационные системы с промежуточным теплоносителем.

При выполнении расчетов и конструировании таких систем следует руководствоваться "Временными рекомендациями по проектированию систем утилизации тепла удаляемого воздуха (системы с промежуточным теплоносителем) 904-02-10", утвержденными в 1981 г. Главстройпроектом Госстроя СССР.

Должна быть проведена оценка технико-экономической эффективности использования утилизации теплоты по методике, разработанной ЦНИИПромзданий [62]. Оценка проводится путем сравнения с аналогом, в качестве которого принимается система подогрева приточного воздуха от внешнего источника тепла. При равной экономичности технических решений (в пределах $\pm 5\%$) следует принимать решение, обеспечивающее меньший расход топлива.

Если нет экономии по сравнению с аналогом, то для заданных условий, при существующих технических и стоимостных характеристиках оборудования и ценах на энергоносители, применение утилизации теплоты экономически невыгодно и потому нецелесообразно.

Экономия ресурсов достигается при использовании рециркуляции вытяжного воздуха.

На рис. 47 приведена автоматизированная вентиляционная система

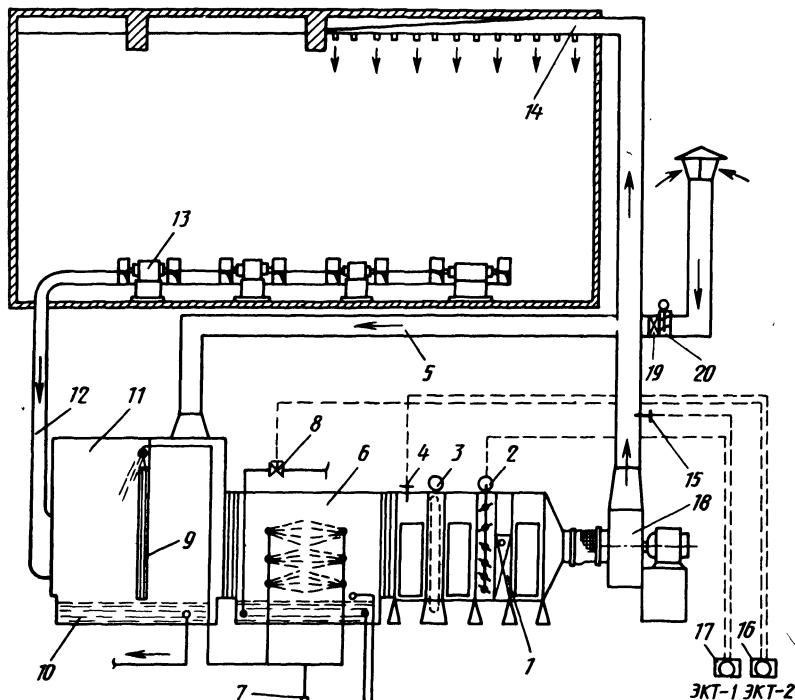


Рис. 47. Автоматизированная вентиляционная система:

1 – секция подогрева; 2 – двустворчатый клапан; 3 – масляный самоочищающийся фильтр; 4 – термобаллон датчика; 5 – воздухопровод наружного воздуха; 6 – промывная камера; 7 – насос; 8 – соленоидный вентиль; 9 – пылеулавливающая решетка; 10 – поддон камеры очистки; 11 – камера очистки воздуха от пыли; 12 – вытяжной воздухопровод; 13 – полировальный станок; 14 – приточный воздухохораспределитель; 15 – термобаллон датчика; 16, 17 – электроконтактные термометры; 18 – вентилятор; 19 – калорифер; 20 – утепленный клапан

с рециркуляцией воздуха, отсасываемого от полировальных станков, которая была установлена на Ленинградском оптико-механическом заводе [64].

Запыленный воздух в объеме $28\,000\text{ м}^3/\text{ч}$ по воздухопроводу 12 поступает в камеру грубой очистки 11, где при падении скорости воздуха от 14 до 1 м/с выпадают крупные фракции пыли. Далее воздух проходит через решетку 9, выполненную по принципу красколовушки окрасочных камер. Пыль, налипающая на решетку, смывается водой, поступающей сверху через форсунки, установленные над решеткой. Расход воды около $1,5\text{ м}^3/\text{ч}$.

В камеры грубой очистки поступает наружный воздух в объеме 12 000 м³/ч. Смесь наружного и рециркуляционного воздуха направляется в промывную камеру кондиционера 6 для промывки воздуха от мелкой пыли и одновременного его охлаждения до температуры точки росы. После промывной камеры воздух проходит через масляный самоочищающий фильтр 3, в котором происходит окончательная очистка воздуха от пыли.

Анализ показал, что на рабочих местах в воздухе содержится 0,66 мг/м³ пыли, в рабочей зоне на высоте 1,5 м от пола — 0,33 мг/м³; в приточном воздуховоде пыль не обнаружена; при анализе хром также не обнаружен.

Площадь, занимаемая оборудованием системы, 36 м². Капитальные затраты составили 6500 р., годовая экономия — 3000 р.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ

Вещество	Агрегатное состояние	Класс опасности	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³		
			в рабочей зоне производственных предприятий	в атмосферном воздухе населенных мест	
				максимально разовая	средне-суточная
Азота оксид NO	п	2	30	0,6	0,06
Азота оксид NO ₂	п	2	2	0,085	0,04
Азотная кислота HNO ₃	п	2	5	0,4	0,15
Ацетон	п	4	200	0,35	0,35
1, 2 дихлорэтан (ДХЭ, хлористый этилен). CH ₂ ClCH ₂ Cl	п	2	10	3	1
Кармид оксид	а	1	0,1	—	—
Калия гидрооксид КОН	а	2	2	—	—
Марганца оксид MgO ₂	а	2	0,3	—	0,01
Мышьяковистый водород (арсин) AsH ₃	п	2	0,1	0,06	0,002
Натрия гидрооксид NaOH	а	2	0,5	—	—
Никель, оксиды никеля	а	2	0,05	—	0,001
Никеля растворимые соли (в пересчете на Ni)	а	1	0,005	—	0,0002
Озон O ₃	п	1	0,1	—	0,03
Пыль нетоксичная	—	3	10	0,5	0,15
Свинец и его неорганические соединения, кроме тетраэтил-свинца (в пересчете на Pb)	а	1	0,01	—	0,0003

Вещество	Агрегатное состояние	Класс опасности	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³		
			в рабочей зоне производственных предприятий	в атмосферном воздухе населенных мест	
				максимально разовая	средне-суточная
Серы оксид SO ₂	п	3	10	0,5	0,05
Серы оксид SO ₃	а	2	1	0,5	0,05
Серная кислота H ₂ SO ₄	а	2	1	0,3	0,1
Сероводород H ₂ S	п	2	10	0,008	0,008
Сульфид CS ₂	п	2	1	0,03	0,005
Уксусная кислота CH ₃ COOH	п	3	5	0,2	0,06
Фосфороводород PH ₃	п	1	0,1	0,01	0,001
Фтороводород HF	п	2	см. п. 2 гл. II		
Фтористоводородной кислоты соли	а	2			
Хлорводород (соляная кислота) HCl	п	2	5	0,2	0,2
Хрома оксид Cr ₂ O ₃	а	2	1	—	—
Хрома оксид CrO ₃	а	1	0,01	0,0015	0,0015
Циановодород, соли синильной кислоты (в пересчете на HCN)	п	2	0,3	—	0,01
Цинка оксид ZnO	а	2	0,5	—	0,05
Этилендиамин (CH ₂ NH ₂) ₂ O	п	3	2	—	—
Тетрахлорэтилен C ₂ Cl ₄	п	2	10	0,5	0,06
Трихлорэтилен H ₃ C ₂ Cl ₃	п	3	10	4	1

Условные обозначения: п — пары или газы; а — аэрозоли.

**Удельное количество вредных веществ, выделяющихся
от гальванических ванн m_s и коэффициент C_{tox}**

№ по пор.*	Технологический процесс гальванопокрытия	Определяю- щее вредное вещество	m_s , мг/ (с·м ²)**	C_{tox}
1	Электрохимическая обработка металлов в растворах, содержащих хромовую кислоту в концентрации 150 – 300 г/л, при электрической нагрузке на ванну $I \geq 1000$ А (хромирование, анодное декапирование, снятие меди и др.)	Хромовый ангидрид	10	2
2	То же, в растворах, содержащих хромовую кислоту в концентрации 30 – 60 г/л (электрополировка алюминия, электрополировка стали и др.)	То же	2	1,6
3	То же, в растворах, содержащих хромовую кислоту в концентрации 30 – 100 г/л, при электрической нагрузке на ванну $I < 500$ А, а также химическое оксидирование алюминия и магния (анодирование алюминия, магниевых сплавов и др.)	”	1	1,25
4	Химическая обработка стали в растворах хромовой кислоты и ее солей при температуре $t > 50$ °С (пассивация, травление, снятие оксидной пленки, наполнение в хромпике и др.)	Хромовый ангидрид	$5,5 \cdot 10^{-3}$	1
5	Химическая обработка металлов в растворах хромовой кислоты и ее солей при $t < 50$ °С (осветление, пассивация и др.)	То же	0***	0****
6	Химическая обработка металлов в растворах щелочи (оксидирование стали, химическая полировка алюминия, рыхление окалины на титане, травление алюминия, магния и их сплавов и др.) при температуре раствора:	Щелочь		
	выше 100 °С		55	1,25
	ниже 100 °С		55	1,6
7	Электрохимическая обработка металлов в растворах щелочи (анодное снятие шлама, обезжи-		11	1,6

№ по пор.*	Технологический процесс гальванопокрытия	Определяющее вредное вещество	m_s , мг/ (с·м ²)**	C_{tox}
	ривание, лужение, снятие олова, оксидирование меди, снятие хро-ма и др.)			
8	Химическая обработка металлов, кроме алюминия и магния, в растворах щелочи (химическое обезжиривание, нейтрализация и др.) при температуре раствора: выше 50 °С ниже 50 °С	Щелочь	0*** 0***	1 0****
9	Кадмирование, серебрение, золочение и электродекапирование в цианистых растворах	Цианистый водород	5,5	2
10	Цинкование, меднение, латунирование, химическое декапирование и амальгамирование в цианистых растворах	То же	1,5	1,6
11	Химическая обработка металлов в растворах, содержащих фтористоводородную кислоту и ее соли	Фтористый водород	20	1,6
12	Химическая обработка металлов в концентрированных холодных и разбавленных нагретых растворах, содержащих соляную кислоту (травление, снятие шлама и др.)	Хлористый водород	80	1,25
13	Химическая обработка металлов, кроме снятия цинкового и кадмиевого покрытий, в холодных растворах, содержащих соляную кислоту до 200 г/л (травление, декапирование и др.)	То же	0,3	0****
14	Электрохимическая обработка металлов в растворах, содержащих серную кислоту в концентрации 150 — 350 г/л, а также химическая обработка в концентрированных холодных и нагретых разбавленных растворах (анодирование, травление, снятие никеля, серебра, гидридная обработка титана и др.)	Серная кислота	7	1,6
15	Меднение, лужение, цинкование и кадмирование в серно-кислых растворах при температуре 50 °С, а также химическое декапирование	То же	0***	0****

№ по пор.*	Технологический процесс гальванопокрытия	Определяющее вредное вещество	m_s , мг/(с·м ²)**	C_{tox}
16	Химическая обработка металлов в концентрированных нагретых растворах и электрохимическая обработка в концентрированных холодных растворах, содержащих ортофосфорную кислоту (химическая полировка алюминия, электрополировка стали, меди и др.)	Фосфорная кислота	5	1,6
17	Химическая обработка металлов в концентрированных холодных и разбавленных нагретых растворах, содержащих ортофосфорную кислоту (фосфатирование и др.)	То же	0,6	1,25
18	Химическая обработка металлов в разбавленных растворах, содержащих азотную кислоту (осветление алюминия, химическое снятие никеля, травление, декапирование меди, пассивация и др.) при концентрации раствора:	Азотная кислота и оксиды азота		
	выше 100 г/л	-	3	1,25
	ниже 100 г/л	-	0***	0****
19	Никелирование в хлоридных растворах при плотности тока 1 – 3 А/дм ²	Растворимые соли никеля	0,15	2
20	Никелирование в сульфатных растворах при плотности тока 1 – 3 А/дм ²	То же	0,03	1,6
21	Меднение в этилендиаминном электролите	Этилендиамин	0***	1,0
22	Кадмирование и лужение в кислых электролитах с добавкой фенола	Фенол	0***	1,0
23	Крашение в анилиновом красителе	Анилин	0***	1,0
24	Промывка в горячей воде при температуре более 50 °С	Пары воды	—	0,5
25	Безвредные технологические процессы при наличии неприятных запахов, например, аммиака, клея и др.	—	—	0,5

*Номер позиции по данной таблице должен быть приведен в технологическом задании на вентиляцию.

****Значения m_s приведены при номинальной загрузке ванны для расчета максимальных разовых концентраций. Для определения среднесуточных значений m_s (в виде аэрозоля) следует учитывать коэффициент загрузки оборудования. При определении необходимости очистки вентиляционных выбросов и выборе очистных устройств следует учитывать выпадение аэрозоля на внутренних стенках отсосов и воздуховодов.**

*****Количество выделяющихся вредных веществ незначительно и при расчете вентиляционных выбросов может не учитываться.**

******Местный отсос не требуется. Только при наличии воздушного перемешивания раствора местный отсос необходим ($C_{tox} = 0,5$).**

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Парциальное давление паров HCl над водными растворами HCl, Па

Содержание, %	Температура раствора, °C							
	0	5	10	15	20	25	30	35
2	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	0,1	0,2
6	—	—	—	—	0,1	0,18	0,3	0,5
8	—	—	—	0,14	0,24	0,4	0,7	1,1
10	—	0,1	0,2	0,3	0,5	0,9	1,5	2,4
12	0,13	0,23	0,4	0,7	1,2	1,9	3,1	4,9
14	0,3	0,55	1,0	1,6	2,6	4,2	6,7	10,4
16	0,75	1,3	2,1	3,5	5,7	9,1	14,1	21,7
18	1,8	3,0	4,9	8,0	12,7	19,7	30,4	46
20	4,2	6,9	11,2	17,6	27,3	42,7	64	96
22	9,8	15,9	25,0	39,2	60,0	90,7	136	200
24	23,3	36,9	57,3	88	133,3	199	289	419
26	54,7	85,3	130,7	196	289	427	608	867
28	133,3	203	303	448	653	940	1320	1840
30	320	476	697	1013	1413	2013	2800	3813
32	760	1107	1573	2240	3133	4333	5933	7999
34	1747	2506	3520	4906	6733	9133	12 266	16 265
36	3866	5466	7519	10 399	14 065	18 932	25 065	32 797
38	8399	11 599	15 599	21 065	27 998	36 930	47 996	61 995
40	17 232	23 465	31 064	40 930	53 195	68 661	83 593	110 657
42	33 730	44 263	57 328	74 660	94 525	119 990	—	—
44	67 994	87 326	111 990	—	—	—	—	—
46	125 323	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение прил. 3

Содержание, %	Температура раствора, °C								
	40	45	50	60	70	80	90	100	110
2	—	0,1	0,2	0,5	1,3	3,3	7,7	17,6	37,3
4	0,3	0,5	0,9	2,2	5,4	12,7	28,0	61,3	124
6	0,8	1,4	2,2	5,3	12,5	27,5	58,7	122,7	237

Содержание, %	Температура раствора, °C								
	40	45	50	60	70	80	90	100	110
8	1,8	2,9	4,6	10,8	24,4	52,0	109,3	219	413
10	3,8	6,0	9,2	20,9	46,7	97,3	197	387	720
12	7,7	12,1	18,1	40,7	88	179	353	680	1240
14	16,1	24,7	36,7	80	167	333	640	1200	2133
16	32,9	50,0	73,3	156	320	621	1173	2146	3733
18	68,7	102,7	148	307	607	1147	2093	3733	6399
20	141,3	207	295	587	1133	2080	3746	6533	11036
22	291	419	589	1147	2173	3906	6933	11999	19465
24	600	853	1187	2253	4133	7266	12532	20932	33730
26	1227	1693	2333	4333	7799	13332	22531	36797	58128
28	2546	3520	4760	8533	14932	25065	41196	65728	101325
30	5253	7066	9466	16532	27731	45329	72261	112657	—
32	10799	14256	18799	31731	51996	83060	129322	—	—
34	21465	28131	36397	59995	95992	—	—	—	—
36	42930	55462	71327	114657	—	—	—	—	—
38	79727	101058	127323	—	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—
42	—	—	—	—	—	—	—	—	—
44	—	—	—	—	—	—	—	—	—
46	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Парциальное давление паров H_2O над водными растворами HCl , Па

Содержание, %	Температура раствора, °C								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
6	557	805	1127	1560	2120	2906	3880	5253	6746
10	512	736	1027	1427	1947	2666	3573	4733	6266
14	452	655	927	1287	1747	2400	3213	4253	5613
18	383	561	789	1101	1507	2053	2746	3666	4853
20	349	511	720	1000	1373	1880	2533	3346	4440
22	311	453	643	900	1240	1680	2280	3040	4026
24	273	405	575	804	1107	1520	2053	2720	3613
26	235	347	495	695	961	1327	1800	2400	3200
28	200	299	428	605	843	1167	1573	2106	2813
30	168	253	364	517	721	1003	1360	1827	2453
32	139	209	303	433	607	849	1160	1560	2093
34	113	172	249	360	508	713	976	1327	1800
36	91	137	200	292	413	588	811	1111	1520
38	71	108	160	233	335	480	671	923	1269
40	55	84	125	183	267	384	545	757	1047
42	41	64	96	141	208	307	437	613	860

Содержание, %	Температура раствора, °C							
	45	50	60	70	80	90	100	110
6	8826	11466	18532	29331	44396	65594	95325	—
10	8199	10666	17332	27198	41330	61728	90259	127989
14	7373	9599	15465	24665	36397	56662	83326	118923
18	6386	8333	13599	21598	33064	49862	73327	104391
20	5813	7599	12466	19998	30664	45996	67994	97192
22	5306	6933	11412	18398	28131	42263	62261	89326
24	4760	6226	10266	16532	25864	38663	56795	81460
26	4226	5533	9199	14932	23065	34797	51729	73860
28	3720	4866	8093	13199	20532	31197	46529	66528
30	3240	4266	7133	11666	18132	27598	41330	59195
32	2800	3693	6199	10199	15999	24531	36664	52796
34	2413	3200	5400	8866	13865	21465	32397	47329
36	2053	2720	4640	7599	11999	18665	28264	41463
38	1733	2320	3946	6546	10332	15999	24265	35464
40	1427	1933	3333	5613	8973	13999	21065	30664
42	1187	1613	2826	4773	7626	11892	17998	25998

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Парциальное давление паров H_2O над водными растворами H_2SO_4 , Па

Температура, °C	Содержание H_2SO_4 в растворе, %							
	10	20	25	30	35	40	45	50
0	584	536	496	457	408	340	276	207
5	840	783	711	659	587	492	399	301
10	1173	1073	995	921	831	696	559	425
15	1640	1507	1400	1287	1153	969	780	600
20	2213	2053	1907	1760	1573	1327	1080	827
25	2986	2773	2586	2373	2106	1800	1453	1127
30	4000	3706	3466	3173	2826	2400	1960	1507
35	5346	4960	4666	4253	3813	3240	2626	2053
40	7053	6479	6079	5560	4973	4240	3466	2706
45	9079	8439	7866	7293	6479	5466	4400	3560
50	11799	10959	10226	9506	8399	7186	5959	4693
55	15065	14132	13092	12132	10692	9199	7666	6066
60	19065	17732	16532	15465	13599	11639	9733	7733
65	23731	22265	20798	19332	16932	14665	12306	9826
70	29731	27598	25998	23998	21198	18398	15465	12332
75	36530	34130	31997	29597	26398	22798	19198	15332
80	44930	41863	39330	36397	32531	28131	23865	19065
85	55062	51329	47996	44396	39997	34797	28131	23731
90	66394	62395	58262	53862	49196	42530	36130	28931
95	81060	77327	70794	65728	59995	51996	44663	35730
100	95992	90392	84926	78660	71994	63195	53995	43463

Темпе- ратура, °C	Содержание H_2SO_4 в растворе, %								
	55	60	65	70	75	80	85	90	95
0	144	92	51	20	8	1,3	0,5	—	—
5	213	137	75	32	12	3	0,9	—	—
10	301	195	107	45	17	5,3	1,5	—	—
15	425	273	153	68	27	8	2,3	—	—
20	591	383	215	96	37	10,7	3,5	0,7	—
25	820	529	299	137	55	16	5,3	1,1	—
30	1105	721	412	192	77	24	8	1,3	—
35	1493	985	564	267	109	36	12	2,7	—
40	1973	1313	755	367	152	51	17	4,0	—
45	2600	1733	1013	497	209	72	24	5,3	0,5
50	3466	2333	1360	689	293	103	35	8,0	0,8
55	4493	3026	1787	919	393	141	49	10,7	1,2
60	5733	3906	2480	1216	531	196	68	16	1,7
65	7346	5026	3026	1360	707	267	95	23	2,7
70	9279	6399	3866	2080	936	357	128	32	4,0
75	11 599	8026	4933	2706	1235	480	175	44	5,3
80	14 399	10 039	6266	3466	1600	636	236	60	8,0
85	18 132	12 572	7959	4453	2080	847	316	83	12
90	22 265	15 599	9946	5666	2666	1107	419	109	16
95	27 331	19 198	12 359	7186	3426	1440	560	149	23
100	33 730	23 731	15 199	8933	4266	1853	720	199	32

Парциальное давление паров HNO_3 над водными растворами HNO_3 , Па

Температура, °C	Содержание HNO_3 в растворе, %													
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
0	—	—	—	—	—	—	—	—	25	54,7	105,3	267	733	1467
5	—	—	—	—	—	—	—	18,7	37,3	80,0	149	400	1067	2000
10	—	—	—	—	—	—	16,0	28,0	54,7	114,7	211	533	1467	2933
15	—	—	—	—	—	13,3	24,0	41,3	78,7	161	291	800	2000	4000
20	—	—	—	—	—	20,0	36,0	60	112	224	400	1067	2666	5600
25	—	—	—	—	16,0	30,7	41,2	88	161	309	547	1400	3600	7599
30	—	—	—	12,0	22,7	44,0	74,7	124	221	423	733	1867	4800	10266
35	—	—	—	17,3	33,3	64,0	106,7	173	304	568	973	2466	6266	13599
40	—	—	14,7	26,7	48,0	90,7	151	243	413	760	1287	3266	8266	17732
45	—	12,0	22,7	37,3	69,3	128	209	333	560	1007	1680	4266	10666	22665
50	—	17,3	33,3	56,0	100	180	291	455	757	1333	2200	5466	13732	28664
55	12,0	24,0	46,7	78,7	139	244	393	605	993	1707	2800	6933	16932	34930
60	17,3	37,3	68,0	113,3	197	339	540	820	1320	2240	3613	8933	20932	42663
65	25,3	53,3	94,7	157,3	273	463	728	1091	1733	2893	4600	11332	25598	51329
70	36,0	72	133,3	217,3	373	620	967	1427	2240	3666	5773	14132	30931	61328
75	50,7	103	184	301	507	827	1280	1853	2906	4666	7266	17332	37597	71994
80	70,7	140	249	409	680	1087	1667	2400	3666	5800	8999	21065	45063	83326
85	98,6	192	337	553	911	1427	2173	3066	4640	7266	11066	25598	53995	95992
90	135	260	451	733	1200	1827	2786	3920	5826	8999	13732	30664	63995	109324
95	183	349	604	976	1560	2373	3573	4973	7333	11132	16665	37064	75994	—
100	249	467	807	1293	2066	3066	4560	6266	9266	13732	20265	43996	89992	—

Парциальное давление паров H_2O над водными растворами HNO_3 , Па

Содержание HNO_3 , % (по массе)	Температура раствора, °C						
	10	20	30	40	60	80	100
20	1067	2025	3680	6333	17 065	40 930	89 992
30	947	1760	3173	5466	15 065	35 597	77 327
40	773	1440	2600	4466	11 999	29 064	63 995
50	560	1053	1920	3333	9333	22 665	51 062
60	400	867	1373	2413	6799	16 799	37 997
70	293	547	987	1707	4706	11 466	25 598
80	160	320	533	933	2666	6399	14 399
90	—	—	—	320	867	2133	4666

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Парциальное давление паров H_2O над водными растворами KOH , Па

Температура раствора, °C	Содержание KOH в растворе, % (по массе)				
	10	20	30	40	49
10	1147	1067	973	867	747
18	1933	1787	1640	1453	1267
20	2186	2026	1853	1653	1440
22	2466	2293	2106	1867	1627
24	2786	2600	2373	2106	1840
25	2960	2760	2520	2240	1947
26	3146	2933	2680	2386	2066
28	3546	3293	3013	2693	2333
30	3960	3693	3373	2986	2626
32	4440	4133	3786	3360	2960
34	4960	4626	4226	3760	3320

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Парциальное давление паров H_2O над водными растворами NaOH , Па

Температура раствора, °C	Содержание NaOH в растворе, %			
	10	25	50	75
5	813	707	—	—
10	1227	960	—	—
15	1693	1347	613	—

Температура раствора, °C	Содержание NaOH в растворе, %			
	10	25	50	75
20	2108	1800	813	307
25	3146	2466	1147	453
30	3813	3333	1587	613
35	5120	4333	2173	960
40	6573	5573	2960	1307
45	8573	7319	3973	1800
50	11 092	9519	5120	2466
60	19 838	14 919	8813	4453
70	28 478	23 811	14 212	7719
80	43 570	36 104	22 771	12 892
90	63 648	53 342	35 344	20 772
100	92 579	76 993	53 342	32 451

ПРИЛОЖЕНИЕ 10.

Парциальное давление паров HF и H₂O над водными растворами HF, Па

Концентрация HF, % (по массе)	<i>p</i> HF	<i>p</i> H ₂ O	Концентрация HF, % (по массе)	<i>p</i> HF	<i>p</i> H ₂ O
<i>t</i> = 25 °C			<i>t</i> = 60 °C		
0	0	3173	0	0	19918
2,0	6,4	3128	2,23	48,8	19585
3,96	11,6	3050	4,12	89,3	19278
6,02	17,5	2973	6,15	137,3	18785
9,86	34,1	2816	9,06	228,0	18092
12,8	50,7	2745	12,0	322,6	17039
14,6	60,3	2609	15,0	452,0	16439
16,8	70,3	2516	17,9	620,0	15545
19,88	102,9	2384	20,9	818,6	14559
24,9	170,7	2053	26,5	1409,2	12692
29,0	253,3	1803	29,5	1780,0	11492
<i>t</i> = 40 °C			<i>t</i> = 75 °C		
0	0	7373	0	0	38543
2,0	15,3	7213	1,96	87,9	37650
4,21	30,8	6999	4,2	185,3	36664
6,1	45,7	6933	6,2	285,3	35970
10,38	86,8	6533	9,0	456,0	34677
12,33	110,7	6319	11,9	658,6	33704
14,0	142,7	6213	15,2	960	31597
16,8	188,0	5853	17,45	1216	30517
21,0	281,3	5346	20,9	1660	27158
24,12	393,3	4973	26,7	2861	24411
28,9	607,9	4266	29,7	3673	22265

1. Альховская В.И., Грибанова В.И., Лукашев В.А. Мероприятия по охране воздушного бассейна / Оздоровление воздушной среды на предприятиях и воздушного бассейна г. Москвы. М.:МДНТП, 1974. С. 79 – 85.
2. Аппарат для очистки аспирационного воздуха ванн электрохимического обезжиривания / Н.И. Ершова, И.Г. Каменщиков, Б.И. Мягков, И.А. Оськина // Промышленная и санитарная очистка газов. М.:ЦИНТИхимнефтемаш, 1979, № 3. С. 9 – 10.
3. Аширов А. Ионнообменная очистка сточных вод и газов. Л.:Химия, 1983. 295 с.
4. Батурин В.В. Основы промышленной вентиляции. М.:Профиздат, 1965. 608 с.
5. Бортовые отсосы с фильтрующими элементами для травильных и гальванических ванн / И.Г. Каменщиков, М.И. Кириш, Б.И. Мягков и др. // Промышленная и санитарная очистка газов. М.:ЦИНТИхимнефтемаш. 1979. № 3. С. 7 – 8.
6. Бошняков Е.Н. Местные отсосы с приточной воздушной стенкой // Водоснабжение и санитарная техника. 1975. № 3. С. 11 – 15.
7. Ванны для подготовки поверхности и нанесения гальванических, химических и аноднооксидных покрытий: Типовые решения / ВПО "Союзлитмаш, ЦКБ ОГ. М.:ВНИИ информации и технико-экон. исследований по машиностроению и роботехнике, 1985. 224 с.
8. Вентиляторы: Отраслевой каталог. М.:ЦНИИТЭстроймаш, 1985. 366 с.
9. Волокнистый фильтр для очистки аспирационного воздуха ванн хромирования / И.Г. Каменщиков, Б.И. Мягков, И.А. Оськина и др. // Промышленная и санитарная очистка газов. М.:ЦИНТИхимнефтемаш. 1976. № 5. С. 11 – 12.
10. Временные рекомендации по применению титановых сплавов в вентиляционных системах. М.:ГПИ "Сантехпроект" и ВНИПИтитана, 1979. 49 с.
11. Газоочистные аппараты сухого и мокрого типов: Каталог. М.:ЦИНТИхимнефтемаш, 1984. 92 с.
12. Гершанович И.В. Технические решения отопления и вентиляции автоматизированного гальванического цеха // Обмен опытом в радиопромышленности. М.:НИИ экономики и информации по радиоэлектронике, 1970. С. 18 – 19.
- ✓ 13. Глушков Л.А. Вентиляция травильных мастерских. Свердловск – Москва: Металлургиздат, 1949. 94 с.
- ✓ 14. Градус Л.Я., Костриков В.И. Характеристика вентиляционных выбросов гальванических производств и методы их определения. М.:ЦИНТИхимнефтемаш, 1981. 32 с.
15. Градус Л.Я., Попов Ю.А. Характеристика и способы обезвреживания выбросов участков механической обработки материалов на машиностроительных заводах. М.:ЦИНТИхимнефтемаш, 1983. 51 с.
16. Гримитлин М.И. Распределение воздуха в помещениях. М.:Стройиздат, 1982. 164 с.
17. Гримитлин М.И., Хватов Г.Ю. Оснащение оборудования местными отсосами – одно из основных направлений экономии энергоресурсов // Повышение энергетической эффективности систем вентиляции и КВ. Л.:ЛДНТП, 1985. С. 23 – 26.
18. Дасоян М.А., Пальмская И.Я. Оборудование цехов электрохимических покрытий. Л.:Машиностроение, 1979. 287 с.
19. Допустимые выбросы радиоактивных и вредных химических веществ в атмосферу / Е.Н. Теверовский, Н.Е. Артемова, А.А. Бондарев. М.:Энергоатомиздат, 1985. 216 с.

20. Желтков А.Н., Никитина З.В. Результаты сравнительных испытаний различных материалов для воздухопроводов в системах аспирации паров кислот / Аспирационные системы. М.: МДНТП, 1977. С. 117 – 118.
21. Иваницкая М.Ю. Унос вредных веществ с поверхности гальванических ванн в приемные отверстия бортовых отсосов: / Сборник трудов ЦНИИПромизданий, 1974. № 37. С. 45 – 56.
22. Идельчик И.Е. О равномерном распределении потока, подводимого к промышленным аппаратам / Промышленная вентиляция. Сборник 1. М.:МДНТП, 1962. С. 108 – 117.
23. Инструкция по испытанию и наладке вентиляционных устройств. М.:ЦБТИ Минстроя РСФСР, 1960. 128 с.
24. Инструкция по нормированию расхода материалов для гальванических покрытий металлов для предприятий станкостроительной и инструментальной промышленности. М.:НИИМАШ, 1977. 119 с.
25. Инструкция по санитарно-гигиеническому контролю вентиляции производственных помещений. № 1893 – 78. М.:Минздрав СССР, 1978. 42 с.
26. Инструкция по определению состава вентиляционных выбросов гальванических цехов. М.:Управление газоочистки, НИИОгаз, 1981. 32 с.
27. Исследование гидродинамики и массопередачи в аппаратах с кольцевой псевдоожиженной насадкой. М.:НИИТЭХИМ, 1979. 40 с.
28. Казанский В.В., Вильденберг А.П., Остапкевич Л.А., Степанкина А.М. Очистка аспирационного воздуха от тумана серной кислоты / Промышленная и санитарная очистка газов. М.:ЦИНТИхимнефтемаш, 1982. № 3. С. 9 – 10.
29. Карпушинский Н.С., Скрыбин П.М. Вентиляция травильного отделения Запорожского метизного завода с ваннами больших размеров / Строительство и архитектура. Серия 7. Проектирование отопительно-вентиляционных систем и систем водоснабжения и канализации. М.:ВНИИС Госстроя СССР, 1981. Вып. 1. С. 3 – 5.
30. Козлов В.В. Очистка вентвыбросов от примесей гидридных газов / Обеспыливание воздуха: Межвузовский сборник научных трудов. Ростов-на-Дону: РИСИ, 1980. С. 29 – 31.
31. Контроль за выбросами в атмосферу и работой газоочистных установок на предприятиях машиностроения: Практическое руководство / Н.Г. Булгакова, А.С. Василевская, Л.Я. Градус и др. М.:Машиностроение, 1984. 128 с.
32. Крупкин Г.Я. Влияние отложений и коррозии на сопротивление вентиляционных воздухопроводов / Промышленная вентиляция. Л.:ЛДНТП, 1967. С. 41 – 46.
33. Кузьмина Л.В., Кругликова А.М. Сосредоточенная подача воздуха в цеха с промышленными ваннами / Совершенствование техники безопасности и производственной санитарии. М.:Профиздат, 1980. С. 76 – 81.
34. Кузьмина Л.В., Кругликова А.М. Влияние подвижности воздуха помещения на работу бортовых отсосов у промышленных ванн / Охрана труда в промышленности. М.:Профиздат, 1980. С. 85 – 90.
35. Лейкин И.Н. Рассеивание вентиляционных выбросов химических предприятий. М.:Химия, 1982. 224 с.
36. Линник В.А., Пекшев П.Ю. Современная техника газотермического нанесения покрытий. М.:Машиностроение, 1985. 128 с.
37. Луговский С.И., Зайцев Г.Б. Снижение энергетических затрат на вентиляцию гальванических цехов / Отопление и вентиляция: Межвузовский сборник научных трудов. Куйбышев:Куйбышевский Гос. ун-т, 1984. С. 11 – 13.
38. Лукьянова Г.Г., Самсонова Т.А., Ляковская О.П. Современные методы очистки вентиляционных выбросов от вредных газообразных веществ / Повышение качества и эффективности вентиляции на предприятиях стройиндустрии. Пенза, ПДНТП, 1982. С. 53 – 54.

39. Макарова Н.А., Лебедева М.А., Набокова В.Н. Металлопокрытия в автомобилестроении. М.:Машиностроение, 1977. 294 с.

40. Маркин В.А. Применение замкнутых опрокинутых бортовых отсосов на ваннах хромирования: Реферативный сборник. Серия "Технология и автоматизация производственных процессов". Вып. 1, М.:ЦНИИТракторсельхозмаш, 1972. 36 с.

41. Мезенцев А.П. Опыт эксплуатации фильтров для очистки вентиляционных выбросов / Новое в проектировании и эксплуатации систем промышленной вентиляции. Л.:ЛДНТП, 1986. С. 76 – 83.

42. Мильгром Д.Г., Косых В.Н., Печенежская Л.А. Опыт наладки и эксплуатации установок очистки воздуха от химических вредных веществ / Промышленная и санитарная очистка газов. М.:ЦИНТИхимнефтемаш, 1983. № 1. С. 13 – 14.

43. Михайлова И.А. Опрокинутые бортовые отсосы при круглых гальванических и термических ваннах / Воздушные струи и завесы. М.:МДНТП, 1971. С. 44 – 51.

44. Мягкой О.Н., Красова Л.Н., Дорохова Н.Н. Обезвреживание аэрозолей азотной кислоты в отходящих газах гальванических производств полотноными натрий-катионитовыми фильтрами ВИОН КН-1 / Защита окружающей среды и техника безопасности в гальваническом производстве. М.:МДНТП, 1982. С. 111 – 114.

45. Мягков Б.И., Каменщиков И.Г., Резник Ф.Б. Очистка вентвоздуха гальванических ванн / Промышленная и санитарная очистка газов. М.:ЦИНТИхимнефтемаш, 1978. 48 с.

46. Неверовская И.О., Середнева И.С. Вентиляция в цехе декоративных гальванопокрытий автомобильного завода им. Ленинского комсомола / Вентиляция на московских промышленных предприятиях. М.:МДНТП, 1979. С. 23 – 29.

47. Отопление и вентиляция. Ч. II. Вентиляция / В.Н. Богословский, В.Н. Новожилов, Б.Д. Симаков, В.П. Титов. Под ред. В.Н. Богословского. М.:Стройиздат, 1976. 439 с.

48. Определение концентрации вредных примесей в воздухе, удаляемом бортовыми отсосами от гальванических ванн / Шепелев И.А., Иваницкая М.Ю., Масберг Ю.Н., Кононова Г.А. / Кондиционеры. Калориферы. Вентиляторы. Вып. 1. М.:ЦНИИТЭСтроймаш, 1971. 80 с.

49. Очистка вентиляционных выбросов от различных вредных примесей / В.Н. Земченков, Б.В. Козлов, В.Н. Щербаков и др. М.:ЦНИИ "Электроника", 1977. 76 с. (Обзоры по электронной технике. Сер. 7. Технология, организация производства и оборудование. Вып. 7 (485)).

50. Очистка газов в производстве фосфора и фосфорных удобрений / Э.Я. Тарат, О.Г. Воробьев, О.С. Балабеков и др. М.:Химия, 1979. 208 с.

51. Павлинова И.Б. К теории вентиляционных воздушно-струйных укрытий и источников вредных выделений / Водоснабжение и санитарная техника. 1968. № 4. С. 10 – 13.

52. Посохин В.Н. Расчет местных отсосов от тепло- и газовыделяющего оборудования. М.:Машиностроение, 1984. 160 с.

53. Посохин В.Н., Бройда В.А. Методика расчета активированных отсосов / Водоснабжение и санитарная техника. 1979. № 5. С. 12 – 13.

54. Правила техники безопасности и производственной санитарии при производстве металлопокрытий. М.:ОРГТрансстрой, 1975. 27 с.

55. Правила техники безопасности и производственной санитарии при нанесении металлопокрытий. Л.:ЦНИИ технологии судостроения и ВНИИОТ ВЦСПС, 1973. 60 с. (№ 74038–77–71).

56. Правила технической эксплуатации газоочистных и пылеулавливающих установок. М.:Госинспекция газоочистки, 1979. 29 с. (Утверждены 22 мая 1978 г.).

57. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: Справочник / Г.П. Беспамятнов, Ю.А. Кротов. Л.:Химия, 1985. 528 с.

58. **Резник Ф.Б.** Вентиляция цехов гальванопокрытий // Экономика, проектирование и организация гальванических цехов. М.:МДНТП, 1981. С. 52 – 59.
59. **Рекомендации по выбору и расчету систем воздухораспределения.** М.: ГПИ "Сантехпроект", 1979. 68 с. (Серия АЗ–669).
60. **Рекомендация по расчету вентиляционных выбросов от ванн хромирования и цианистых ванн гальванических цехов.** Н-8010/1. М.:Проектпромвентиляция, 1971. 7 с.
61. **Рекомендации по расчету гидравлических сопротивлений сложных элементов систем вентиляции.** М.:Стройиздат, 1981. 32 с. (ЦНИИПромзданий).
62. **Рекомендации по определению экономической эффективности систем обеспечения микроклимата при использовании вторичных энергоресурсов.** М.: ЦНИИПромзданий, 1986. 50 с.
63. **Репин Г.Н., Афанасьев Р.Ф.** Итоги и перспективы гигиенического нормирования производственного микроклимата // Гигиена и санитария, 1985. № 6. С. 16 – 19.
64. **Ривкин Л.А., Лившиц И.М.** Автоматизированная вентиляционная установка от полировальных станков: Передовой опыт производства. Л.:ЛДНТП, 1962. Плакат.
65. **Руководство по проектированию отопления и вентиляции предприятий машиностроительной промышленности. Гальванические и травильные цехи.** М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя, 1980. 20 с.
66. **Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра.** М.: Стройиздат, 1978. 224 с.
67. **Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий** СН 245-71. М.:Стройиздат, 1972. 96 с.
68. **Санитарные правила организации технологических процессов и гигиенические требования к производственному оборудованию.** № 1042–73. М.:Минздрав СССР, 1974. 30 с.
69. **Сенкевич Э.Ф.** Методические рекомендации по расчету и проектированию сушильного оборудования газового обогрева с очисткой выбросов. Минск, ОНТЭИ СКБ-3, 1974. 63 с.
70. **Серебряный Л.А.** Безопасность труда при нанесении гальванических покрытий. М.:Машиностроение, 1980. 70 с.
71. **Серпионова Е.Н.** Промышленная адсорбция газов и паров. М.:Высшая школа, 1969. 416 с.
72. **Современные технические средства защиты воздушного бассейна от загрязнений.** М.:ЦИНТИхимнефтемаш, 1981. 168 с.
73. **Сорин Е.Е.** Технические разработки ПИ "Проектпромвентиляция", защищенные авторскими свидетельствами // Наладка и проектирование систем промышленной вентиляции и кондиционирования воздуха. М.:ЦБНТИ ММСС, 1971. С. 116 – 126.
74. **Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. II / Под ред. И.Г. Старовойтова.** М.:Стройиздат, 1978. 509 с.
75. **Столер В.Д., Савельев Ю.Л.** Расчет передовок над травильными ваннами // Проектирование отопительно-вентиляционных систем и систем водоснабжения и канализации. Вып. 8 (124). М.:ЦИНИС Госстроя СССР, 1977. С. 3 – 11.
76. **Столер В.Д., Савельев Ю.Л., Иванов Ю.А.** Критерий эффективности локализирующих свойств воздушно-струйных укрытий: Известия высших учебных заведений. Сер. "Строительство и архитектура". 1979. № 3. С. 90 – 95.
77. **Строительные нормы и правила. СНиП 2.04.05-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование.** М.:Госстрой СССР, 1987. 61 с.
78. **Строительные нормы и правила. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника.** М.:Стройиздат, 1982. 40 с.
79. **Тарапата А.И., Бобров О.Г., Батраков Г.Н.** Установка адсорбционной очист-

ки газовых выбросов / Охрана окружающей среды и очистка промышленных выбросов. М.:НИИТЭХИМ. 1985. № 2. С. 4 – 6.

80. Таубкина В.А., Гольцфельд В.Э. Применение титана для изготовления оборудования и воздухопроводов промышленной вентиляции: Реферативная информация о передовом опыте. Сер. VI. Вып. 8 (102). М.:ЦБНТИ ММСС, 1976. С. 10 – 11.

81. Типовые решения отделений, участков металлопокрытий для различных отраслей машиностроения. ОМТРМ 7201-002-68. М.:НИИМАШ, 1968. 226 с.

82. Толочко А.И., Филиппов В.И., Филиппов О.В. Очистка технологических газов в черной металлургии. М.:Металлургия, 1982. 280 с.

83. Турбулентно-контактный абсорбер ТКА-5: Реферативная информация о передовом опыте. Сер. VI. Вып. 7 (113). М.:ЦБНТИ ММСС, 1977. С. 12.

84. Турбулентно-контактный абсорбер (ТКА) для очистки вентиляционных выбросов от паров кислот и щелочей. Передовой производственный опыт: Межотраслевой реферативный сборник. Сер. Т7. М.:ВНИИ межотраслевой информации (ВИМИ). 1979. № 2. С. 10 – 11.

85. Тыр С.Г. Пенный ингибитор для кислотного травления металлов / Черная металлургия. № 17 (829). М.:Черметинформация, 1978. С. 53 – 54.

86. Указания по проектированию воздушно-тепловой защиты для локализации холодных потоков воздуха, проникающих через неплотности в притворах ворот. Л.:ВНИИОТ ВЦСПС, 1970. 19 с.

87. Хазанов И.С. Устройство и техническое обслуживание вентиляционных установок в цехах металлопокрытий машиностроительных заводов. М.:ЦНИИТЭ-строймаш, 1980. 17 с.

88. Халимон И.И., Смушкевич А.И., Борисов Н.И. и др. Исследование выбросов вытяжных вентиляционных систем гальванических цехов машиностроительных предприятий / Очистка воздуха в промышленных зданиях. М.:ЦНИИПромзданий, 1980. С. 106 – 111.

89. Шепелев И.А. Взаимодействие приточной струи и местного отсоса / Водоснабжение и санитарная техника, 1965. № 3. С. 1 – 3.

90. Шепелев И.А. Теоретическое обоснование действия бортовых отсосов / Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М.:ЦНИИПромзданий. 1974. № 37. С. 33 – 39.

91. Шепелев И.А., Абдыгаппаров К.С. Теория и расчет конденсаторов, встраиваемых в местные отсосы от паровыделяющих аппаратов: М.:ЦНИИПромзданий. Труды. Вып. 41, 1976. С. 80 – 84.

92. Эльтерман Е.М., Эльтерман Л.Е. Эксплуатация вентиляционных систем химических производств. Л.:Химия, 1986. 112 с.

93. Юдеев А.В., Юдеев Ю.А. Изготовление и монтаж воздухопроводов для агрессивной среды. М.:Стройиздат, 1983. 176 с.

Предисловие	3
Глава I. Воздушная среда помещений гальванических цехов	5
1. Требования к санитарно-гигиеническому состоянию воздушной среды	5
2. Загрязнители воздушной среды	7
3. Механизм образования и определение масс выделяющихся вредных веществ	9
Глава II. Выделение вредных веществ в гальванических цехах	15
1. Сведения о выделяемых вредных веществах	15
2. Технологические мероприятия, уменьшающие выделение вредных веществ	19
3. Применение поплавков	22
4. Применение пенообразователей	23
Глава III. Удаление вредных веществ, выделяющихся от ванн, через местные отсосы	24
1. Укрытия ванн	24
2. Вытяжные шкафы	28
3. Бортовые отсосы	28
4. Панельные отсосы	41
Глава IV. Воздушно-струйные укрытия ванн	42
1. Область применения	42
2. Укрытие полуограниченной плоской струей, совмещенное с щелевым отсосом	42
3. Укрытие неограниченной плоской струей, совмещенное с щелевым отсосом	45
4. Компактные струи, совмещенные с боковым отсосом	47
5. Воздушное укрытие, совмещенное с кольцевым отсосом	48
6. Система поддува	50
Глава V. Общеобменная вентиляция помещений ванн	51
1. Вытяжная вентиляция	51
2. Приточная вентиляция	53
Глава VI. Вентиляция разных участков и вспомогательных помещений	55
1. Участок очистных камер	55
2. Шлифовально-полировальный участок	56
3. Галтовочный и крацовочный участки	58
4. Участок газотермического нанесения покрытий	58
5. Участок приготовления растворов	61
6. Помещения для хранения и расфасовки химикатов	61
7. Машинное отделение источников постоянного тока	62
8. Помещения для оборудования очистки сточных вод	62

Глава VII. Отопление	63
1. Гигиенические требования к микроклимату помещений	63
2. Принципы устройства отопления	64
3. Требования к строительной части здания	66
4. Инфильтрация наружного воздуха	66
5. Удельные показатели	70
Глава VIII. Очистка отсасываемого воздуха от вредных веществ	70
1. Общие принципы	70
2. Пылеулавливание	72
3. Осаждение аэрозолей	74
4. Конденсация паров	74
Глава IX. Очистка отсасываемого воздуха от вредных веществ абсорбцией и фильтрацией	75
1. Абсорбенты	75
2. Пенные аппараты	76
3. Абсорбер с подвижной шаровой насадкой	79
4. Абсорбер с подвижной кольцевой насадкой	80
5. Волокнистые фильтры	82
6. Встроенные фильтры	87
7. Абсорбционные волокнистые фильтры ФАВ	90
8. Ионитные фильтры	93
9. Рукавные фильтры	97
Глава X. Обезвреживание отсасываемого воздуха адсорбцией, термокатализом	98
1. Адсорбционная очистка	98
2. Термокаталитическая очистка	100
Глава XI. Рассеяние в атмосфере вредных веществ	101
Глава XII. Устройство вентиляционных систем	105
1. Требования к системам	105
2. Компоновка систем	105
3. Конструктивные решения	106
4. Защита вытяжных систем от коррозии	109
5. Противопожарные и противозрывные мероприятия	113
6. Особенности расчета вытяжных систем	114
7. Трубы для вентиляционных выбросов	115
8. Испытания и наладка отсосов и систем	116
Глава XIII. Примеры технических решений	118
1. Типовые решения	118
2. Гальванический цех радиозавода	120
3. Гальванические цехи автомобильных заводов	121
4. Правильные отделения	124
Глава XIV. Экономия материальных и энергетических ресурсов	125
Приложения	130
Приложение 1. Предельно допустимые концентрации вредных веществ	130

<i>Приложение 2.</i> Удельное количество вредных веществ, выделяющихся от гальванических ванн m_3 и коэффициент токсичности C_{tox}	132
<i>Приложение 3.</i> Парциальное давление паров HCl над водными растворами HCl, Па	135
<i>Приложение 4.</i> Парциальное давление паров HCl над водными растворами HCl, Па	136
<i>Приложение 5.</i> Парциальное давление паров H_2O над водными растворами H_2SO_4 , Па	137
<i>Приложение 6.</i> Парциальное давление паров HNO_3 над водными растворами HNO_3 , Па	139
<i>Приложение 7.</i> Парциальное давление паров H_2O над водными растворами HNO_3 , Па	140
<i>Приложение 8.</i> Парциальное давление паров H_2O над водными растворами KOH, Па	140
<i>Приложение 9.</i> Парциальное давление паров H_2O над водными растворами NaOH, Па	140
<i>Приложение 10.</i> Парциальное давление паров HF и H_2O над водными растворами HF, Па	141
Список литературы	142

Производственное издание

Елинский Илья Исаакович

**ВЕНТИЛЯЦИЯ И ОТОПЛЕНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Редактор *В.И. Яковлева*
Обложка художника *З.Г. Хохловой*
Художественный редактор *В.Д. Лыськов*
Технический редактор *Г.Г. Семенова*
Корректор *Г.Л. Сафонова*
Оператор *В.И. Копылова*

ИБ № 5625

Сдано в набор 20.04.88.	Подписано в печать 10.05.89.	Т-04802.
Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная № 2.	Гарнитура Пресс Роман.
Печать офсетная.	Усл. печ. л. 8,84.	Усл. кр.-отт. 9,07.
Тираж 14 100 экз.	Уч.-изд. л. 10,37.	Цена 50 к.
	Заказ 1650	

Ордена Трудового Красного Знамени издательство "Машиностроение",
107076, Москва, Стромынский пер., 4

Отпечатано в московской типографии № 9 НПО "Всесоюзная книжная палата"
Госкомиздата СССР 109033, Москва, Волочаевская ул., 40 с оригинала-макета,
изготовленного в издательстве "Машиностроение" на наборно-пишущих машинах