

детали, за которые можно поднимать данные элементы с помощью различных грузоподъемных устройств.

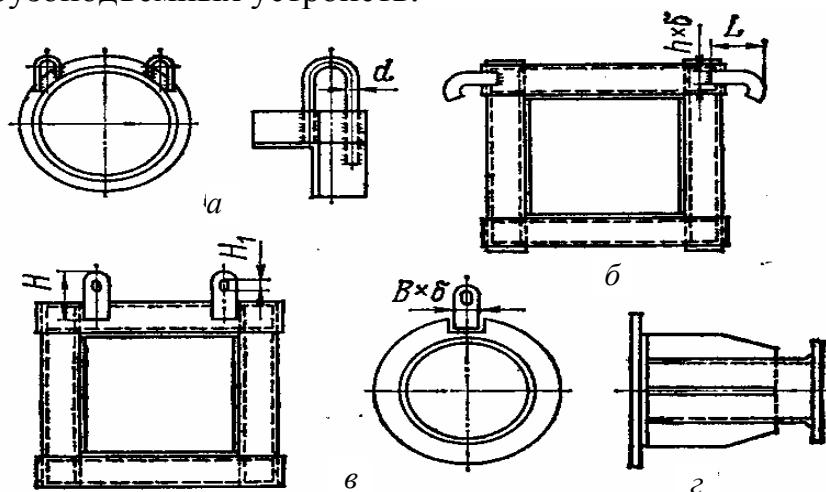


Рис. 3.53. Такелажные детали:
а – скобы; б – крюки; в – серьги; z – цапфы

Для установки тяжелых аппаратов и реакторов также используют монтажные штуцера.

3.2.8. Люки, патрубки и штуцера для установки контрольно-измерительных приборов и замеров

Для проведения различных измерений к стенке газохода в измерительном сечении привариваются патрубки (штуцера) длиной 20...50 мм, диаметром не менее 36 мм для ввода напорных и пылезаборных трубок, диаметром не менее 20 мм – для ввода термометров (или термопар), диаметром 4 мм – для измерения статического давления (разрежения). Патрубки закрывают завинчивающимися крышками (рис. 3.54). Но чаще всего в газоходах пробивается пробоотборное отверстие, которое потом заклеивается скотчем или закрывается брезентом (см. рис. 3.55), стеклотканью и другими материалами и герметизируется двумя хомутами. Часто пробоотборное отверстие вообще не закрывается, считая, что подсос и выхлоп воздуха через него незначителен.

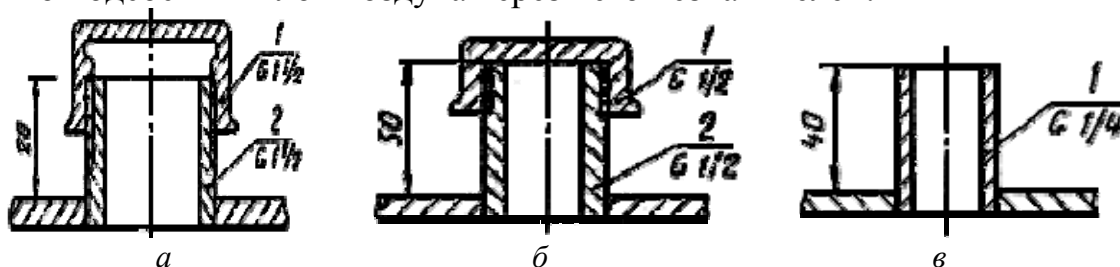


Рис. 3.54. Штуцера: а – для измерения скорости и запыленности газа; б – для измерения температуры газа; в – штуцер для измерения статического давления газа; 1 – крышка; 2 – газоход;

3.2.9. Опоры газопроводов

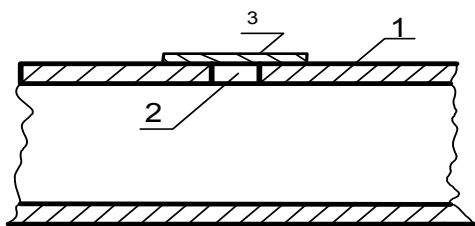


Рис. 3.55. Пробоотборное отверстие:
1 – газопровод; 2 – отверстие; 3 – накладка

Способы крепления воздуховодов выбирают в зависимости от их положения (горизонтальное, вертикальное), размеров и массы и от типа строительных конструкций, к которым крепится воздуховод (перекрытия, кирпичные, бетонные, железобетонные и металлические конструкции).

Крепления (хомуты, подвески, опоры и др., подробнее смотри в гл. 5), как правило, следует устанавливать до начала монтажа воздуховодов.

Иногда опоры могут быть скользящие, жесткие, с катками и для газопроводов и трубопроводов в изоляции. На рис. 3.56 показан вариант седла (скользящая опора), на который укладывается ствол. Принцип действия различных опор виден из рис. 3.57–3.61.

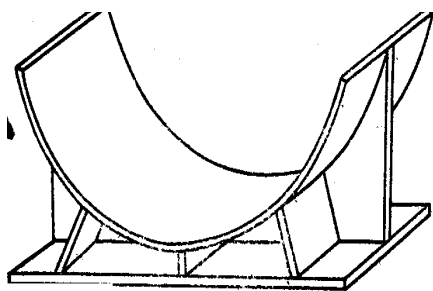


Рис. 3.56. Вид седла

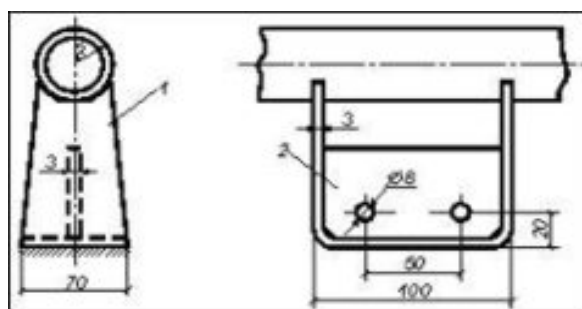


Рис. 3.57. Опора скользящая

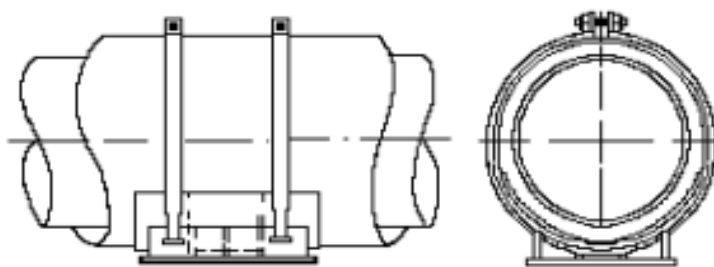


Рис. 3.58. Опора для трубопроводов в изоляции

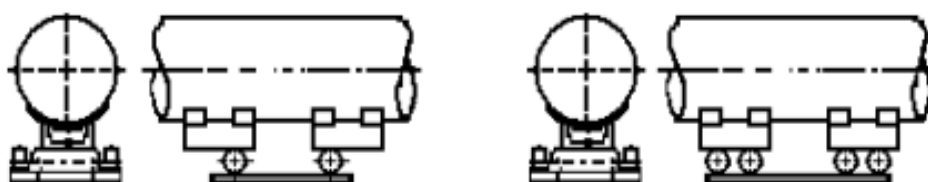


Рис. 3.59. Опоры однокатковые и двухкатковые



Рис. 3.60. Опора салазковая

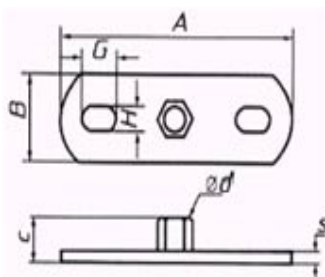


Рис. 3.61. Опора с гайкой

3.2.10. Ревизионные люки

Для проведения работ по инспекции, очистке и дезинфекции систем вентиляции, кондиционирования воздуха, аспирации и пневмотранспорта, а также для осуществления технического обслуживания сетевого и вентиляционного оборудования без демонтажа специалистам необходим доступ к внутренней поверхности системы.

Для снижения трудоемкости и сокращения сроков проведения работ в области гигиены вентиляции используются герметичные инспекционные люки (рис. 3.62), выполненные способом штамповки из оцинкованной стали. Инспекционные люки имеют различную конфигурацию, но разработаны с учетом унифицированных размеров воздуховодов и позволяют выполнять быстрое открытие и герметичное закрытие инспекционных отверстий. Предназначены для осуществления через них сервисного обслуживания системы вентиляции, пневмотранспорта и аспирации, например для очистки газоходов, ревизии. Выпускают различные модификации с различным цветом и декором.

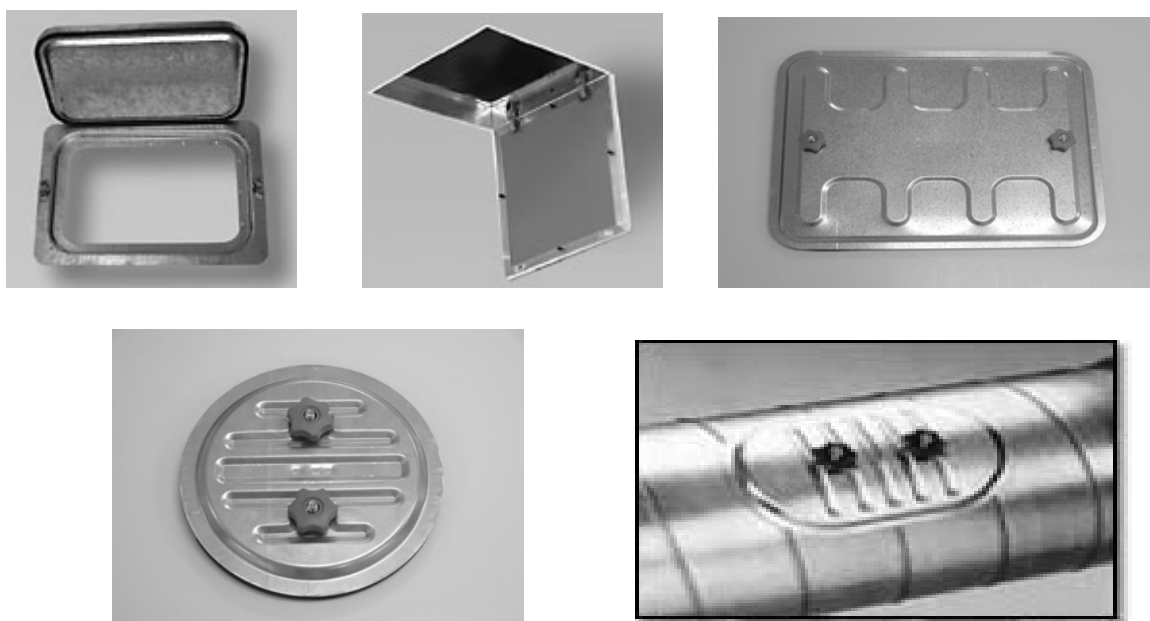


Рис. 3.62. Ревизионные люки

3.3. Устройства выброса воздуха

Стандартные устройства выброса малозагрязненного воздуха от вентиляции рассмотрены в предыдущем разделе.

В качестве таких устройств в системах промышленной вентиляции и газоочистки могут быть использованы (см. рис. 3.63–3.66) выхлопы очистных установок, дымовые трубы, дефлекторы, улитки, инжекционные трубы и т. д.

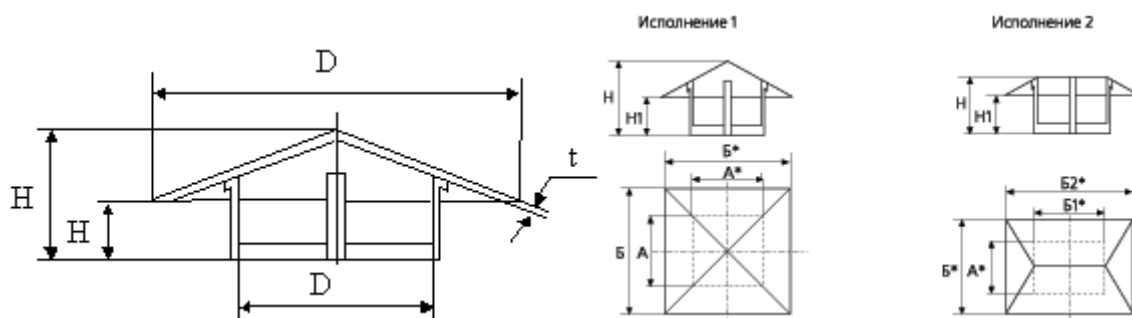
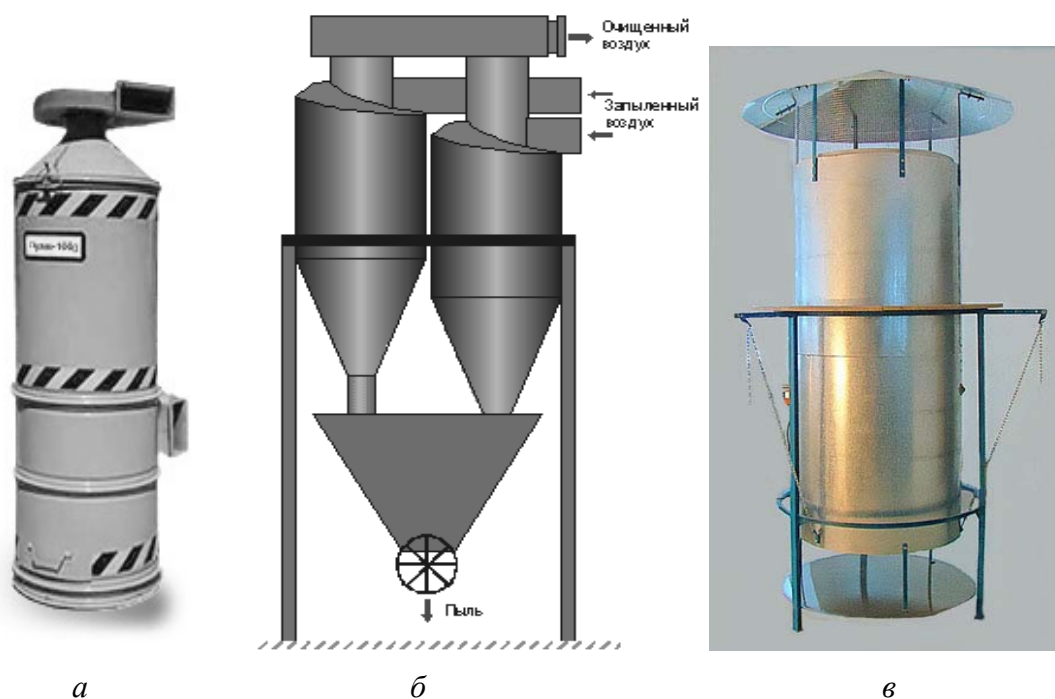


Рис. 3.63. Схема зонта круглого

Рис. 3.64. Схема зонта прямоугольного



a

б

в

Рис. 3.65. Виды устройств выхлопа: *a, б* – из очистных аппаратов; *в* – из универсальной вентиляционной шахты для животноводческих помещений

Все эти устройства обычно снабжаются зонтами. Зонты устанавливают на вентиляционных шахтах с естественным и механическим побуждением, газоочистных аппаратах с целью их защиты от попадания в них атмосферных осадков. Выбор типа зонта производится в соответствии с наружным размером горловины шахты, принятым в проекте.

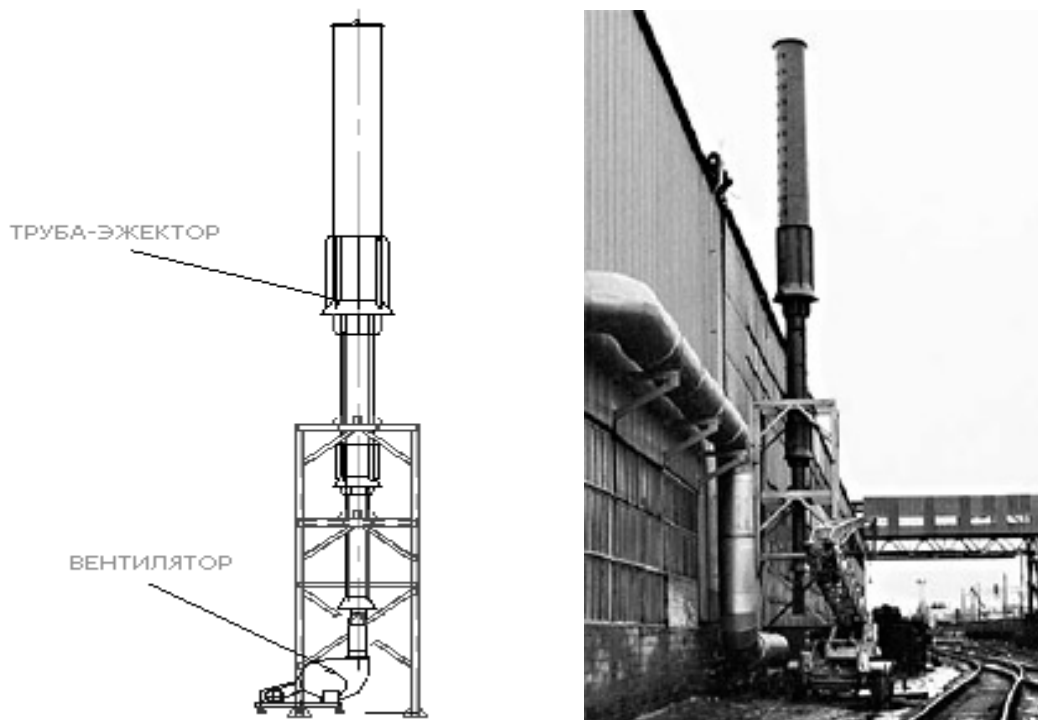


Рис. 3.66. Компоновка и общий вид трубы-эжектора

Крепление зонтов к воздуховоду осуществляется на хомутах, заклёпках, болтах или сваркой.

Выброс загрязняющих веществ (ЗВ) для предприятий нормируют в долях от ПДК в воздухе жилых пунктов на границе санитарно защитной зоны, т. е. считается рассеивание ЗВ от источника выброса. Для лучшего рассеивания ЗВ необходимо использовать большую высоту источника выброса, повышенную температуру газов и большую скорость газа на срезе источника выброса. В случае выбросов газов с большими расходами ЗВ, кроме дымовых труб, можно также использовать трубы-эжекторы (см. рис. 3.66), имеющие следующие достоинства:

- разбавляют отработанный газ чистым воздухом в необходимых объёмах (1:8...1:20) и, как следствие, – уменьшают концентрацию вредных газовых составляющих;
- уменьшают удельный вес газовых составляющих до удельного веса воздуха;
- выбрасывают газы на заданную высоту (150...300 м) со скоростью 30...40 м/с;
- уменьшают запахи, что актуально, например, на табачном производстве, мясокомбинатах и др.;
- до окисляют некоторые компоненты выбрасываемых веществ;
- позволяют отказаться от строительства высоких дорогостоящих производственных труб.



Рис. 3.67. Вентиляционные проходки

Перемещение газового потока в трубе осуществляется за счёт тяги, создаваемой вентилятором, установленным в основании трубы. Для повышения производительности трубы-эжектора увеличивается число сегментов трубы, увеличивается мощность вентилятора.

Технические параметры трубы-эжектора могут быть рассчитаны на разные объёмы газовых выбросов.

При прохождении газоходами крыш (черепичные, железные и др.) во избежание попадания осадков в чердачное помещение используют специальные кровельные проходки для вентиляционных труб (рис. 3.67).

3.4. Дополнительные элементы

Дополнительные элементы – это различные устройства и элементы (типовые и нестандартные), необходимые для нормальной работы очистной установки.

Среди типовых элементов можно отметить мягкие вставки, заглушки, сужающие устройства и т. д.

Вставки гибкие предназначены для ограничения переноса вибрации от агрегата вентиляционной системы к воздуховоду (см. рис. 3.69, 3.70), а также для частичной компенсации температурной деформации в трассе воздуховода и применяются в вентиляционных установках, перемещающих воздух в интервале температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вставки гибкие также служат для обеспечения герметичного гибкого стыка, который выдерживает высокое давление и абразивно устойчив.

Вставки гибкие представляют собой два фланца, соединенных между собой изолирующим материалом. Фланцы изготавливаются из оцинкованной стали толщиной 1 мм и соединены между собой токопроводящим многожильным проводом ПВ-3 диаметром 10 мм. В качестве изолирующего материала стандартно используется винил, а в случае специального заказа возможно применение неопрена.

Вставки гибкие типа FH стандартно изготавливаются девяти типоразмеров, в зависимости от размеров соединительных фланцев. В случае специального заказа возможно изготовление гибкой вставки любого размера.

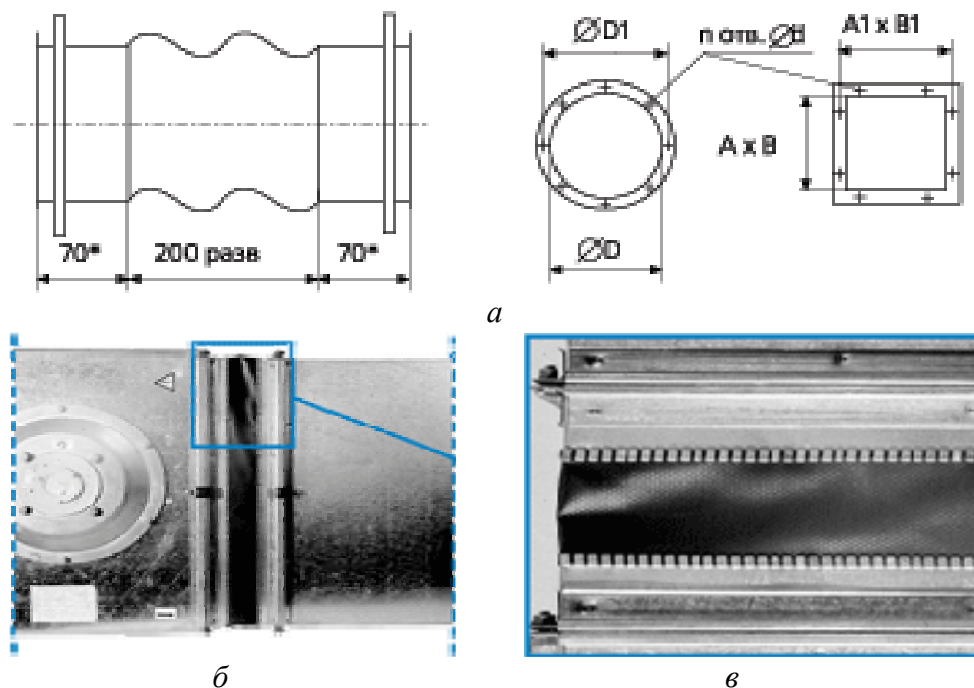


Рис. 3.68. Мягкая вставка: *а* – чертеж вставки; *б* – смонтированная вставка; *в* – общий вид прямоугольной вставки в сборке

Многие изготовители до сих пор часто в качестве материала вставки используют брезент, разрезанную автокамеру, стеклоткань, которыми оборачивают место соединения и закрепляют хомутами или вообще стягивают проволокой. Быстро, дешево, но, к сожалению, не очень эстетично. Простой брезент не пойдёт, его хватает только на полгода.



Рис. 3.69. Общий вид вставок

Рис. 3.70. Заглушка

Заклушки (рис. 3.70) используют для герметизации торцов газоходов и фасонных изделий от нежелательного сообщения с атмосферой.

Сужающие устройства используют для увеличения гидравлического сопротивления отдельных участков сетей вентиляции. Их наличие обычно предусматривается при проектировании сложных, разветвленных и протяженных систем вентиляции, аспирации и пневмотранспорта, а также их используют для регулирования и доведения до проектных параметров вентсистем при пусконаладке.

В качестве сужающих устройств (рис. 3.71) чаще всего используют диафрагмы и сопла.

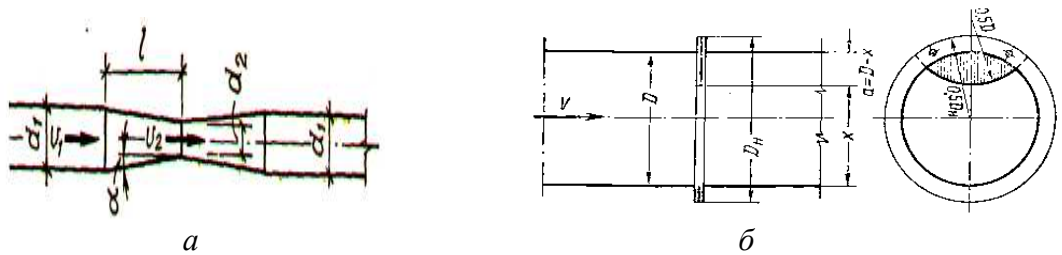


Рис. 3.71. Сужающие устройства: *a* – сопло; *б* – односторонняя диафрагма

Наиболее простым способом увеличения потерь давления в ответвлениях сетей является введение дополнительных сопротивлений в виде диафрагм или сопел, вставляемых между фланцами прямых отрезков воздухопроводов.

Например, при аспирации длинных рядов однорядного оборудования применение сужающих устройств позволяет делать все ответвления одинакового диаметра, что значительно упрощает заготовку воздухопроводов и фасонных частей к ним, удешевляет стоимость монтажа, дает возможность точнее, чем при изменении диаметров труб, регулировать объем отсасываемого воздуха.

Недостаток диафрагм заключается в том, что они вызывают местные скопления пыли и затрудняют очистку от нее воздухопроводов; поэтому диафрагмы с центрально расположенным отверстием («шайбы») рекомендуется применять только в вертикальных воздухопроводах. Поэтому предпочтительней в аспирационных системах и пневмотранспорте использовать сопла.

В горизонтальных воздухопроводах вместо шайб рекомендуется применять односторонние диафрагмы, расположенные в верхней части поперечного сечения трубы.

Также используются лепестковые (ирисовые) диафрагмы, но только в случае, если газовые потоки не содержат пыли (см. рис. 2.44). Эти регулирующие диафрагмы позволяют достаточно точно установить расход воздуха при незначительных возмущениях потока. Для точного регулирования потока воздуха диафрагму надо устанавливать на расстоянии не менее 1,5 ее диаметра от отвода и 2,5 диаметра – от воздухораспределителя. Регулирование потока проводится по данным измерения разности давления до и после диафрагмы (по которой рассчитывается расход воздуха).

Расчет размеров сужающих устройств можно проводить аналитическим путем и с помощью номограмм.

3.5. Противопожарные и противовзрывные устройства

В бункерах и фильтровальных установках часто происходят пожары и взрывы в пылевой и газовой среде. Это угрожает жизни людей, причиняет значительный ущерб владельцу предприятия и ведет к длительной остановке производства. Во избежание этого рода аварий используется богатый арсенал организационных и технических средств.

Назначение и принцип работы противопожарных клапанов были рассмотрены ранее во второй главе пособия.

При аспирации и пневмотранспорте пожароопасных пылей в настоящее время используется система обнаружения и автоматического гашения искр для предотвращения пожаров. Для этого на аспирационном трубопроводе монтируются искросигнальные датчики, которые распознают инфракрасное излучение искр. Эти датчики способны обнаружить искры даже сквозь толстые слои пыли или транспортируемого материала. Сразу же после распознавания искр сигнал поступает на быстродействующую автоматическую систему гашения, которая состоит из электромагнитного вентиля, обладающего высокой скоростью открывания форсунки. Для гашения обычно используется вода, поступающая под высоким давлением на форсунки. Специальные форсунки за доли секунды создают водяную тонкодисперсную завесу, которая заполняет все поперечное сечение трубопровода. Потенциальные источники возгорания гаснут, попадая в эту завесу. Таким образом, источники возгорания гасятся целенаправленно.

Преимущества этого типа установки искрогашения:

- компактность и быстрая установка системы;
- процесс гашения осуществляется без остановки производства;
- используемое количество воды настолько мало, что при использовании стружкоотсосов фильтровальные элементы в них не намокают.

Разрывные устройства – мембраны, панели (рис. 3.72) или колпачки, для которых основные технические требования устанавливаются ПБ 03-583–03 – «Правила разработки, изготовления и применения мембранных предохранительных устройств».

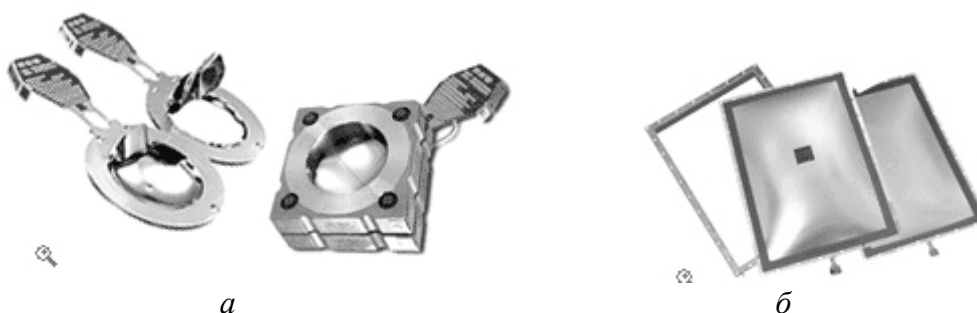


Рис. 3.72. Общий вид разрывных устройств: *а* – мембраны; *б* – панели

Мембранные предохранительные устройства (МПУ) применяются для защиты объектов технологического оборудования от опасных перегрузок избыточным и (или) вакуумметрическим давлением, создаваемых рабочими средами.

МПУ используются:

- в качестве самостоятельных предохранительных устройств;
- в сочетании с предохранительными клапанами.

МПУ с мембранами разрывными (МР) применяются на жидких и газообразных средах, а МПУ с мембранами «хлопающими» (МХ) применяются на газообразных средах. На жидких средах они применяются при наличии газовой подушки под мембраной объемом не менее $2,4 D_y^3$, за исключением специальных мембран «хлопающих», используемых для работы в жидких средах. МПУ с мембраной «хлопающей» могут устанавливаться перед предохранительными клапанами при наличии между ними объема не менее $8 D_y^3$. Время срабатывания разрывных мембран – 10...20 миллисекунд, что в 5–10 раз превышает скорость открытия предохранительного клапана. Выбор конструкции, материала, типоразмера и разрывных характеристик мембранного предохранительного устройства зависит от параметров технологического процесса, типа защищаемого оборудования и скорости нарастания аварийного давления на основании представленного технического задания.

Мембранные предохранительные устройства (МПУ) по конструктивному исполнению (см. рис. 3.73–3.77) можно разделить на следующие виды:

- МПУ с предохранительными мембранами прямого принципа действия из сплошного материала (титан, никель, нержавеющая сталь, тефлон, асбест и т. д.);

- МПУ с предохранительными мембранами прямого принципа действия композиционного типа, ослабленные сквозными отверстиями, прорезями и имеющие индивидуальную герметизирующую подложку или специальным образом нанесенный защитный слой из фторопласта различных марок;

- МПУ прецизионного типа с механическим принципом разрушения мембраны специальными ножами, приводимыми в действие в результате разрыва калиброванного стержня, воспринимающего внешнюю нагрузку на мембрану.

С целью повышения коррозионной стойкости на мембраны из металла могут наноситься защитные покрытия из фторопласта и тринитрида титана.

На рис. 3.73, *а* показано устройство с мембраной разрывной (плоской, предварительно выпученной, пакетной с прорезями и др.), применяемое при отсутствии колебаний противодействия со стороны сбросной системы. При необходимости предусматривается противовакуумная опора (показана пунктирной линией). Устройство (рис. 3.73, *б*) с мембраной «хлопающей», работающее на потерю устойчивости, применяется при отсутствии колебаний противодействия со стороны сбросной системы. При необходимости предусматриваются ножевые лезвия (показаны пунктирной линией). На рис. 3.73, *в* показано устройство с разрывной и вспомогательной мембранами, применяемое при колебаниях противодействия со стороны сбросной системы. Межмембранный объем должен сообщаться с сигнальным манометром (для контроля исправности мембран), выдерживая максимально возможное давление со стороны сбросной системы, вспомогательная мембрана должна срабатывать (разрушаться) при давлении, не превышающем давления срабатывания разрывной мембраны.

Специальное устройство (рис. 3.73, *д*), применяемое в криогенных резервуарах и трубопроводах для защиты теплоизоляционной полости от повышения давления при аварийной ситуации, в котором мембрана сваркой соединена с установочным кольцом. Внешний вид различных мембран и клапанов показан на рис. 3.74–3.79.

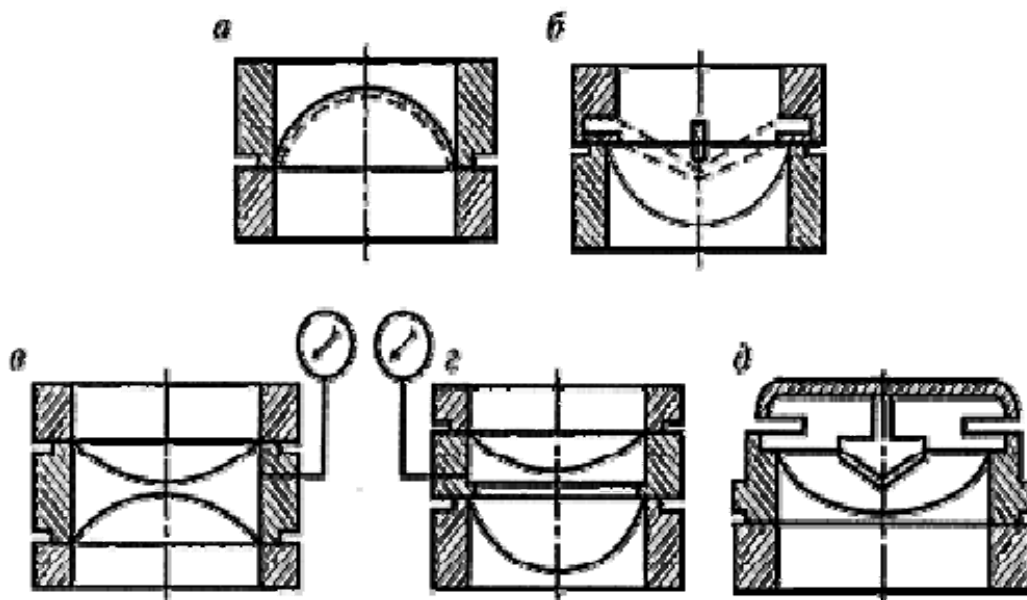


Рис. 3.73. Разрезы различных мембран



Рис. 3.74. Мембранное предохранительное устройство



Рис. 3.75. Мембранное предохранительное устройство с разрывным стержнем



Рис. 3.76. Мембраны с периферийным (радиальным) локальным ослаблением в виде насечек



Рис. 3.77. Мембраны, разрушающиеся вдоль линии ослабляющих насечек



Рис. 3.78. Разрывная мембрана «Феникс» в сборке



Рис. 3.79. Клапан взрывной предохранительный

При очистке газов, содержащих взрывоопасные примеси, газоходы и газоочистные аппараты должны снабжаться предохранительными устройствами. При отсутствии специальных требований к конструкции предохранительных устройств и материалу их мембран разрывные мембраны (см. рис. 3.80) диаметром 250...350 мм изготавливаются с асбестовой диафрагмой, диаметром более 350 мм – металлической диафрагмой.

Клапаны с асбестовой диафрагмой устанавливаются только внутри зданий. Металлическая диафрагма выполняется из мягкой жести толщиной не более 0,5 мм с одинарным швом посередине либо из алюминиевого листа толщиной от 0,5 до 1 мм – с надрезом по средней линии на 50 % его толщины.

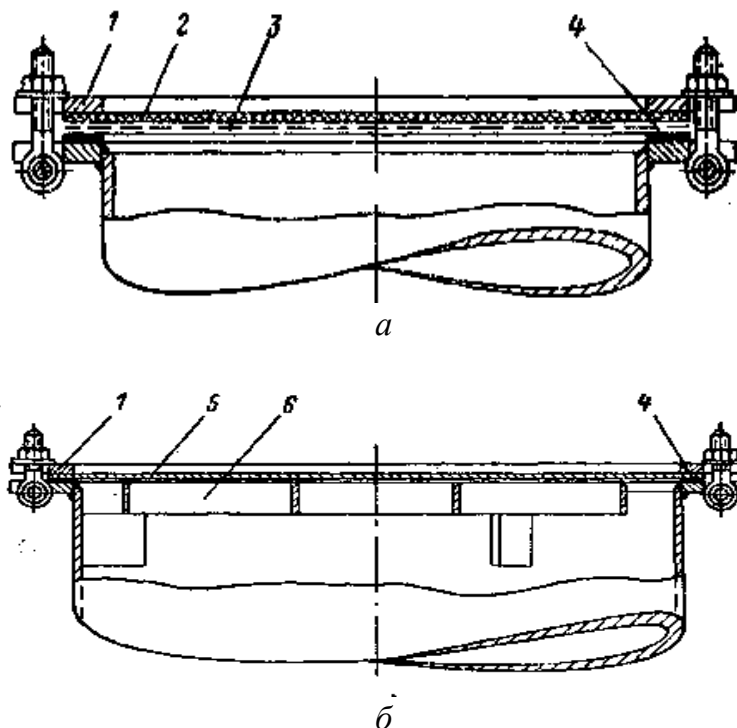


Рис. 3.80. Разрывные мембраны в вентиляции: *а* – с асбестовой диафрагмой; *б* – с металлической диафрагмой; *в* – соединение металлической диафрагмы; 1 – фланец; 2 – асбестовая диафрагма; 3 – сетка; 4 – асбестовая прокладка; 5 – диафрагма из белой жести; 6 – решетка

Предохранительные клапаны должны располагаться в верхней части газоходов. Для клапанов, устанавливаемых вблизи мест прохода обслуживающего персонала, ставятся вытяжные короба, чтобы при подрыве клапана не обожгло людей.

Предохранитель проникновения пламени REMBE-ENARDO предназначен для отсечения и удержания пламени при взрывах газа и вторичном горении в области трубопроводов, предохраняет от дефлаграции и детонации газовых и паровых смесей (см. рис. 3.81).

Система «отсоединения» области взрыва или вспышки REMBE-ECO-Q-Rohr (см. рис. 3.82) обеспечивает снятие давления взрыва без распространения пламени и пыли. Данная система состоит из ловушки пламени (сетка из нержавеющей стали) с фильтром для удержания пыли. Взрывное пламя удерживается во внутреннем пространстве; взрыв редуцируется до минимума.



Рис. 3.81. Предохранитель проникновения пламени



Рис. 3.82. Система «отсоединения» области взрыва или вспышки

3.6. Бункерные устройства

Бункер (от англ. bunker) – саморазгружающееся металлическое или железобетонное, редко деревянное, вместилище (резервуар, ларь, закром) для бестарного хранения сыпучих и кусковых материалов (зерно, песок, цемент, кокс, уголь, руда и др.). Для самотёчной разгрузки нижнюю часть бункера выполняют с наклонными стенками (например, в виде перевернутого усечённого конуса или пирамиды).

Кроме этого, в ходу следующие понятия этого термина. Бункер судовой – помещение на судне для хранения рейсового запаса твёрдого топлива, обычно сообщающееся с котельным отделением; запас топлива (твёрдого или жидкого), рассчитываемый, исходя из продолжительности рейса с добавлением так называемого штормового запаса. В немецкой военной терминологии – убежище, огневое сооружение.

Классические промышленные бункерные устройства классифицируют обычно как аккумулирующие, уравнивательные и технологические.

Аккумулирующие служат для хранения и дозирования насыпных грузов.

Уравнивательные установки являются промежуточными емкостями для сыпучих материалов, обеспечивающих стабильную работу транспортной системы при неравномерной работе её отдельных звеньев или при сочетании в одной линии непрерывного и периодического транспорта.

Технологические установки служат для временного хранения насыпных продуктов в процессе производства.

Бункерные устройства могут состоять из собственно бункеров (силосов), загрузочных и разгрузочных устройств, побудителей истечения плохо сыпучих материалов, затворов, питателей, приборов автоматизации и контроля. В нижней части бункера находятся затворы и питатели для регулирования выпуска материала.

По форме бункера можно разделить на прямоугольные, круглые, корытообразные и др.

Прямоугольные бункера, имеющие форму пирамиды или обелиска, называют соответственно пирамидальными или обелисковыми.

У пирамидальных (рис. 3.83) открытых бункеров верхнее загрузочное и нижнее разгрузочное отверстия геометрически подобны, а у обелисковых – нет. А самое главное отличие заключается в том, что у пирамидального днища все ребра пересекаются в одной точке (рис. 3.83, *а*), а у обелискового попарно в четырех точках – *а*, *б*, *с*, *д* (рис. 3.83, *б*).

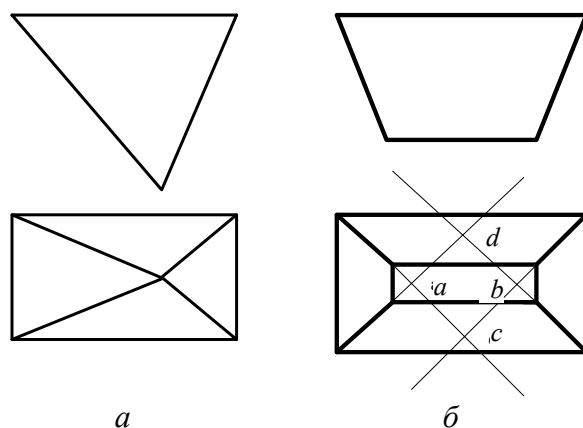


Рис. 3.83. Форма днищ:
а – пирамидального; *б* – обелискового

У пирамидальных прямоугольных бункеров углы наклона всех стенок могут быть различны.

По форме днища такие бункера делятся на двух- (рис. 3.84, *в*), трех- (рис. 3.84, *б*), четырех- (рис. 3.84, *а*) и многоскатные (рис. 3.84, *г*).

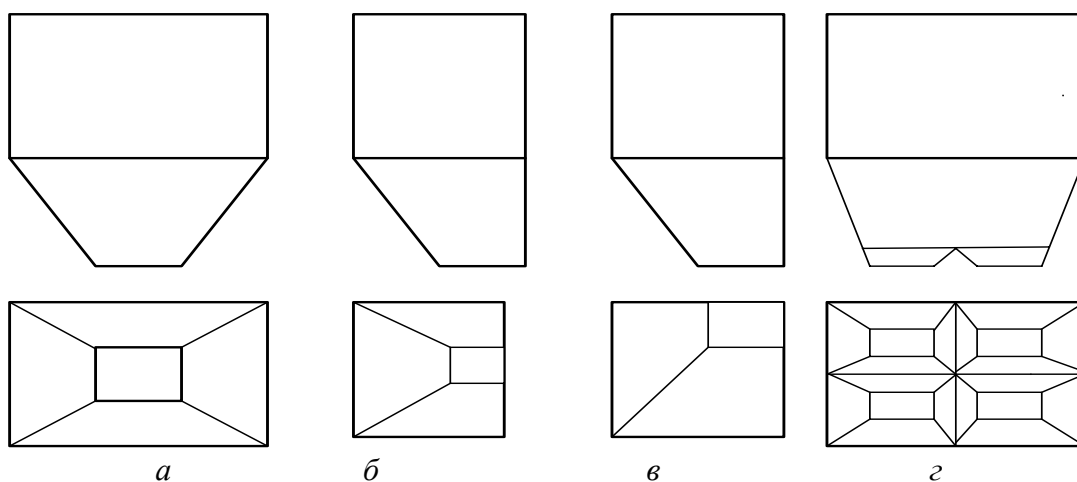


Рис. 3.84. Прямоугольные бункера: *а* – четырехскатные; *б* – трехскатные; *в* – двухскатные; *г* – многоскатные

Круглые бункеры делятся на конические и цилиндроконические, варианты которых показаны на рис. 3.85.

Корытообразные бункеры (иногда называют продольный бункер) по форме поперечного сечения можно разделить на призматические и пирамидальные, а по виду разгрузочного устройства на щелевые и многовыпускные. В щелевом корытообразном бункере предусмотрено разгрузочное отверстие в виде длинной щели.

В пылегазоочистке используют различные формы бункеров в зависимости от объема пыли, её свойств, потребительских качеств улавливаемого продукта, расположения разгрузочного отверстия (рис. 3.86), причуд заказчика, фантазий проектировщика и т. д.

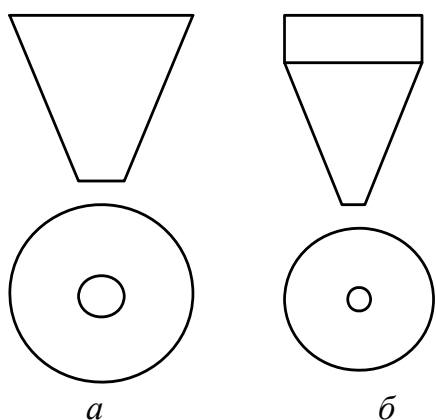


Рис. 3.85. Круглые бункеры:
a – конические; *б* – цилиндроконические

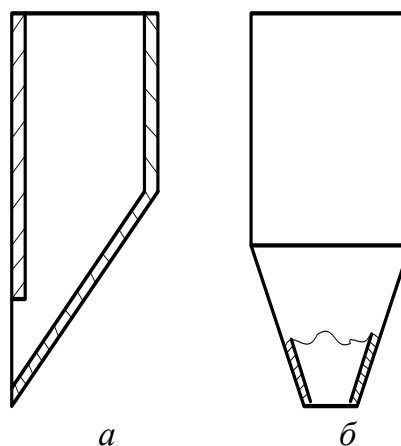


Рис. 3.86. Разгрузочные отверстия бункеров: *a* – боковое; *б* – горизонтальное

На рис. 3.87–3.94 показаны варианты устройств для сбора пыли из ПГУ.



Рис. 3.87. Общий вид пирамидального бункера при транспортировке



Рис. 3.88. Вид пирамидального бункера ПГУ перед монтажом (www.energomash-tver.ru)

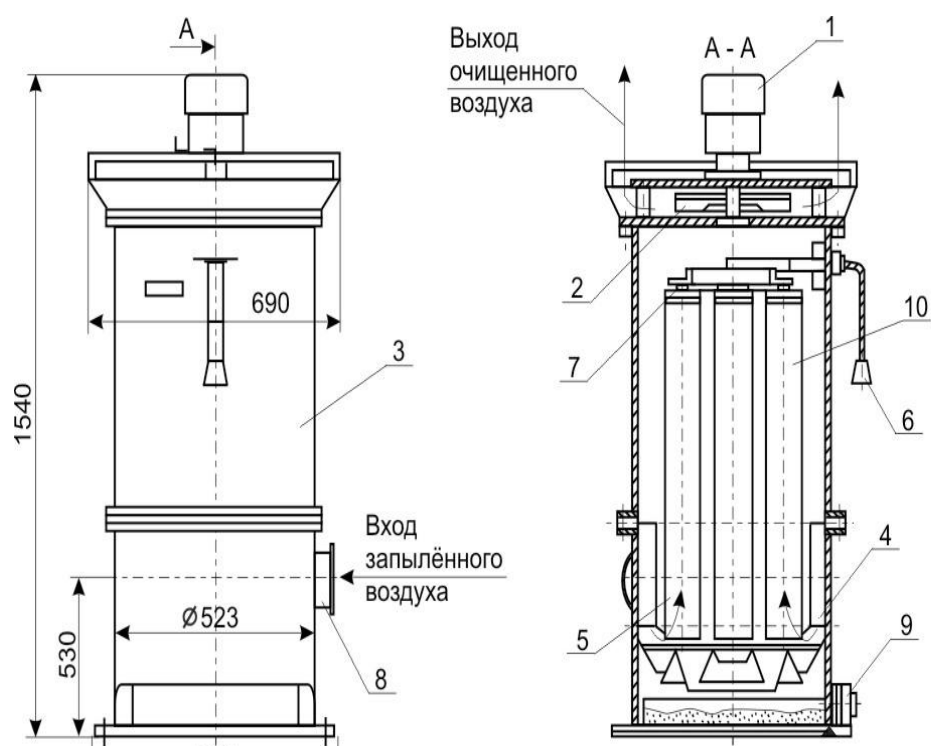


Рис. 3.89. Фильтр рукавный: 1 – двигатель; 2 – вентилятор; 3 – корпус; 4 – фильтр грубой очистки; 5 – фильтр тонкой очистки; 6 – рукоятка встряхивающего механизма; 7 – встряхивающий механизм; 8 – присоединительный патрубок; 9 – бункер с совком; 10 – рукав (www.mnz1.ru)

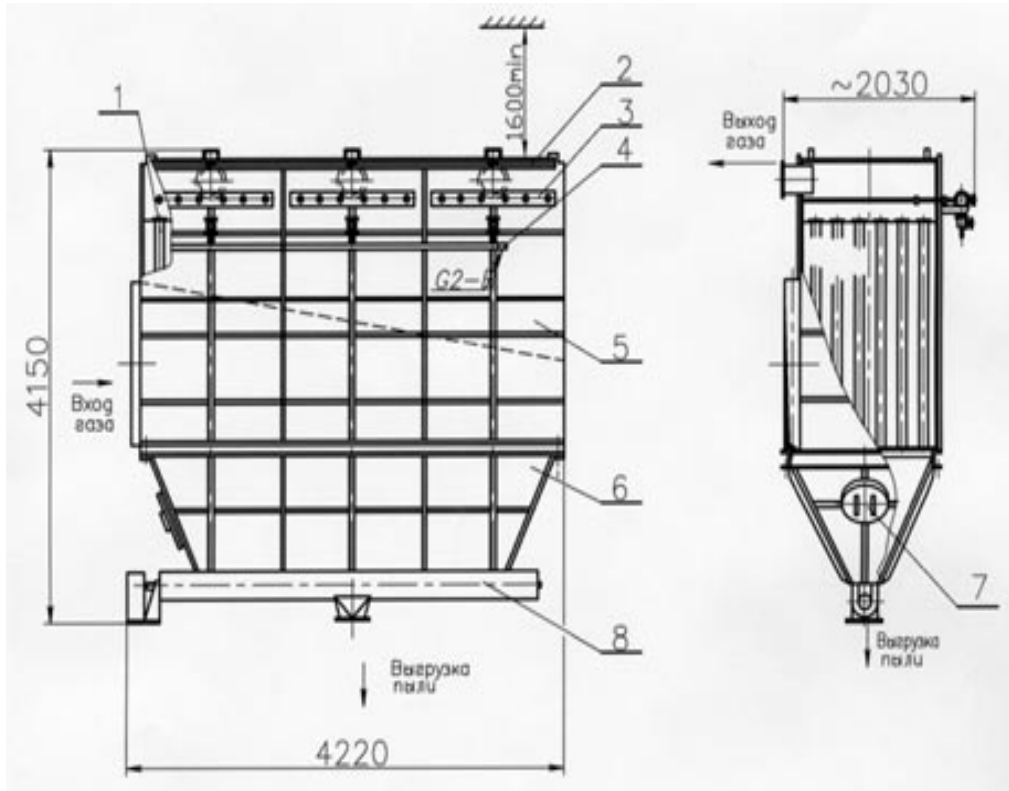


Рис. 3.90. Рукавный фильтр ФРИ-90-02-Щ со щелевым бункером: 1 – рукав; 2 – крышка; 3 – клапанная секция; 4 – коллектор продувочного газа; 5 – корпус; 6 – бункер; 7 – люк; 8 – транспортер

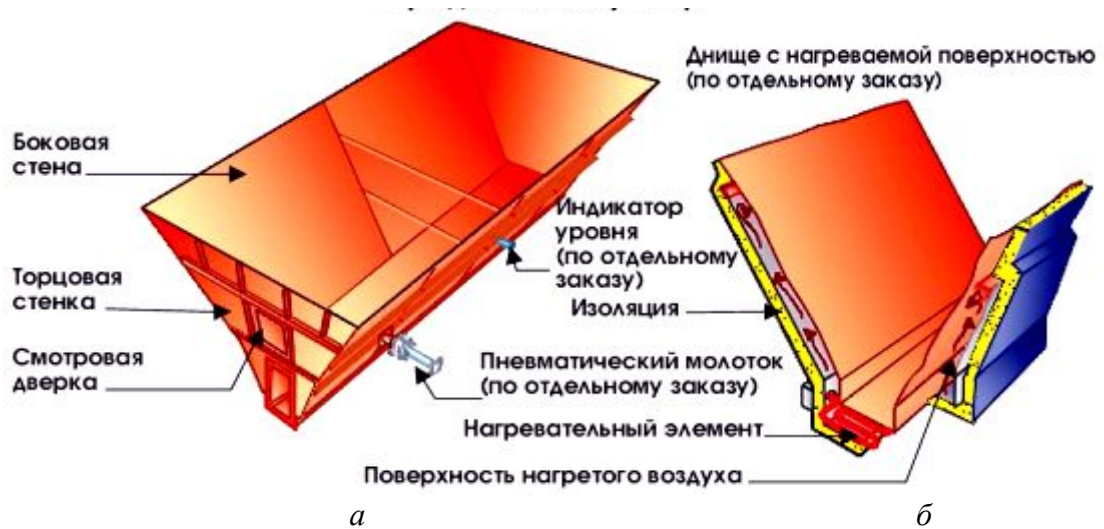


Рис. 3.91. Корытообразный бункер: а – необогреваемый; б – обогреваемый (www.oemz.net)

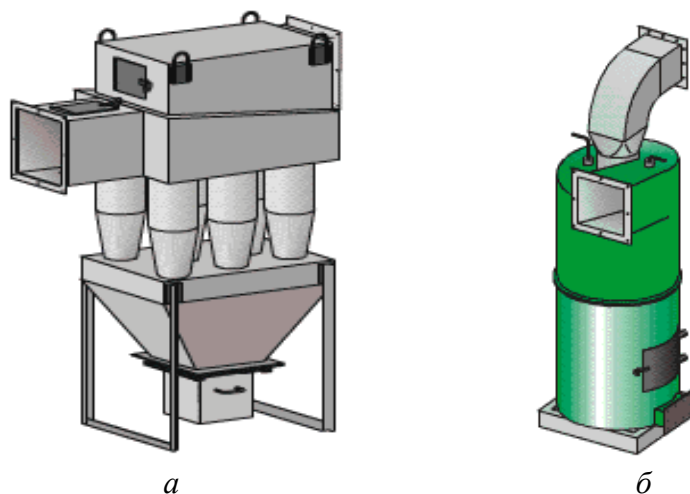


Рис. 3.92. Бункера ПГУ: *а* – с пирамидальным бункером; *б* – с круглым (цилиндрическим бункером) (ekodrev-tver.narod.ru)

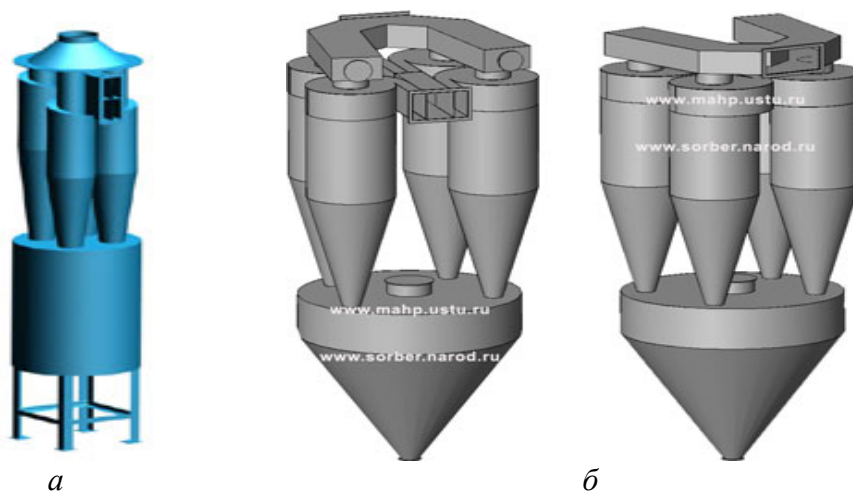


Рис. 3.93. Групповые циклоны: *а* – с цилиндрическим бункером (www.asmash.ru); *б* – с цилиндроконическим бункером (mahp.ustu.ru)

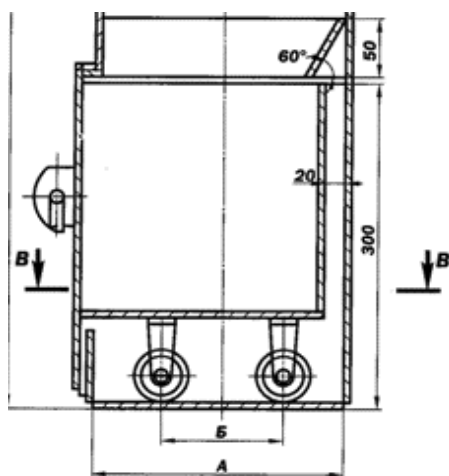


Рис. 3.94. Пылесборник в виде выдвигного ящика (www.energomash-tver.ru)

Расчет объема, а соответственно и геометрии бункера очистной установки проводят обычно, исходя из следующих факторов:

- Геометрия бункера ощутимо влияет на степень очистки ПГУ в случае очистки газопылевых потоков с мелко дисперсионной пылью.
- Геометрия бункера мало влияет на степень очистки ПГУ, когда на очистку поступает в основном крупная пыль (20...200 мкм).
- Цикличности разгрузки бункера (непрерывная или периодическая).
- Выбора способа обращения с уловленной пылью, т. е. вывоз на полигон, использование в производстве, утилизация в качестве топлива в котельной или производства побочной продукции и т. д.

Например, для расчета объема бункера для циклона при аспирации деревообрабатывающих цехов можно использовать следующий алгоритм расчета:

- Исходя из вида продукции, операционной карты производства продукции, типа производства (поточное или цикличное), штатов, сменности работы цеха и т. д., рассчитывают количество отходов в час и сутки.
- Выбирается тип и объем транспортного средства (полувагон, автомобиль, тележка, контейнер и прочее).
- Ориентировочно выбирается цикличность разгрузки бункера.
- Рассчитывается требуемый объем бункера, а затем и его размеры.
- При получении нереалистичных результатов меняют выбираемые параметры и повторяют расчет бункера.
- Проводят механический расчет стенок бункера.
- При необходимости выбирают или рассчитывают дополнительные устройства бункера (люки, затворы, стабилизаторы и побудители истечения, лапы и т. д.).
- Проводят расчет опор постамента.

3.6.1. Стабилизаторы и побудители истечения сыпучих материалов

Сыпучие материалы весьма разнообразны по своему гранулометрическому составу, плотности, влажности, слёживаемости и другим физико-механическим свойствам, а следовательно и по способности истечения из бункеров.

В различных производствах распространены операции погрузки-разгрузки сыпучих материалов в технологические (мельницы, дробилки, сепараторы, сушилки, реакторы и др.) и транспортирующие (конвейеры, вагонетки) устройства. Неотъемлемым элементом оборудования для таких операций являются различного рода бункеры и желоба (течки), ус-

танавливаемые в местах сопряжений соответствующего основного, транспортирующего и вспомогательного оборудования. Бункеры применяются по циклической загрузке и непрерывной выгрузке сыпучих материалов, при погрузке в транспортные средства, при длительном хранении материалов, для проведения различных технологических операций. Большинство установленных и проектируемых в настоящее время бункеров рассчитано на чисто гравитационный режим истечения сыпучих материалов. При складировании сухих и хорошо сыпучих материалов такой режим легко достижим и протекает без осложнений. При работе же со многими плохо сыпучими материалами (влажными, липкими, слеживающимися) весьма часты случаи нарушения работы бункеров, заключающиеся в образовании сводов над выпускным отверстием бункера, в результате чего истечение материала частично или полностью прекращается. Другой причиной нарушения нормальной работы бункеров является образование пассивных зон, когда истечение материала происходит только из зоны, расположенной над выпускным отверстием (трубообразование), что может существенно уменьшить полезную емкость бункера.

Для уменьшения этого явления необходима оптимальная конструкция бункера (вид, геометрия бункера и выпускного отверстия с учетом свойств материала и т. д.), а также широко используют стабилизаторы и побудители (интенсификаторы) истечения сыпучих материалов.

Простейшим стабилизатором (рассекателем) истечения является горизонтальная пластина или двухскатный козырек (рис. 3.95). Для увеличения эффективности стабилизаторов иногда соединяют трубой пространство под стабилизатором с атмосферой.

В качестве побудителей истечения используют механические рыхлители, вибраторы, устанавливаемые на стенках или внутри бункера, аэрационные рыхлители.

Действие механических побудителей основано на перемешивании или смещении материала для уменьшения сил сцепления между отдельными частицами и для нарушения равновесия свода материала в бункере.

Наиболее простым вариантом таких побудителей является лопастная мешалка, которая может быть расположена горизонтально или вертикально. Также используют колеблющиеся решетки, фальшстенки, гибкие корзины и т. д. В газоочистке, например, используют била, т. е. подвешенные металлические стрежни наподобие языка колокола.

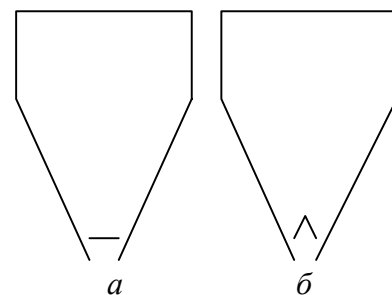


Рис. 3.95. Стабилизаторы истечения: *a* – пластина; *б* – козырек

Одним из наиболее перспективных методов сводообрушения материала в бункерах следует считать вибрационный (по материалам сайта www.vibrosom.ru). Принцип вибрационной интенсификации истечения основан на ослаблении структурных связей между частицами сыпучего материала, на увеличении относительной подвижности частиц, на силовом разрушении свода, образующегося над выпускным отверстием.

Различают вибраторы электромеханические, в которых вибрация происходит за счет вращения неуравновешенных масс, установленных на валу электродвигателя; электромагнитные, в которых колебания совершаются с помощью электромагнитов; пневматические, использующие энергию сжатого воздуха.

Принципиальные и конструктивные схемы вибрационных интенсификаторов истечения чрезвычайно разнообразны. Наряду с простейшими конструкциями в виде листа или коробки с прикрепленными к ней вибровозбудителями, созданы двух- и многомассные устройства, позволяющие увеличить степень динамической уравновешенности системы; комбинированные устройства, представляющие собой сочетание сводообрушающего и дозирующего устройства, которые в большей степени отвечают требованиям бесперебойного и дозированного выпуска материала. По чисто конструктивным признакам вибрационные интенсификаторы истечения подразделяются на следующие группы:

- устройства типа вибрирующей стенки;
- подвесные (встроенные) виброустройства;
- вибрационные воронки и днища.

Устройства типа **вибрирующей стенки** широко распространены, т. к. просты по конструкции, в монтаже и эксплуатации. Они представляют собой вибровозбудители, жестко прикрепленные в одной или нескольких точках к выпускной металлической воронке 1 с помощью опорного элемента 2 (см. рис. 3.96, а). Сводообрушающий эффект таких устройств обеспечивается в результате возникновения микродеформаций стенки воронки вблизи крепления вибровозбудителя 3; он возникает только в области, непосредственно прилегающей к стенке, и, естественно, не может быть особенно большим. Однако для кусковых материалов (известняк), зернистых и порошкообразных материалов, не склонных к сильному сводообразованию (апатитовый концентрат, фосмука) такого незначительного сводообрушающего эффекта бывает достаточно для бесперебойного истечения материала из бункера. Устройства типа вибрирующей стенки относятся к самым дешевым виброустройствам, затраты на сооружение которых включают лишь стоимость самого вибровозбудителя и расходы на его монтаж. При их монтаже не требуется никаких переделок в конструкции бункера, кроме приварки

опорных элементов. Вибровозбудители рекомендуется устанавливать в нижней части образующей бункера.

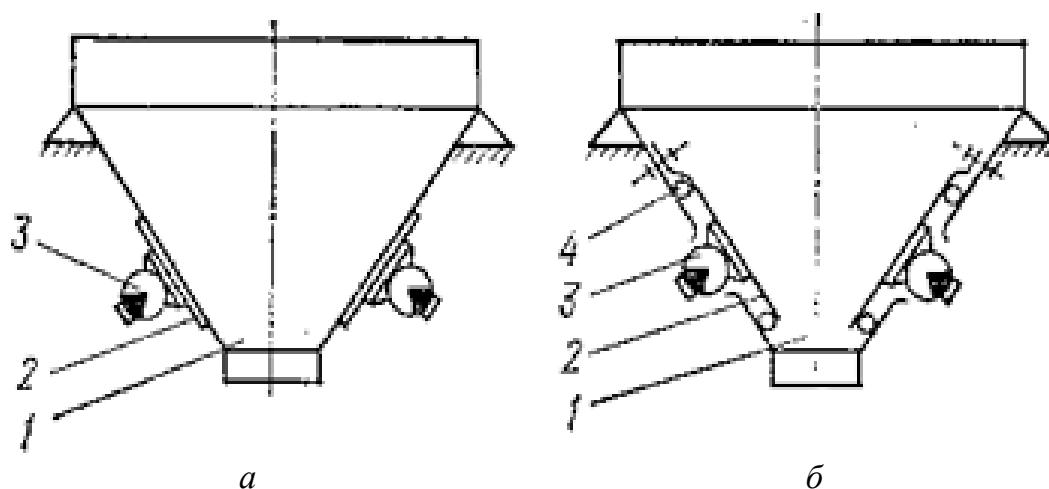


Рис. 3.96. Схемы вибрационных интенсификаторов истечения типа вибрирующей стенки: *а* – с жестким креплением вибровозбудителя; 1 – виброворонка; 2 – опорный элемент; 3 – вибровозбудитель; *б* – ложная вибростенка; 1 – бункер; 2 – ложная стенка; 3 – вибровозбудитель; 4 – уплотняющий элемент

Сводообрушители типа вибрирующая стенка при всей простоте их конструкции и дешевизне обладают рядом существенных недостатков. К ним относятся передача значительных динамических нагрузок на несущие конструкции и небольшая эффективность, обусловленная незначительной вибрацией стенки. В ряде случаев, при возникновении устойчивых сводов (влажные, сильно слеживающиеся материалы при небольших размерах выпускных отверстий), может возникнуть уплотнение материала в устье воронки и закупорка выпускного отверстия. Кроме того, при использовании таких сводообрушителей может произойти местное повреждение и излом стенки бункера.

Сводообрушители типа вибрирующая стенка устанавливают, как правило, в статических бункерах, рассчитанных на чисто гравитационное истечение, при нечастых нарушениях процесса выпуска. Стенки таких бункеров имеют значительный наклон и при длительном вибрировании материал, расположенный между ними, может сильно уплотняться и вызвать закупорку бункера. Обычно при нормальной работе вибростенки для обрушения свода в кусковом материале достаточно бывает 5...10 с. Если этого времени недостаточно или своды образуются часто, рекомендуется увеличить размеры выпускного отверстия, а если это невозможно, то следует использовать другой тип сводообрушающего устройства, например непрерывно вибрирующее виброднище с небольшим углом наклона стенки. Для получения значительного сводообрушающего эффекта в бункерах с бетонными, кирпичными и футерованными

стенками, а также в металлических бункерах или в случае невозможности или нежелательности реконструкции бункера, прибегают к так называемым «ложным» вибрирующим (накладным) стенкам, представляющим собой стальные полосы, укрепленные на канатах, цепях или петлях на наклонных стенках воронки. Вибровозбудитель крепится к ложной стенке через отверстия, пробитые в стенках бункера 1 (см. рис. 3.96, б). Ложные стенки 2 могут быть устроены на одной или нескольких стенках бункера, а вибровозбудитель 3 может быть расположен в герметичном корпусе внутри бункера или снаружи. Для предотвращения просыпания материала ложные стенки по контуру уплотняют резиновым элементом 4, играющим одновременно роль упругой опоры.

Установка вибраторов на бункерах показана на рис. 3.97.



Рис. 3.97. Общий вид вибраторов на бункерах (www.etalontenzo.by)

Подвесные виброустройства применяют в случаях, когда, вследствие невысокой прочности стенок бункера, опасности или невозможности вести монтажные работы, а также необходимости быстрой смены рабочей части устройства и привода при изменении технологии или гранулометрического состава, применение вибрирующих стенок оказывается невозможным или нецелесообразным.

Вибрационные подвесные сводообрушители представляют собой разнообразные по форме металлоконструкции или коробки, которые подвешиваются на канатах, цепях или в пассивных зонах. Вибровозбудитель либо крепится непосредственно на рабочей части, либо располагается вне бункера и соединяется с ней жесткими тягами. При горизонтальном направлении колебаний и гибкой подвеске подвесные сводообрушители передают значительно меньшие динамические усилия на несущие конструкции, чем вибрирующие стенки, т. к. на стенки бункера через материал передаются колебания только от рабочей части сводообрушителя. Интенсивность передачи этих динамических усилий зависит

от расстояния рабочей части от стенки, гранулометрического состава материала, конструкции рабочего органа и степени уплотнения материала в зоне сводообрушения.

К недостаткам существующих конструкций подвесных сводообрушителей относится неудобство ремонта вибрационного привода и подвода электроэнергии через сыпучий материал при расположении вибровозбудителя внутри бункера, необходимость большой активной площади воздействия, т. к. как материал зачастую истекает лишь из области, расположенной непосредственно над рабочей частью сводообрушителя, а также нежелательное уплотнение материала в зоне между рабочей частью и стенкой.

Принципиальные схемы наиболее употребляемых подвесных виброустройств приведены на рис. 3.98.

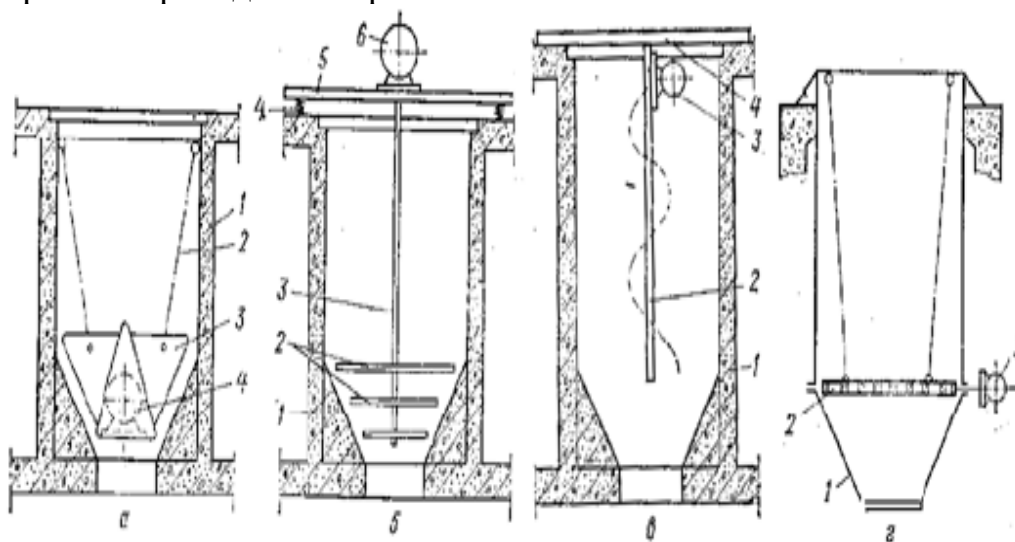


Рис. 3.98. Схемы подвесных интенсификаторов истечения: *а* – коробчатой формы: 1 – бункер; 2 – канат; 3 – коробка; 4 – вибровозбудитель; *б* – в виде вертикальной штанги: 1 – бункер; 2 – металлоконструкция; 3 – штанга; 4 – упругая подвеска; 5 – поперечная балка; 6 – вибровозбудитель; *в* – в виде полосы: 1 – бункер; 2 – полоса; 3 – вибровозбудитель; 4 – поддерживающая балка; *г* – в виде решетки: 1 – бункер; 2 – решетка; 3 – вибровозбудитель

Устройство, изображенное на рис. 3.98, *а*, подвешено в бункере 1 на двух или более канатах 2, а коробка 3 снабжена несколькими крыльями, число которых устанавливается экспериментальным путем. Дно конуса разгружает материал в донной части бункера, а крылья обеспечивают побуждение истечению материала в периферийных областях. В коробке размещен вибрационный привод 4, параметры которого выбирают в зависимости от условий работы. Электроэнергия подается к вибровозбудителю по бронированному кабелю. Большое распространение получили подвесные сводообрушители (рис. 3.98, *б*) в виде вертикальной штанги 3, жестко скрепленной с рабочим элементом решетки

чатой или другой металлоконструкции 2. Верхний конец штанги жестко закреплен на поперечной балке 5, опертой на верхнюю часть бункера 1 при помощи винтовых пружин или резиновых элементов 4. Вибровозбудитель 6 в этих конструкциях может устанавливаться на поперечной балке, на верхней части штанги или непосредственно на рабочем элементе. Такие конструкции при большом диаметре бункера имеют мощную поддерживающую балку, отличаются повышенной металлоемкостью. Этот недостаток можно устранить при установке штанги на упругих пластинах, опертых на края бункера и играющих роль рессор. На схеме, изображенной на рис. 3.98, в, роль сводаобрушающего элемента играют одна или несколько металлических полос, установленных на поддерживающей балке. Вибровозбудитель, закрепленный вверху пластины, обеспечивает максимальные колебания пластины на ее свободном конце вблизи выпускного отверстия, где наиболее вероятно образование сводов. К подвесным сводаобрушающим устройствам можно отнести и встроенные в разгрузочную зону бункера вибрационные решетки и козырьки, уменьшающие воздействие верхних слоев массы сыпучего материала на материал, расположенный в зоне выпускного отверстия, и обеспечивающие более равномерное передвижение материала в поперечном сечении бункера. На рис. 3.98, з представлена конструкция, в которой жесткая стальная решетка 2 с боковыми ограничительными буферами подвешена на четырех канатах над выпускным отверстием бункера 1. К решетке через боковую стенку, снабженную уплотнением, присоединен вибровозбудитель 3. Такие подвесные решетки обеспечивают бесперебойный выпуск материала с размером частиц менее 5 мм.

Вибрационные воронки и днища применяют тогда, когда использование вибрирующих стенок и подвесных устройств не даёт эффекта. В простейшем случае виброворонка представляет собой коническую или чашеобразную сварную или литую емкость с вибровозбудителем (рис. 3.99), подвешенную к стационарному бункеру с помощью специальных гибких или упругих элементов, препятствующих передаче вибраций от воронки на бункер. Выпускное отверстие виброворонки чаще всего прикрыто выпуклой перегородкой – козырьком. На рис. 3.99 представлена схема наиболее часто применяемой одномассной вибрационной воронки, оснащенной одним или двумя вибровозбудителями. В зависимости от направления вращения дебалансов вибровозбудителей вибро-

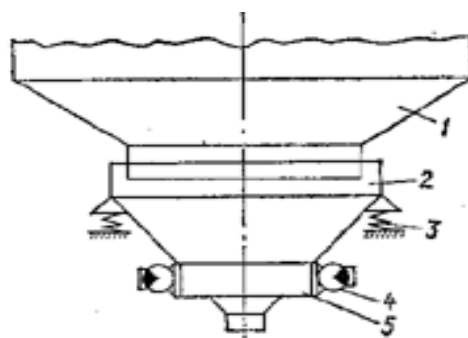


Рис. 3.99. Схема виброворонки: 1 – бункер; 2 – воронка; 3 – упругая подвеска; 4 – вибровозбудитель; 5 – ребро жесткости

воронка имеет круговую (или эллиптическую) траекторию движения в горизонтальной плоскости (такие воронки называют вращательными) или винтообразную относительно оси бункера (такие воронки называют вихревыми, или водоворотными). Ввиду круговой или эллиптической траектории движения стенок воронки, находящейся в ней материал нагружается сдвигающими усилиями, эффективно разрушающими возникающие своды. Конструкция проста в исполнении, характеризуется низким потреблением энергии и небольшим динамическим воздействием на опорные элементы.

Аэрационные побудители широко используются для предотвращения и ликвидации сводообразования. Пылевидные и порошкообразные материалы насыщаются воздухом, что вызывает увеличение пористости материалов и снижение коэффициента внутреннего трения. Наиболее широко используют аэроднища и пневматические сопла.

Принцип работы аэроднища заключается в прохождении сжатого воздуха (или другого газа при пожаро-, взрывоопасных материалах) через воздухораспределитель. В качестве распределителя могут выступать пористые материалы (плитки), ткань и подобные материалы.

Для прямой подачи воздуха в зону сводообразования используют воронки, обращенные ко дну емкости широким основанием, и пневматические сопла (воздушные факела). Мгновенная подача воздуха (импульсная) не только аэрирует материал, но и оказывает ударное воздействие, что способствует улучшению истечения материала из бункера.

3.6.2. Устройства для сухой выгрузки золы или пыли

Эти устройства по характеру работы делятся на пылевые затворы непрерывного и периодического действия.

К непрерывно действующим затворам относятся мигалки с конусным или плоским клапаном, двойные пылевые затворы с электроприводом и лопастные шлюзовые питатели, а также некоторые виды конвейеров.

К периодически действующим относятся шиберные и шаровые затворы.

Мигалки с конусным клапаном могут устанавливаться в случае, если разрежение над ними не превышает 1000 Па. При больших разрежениях могут устанавливаться последовательно две мигалки. В случае работы на влажных пылях угол раскрытия конуса уменьшается с 90 до 60°.

Конический клапан мигалки 2 (см. рис. 3.100), свободно посаженный на игольчатый штифт 3 качающейся системы, обеспечивает соблюдение равномерного кольцевого зазора для прохода пыли. В результате этого мигалка при правильной регулировке работает плавно и устойчиво. Регулировка мигалками сводится к нахождению наивыгоднейшего положения груза 10, обеспечивающего поддержание определенного столба пыли над

клапаном мигалки для создания требуемой герметичности и равномерного спуска пыли при минимальном колебании клапана.

При отрегулированной работе мигалки пыль или зола должна непрерывно и почти равномерно высыпаться наружу. Клапан либо стоит неподвижно, либо совершает медленные колебания с амплитудой 2...3 мм. Если мигалка недогружена, то даже при самом тщательном ее изготовлении и самой тонкой регулировке мигалка теряет чувствительность и работает неудовлетворительно.

Мигалки с плоским откидным клапаном (рис. 3.101) используются, если участок течки, непосредственно примыкающий к устройству для выгрузки золы или пыли, имеет наклон к вертикали более 5° , когда конусные мигалки устанавливать не допускается.

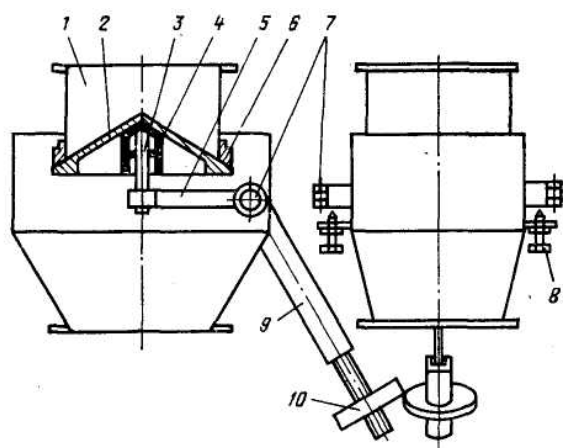


Рис. 3.100. Мигалка с горизонтальным затвором: 1 – приемный патрубок; 2 – клапан конусный; 3 – игла опорная; 4 – стакан; 5 – рычаг; 6 – седло; 7 – ось; 8 – винты регулировочные; 9 – рычаг; 10 – груз

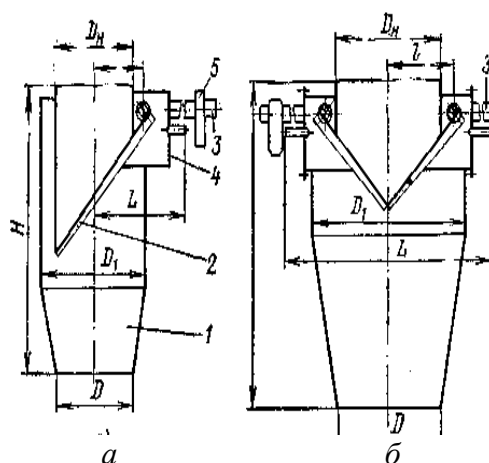


Рис. 3.101. Мигалки с плоским клапаном: а – с одним клапаном; б – с двумя клапанами; 1 – корпус; 2 – клапан; 3 – рычаг; 4 – лючок; 5 – груз

Роторный лопастной (шлюзовой, секторный) затвор состоит из чугунного или сварного корпуса с двумя фланцами, в котором вращается горизонтальный ротор с лопастями (см. рис. 3.102).

К числу недостатков этого затвора относятся: необходимость в электроприводе с редуктором, ненадежная работа (в случае слипаемых пылей – опасность заклинивания посторонними предметами), недостаточная плотность, в особенности при малых расходах пыли.

Ячейки между лопастями, находясь в верхнем положении, заполняются пылью, которая высыпается при проходе ячеек над нижним отверстием. Уплотнение затвора осуществляется самой пылью; в некоторых конструкциях оно регулируется изменением бокового зазора между

ротором и уплотняющими щеками. Роторный лопастной затвор применяется главным образом в случае, когда необходимо осуществить дозировку пыли. Эти затворы также используются для сброса избыточного воздуха при подаче материала в систему с избыточным давлением. Истечение воздуха делает материал текучим и снижает эффективность секторного затвора, особенно когда идет подача материала против высокого давления. Специальная труба подает материал к центру загрузочного патрубка, в то время как избыточный воздух выходит через пространство между подающей трубой и стенками корпуса системы вентиляции.

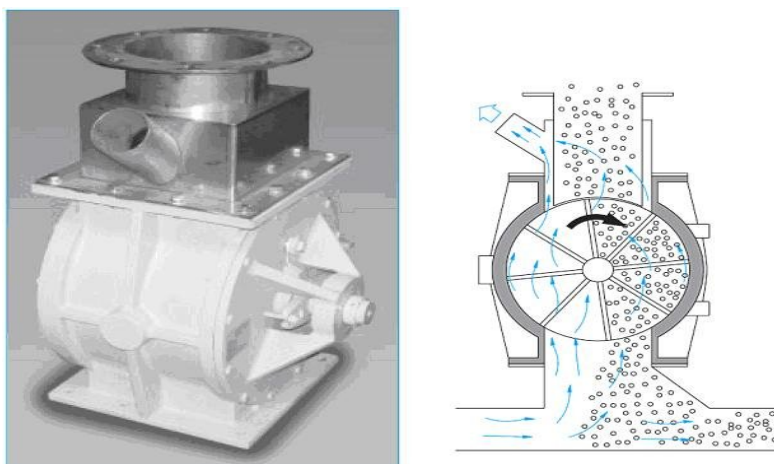


Рис. 3.102. Роторный лопастной затвор с устройством сброса избыточного давления

Роторные затворы при отсутствии над ними уплотняющего столба золы или пыли могут являться источником подсоса воздуха в систему пылеочистки и уменьшения эффективности газоочистных установок. Для пылей с повышенной степенью слипаемости более надежную выгрузку обеспечивают двойные лопастные затворы (рис. 3.103).

К конвейерам, которые могут быть использованы в качестве пылевыгрузочных устройств и одновременно с этим – для транспортировки уловленной золы или пыли на умеренные расстояния, относятся шнековые винтовые конвейеры и конвейеры с погружными скребками.

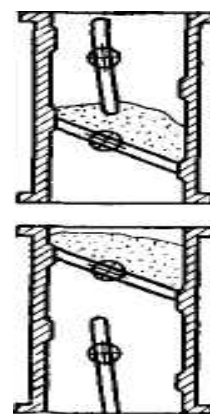


Рис. 3.103. Двойной лопастной затвор

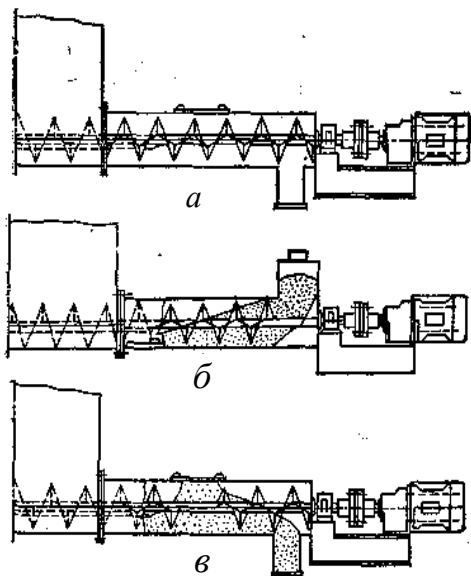


Рис. 3.104. Шнековые конвейеры: *а* – со сплошным винтом; *б* и *в* – принципиальные схемы конвейеров с уплотняющими винтами

Шнековый конвейер может иметь сплошной винт (рис. 3.104, *а*) или лишенный нескольких витков уплотняющий шнек для создания в конвейере уплотняющей пробки золы или пыли (рис. 3.104, *б* и *в*).

Винт уплотняющего шнека, показанного на рис. 3.104, *б*, монтируется частично в бункере аппарата и частично в собственном кожухе. Перед выгрузочным патрубком шнека, конец которого лишен нескольких витков, устанавливается наклонная металлическая плоскость, благодаря которой образующаяся в этом месте пробка из пыли проталкивается шнеком в боковую разгрузочную точку.

В уплотняющем шнеке, показанном на рис. 3.104 *в*, образование пылевой

пробки происходит примерно в центре шнека, где исключены от одного до двух витков винта.

В шнеки перед пуском в эксплуатацию необходимо насыпать достаточное количество пыли для образования запирающей пробки. Оптимальная форма и высота металлического листа уплотняющего шнека, так же как и длина участка, на котором образуется пробка за счет изъятия части витков, должны определяться опытным путем, в зависимости от свойств золы или пыли и перепада давления. Конвейеры с погружными скребками КПС (рис. 3.105) представляют собой закрытый металлический короб, состоящий из отдельных последовательно соединенных секций. Между приводной и натяжной головками внутри короба перемещается тяговая цепь со скребками. Трасса конвейера может быть горизонтальной, наклонной и горизонтально-наклонной.

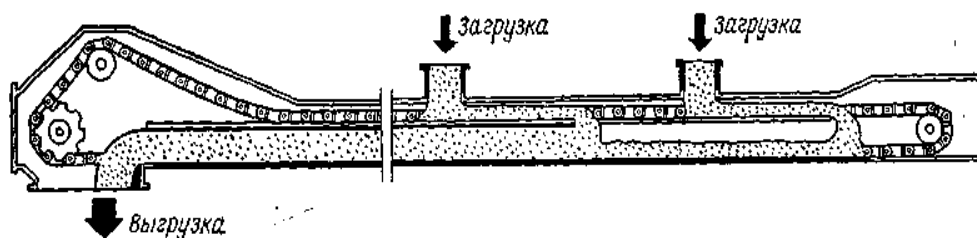


Рис. 3.105. Конвейер с погружными скребками

Затвор типа «хлопушка» (рис. 3.106) может надежно работать при перепаде давлений до 2000 Н/м^2 . Открывание хлопушки определяется весом порции пыли и регулировочным грузом. При температуре пыли до $100 \text{ }^\circ\text{C}$ уплотнение достигается резиновой прокладкой. Для более высоких температурных условий запорный клапан изготавливают из чугуна или стали и ему придается сферическая форма.

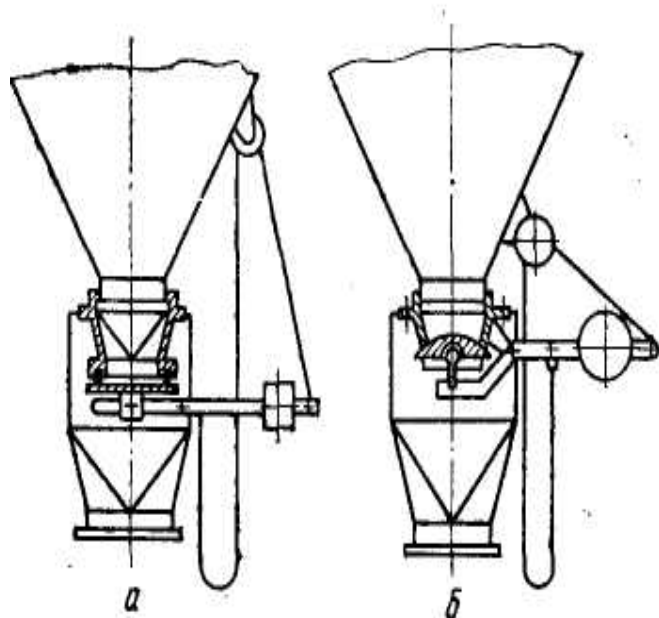


Рис. 3.106. Затвор типа «хлопушка»:
а – с плоским клапаном и резиновым уплотнением;
б – с запорным клапаном, выполненным в виде сферы

Шиберные затворы (рис. 3.107), работающие по принципу задвижки, при отсутствии над ними уплотняющего слоя золы или пыли, обеспечивают хорошую герметичность при давлении до $\pm 1000 \text{ Па}$. При изготовлении шиберов следует обеспечивать легкое скольжение и тщательную пригонку задвижки. Сейчас выпускаются шибера с заслонкой, скользящей на роликах, и электроприводом (рис. 1.107, *б*).

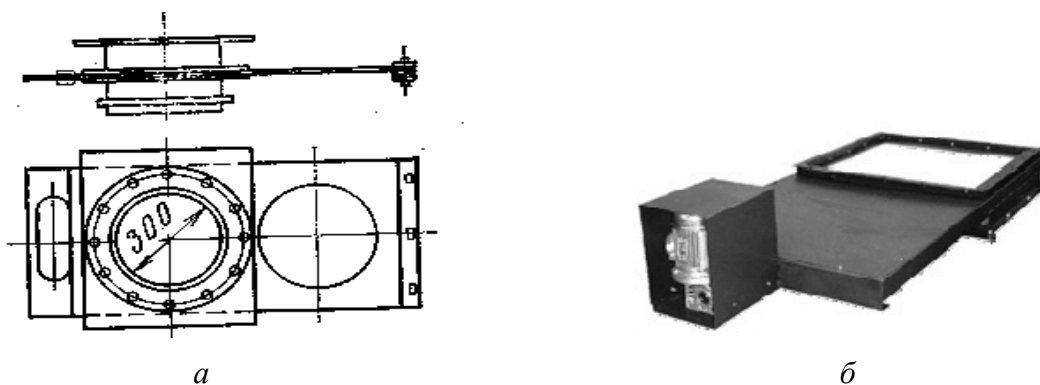


Рис. 3.107. Шибер: *а* – разрез; *б* – общий вид шибера с роликами и приводом

Для силосов и бункеров также используются дисковые затворы (рис. 3.108).

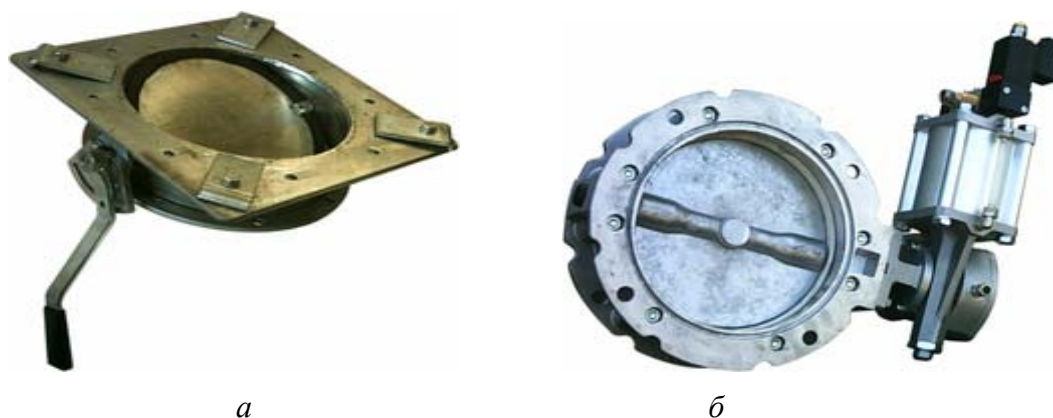


Рис. 3.108. Дисковые затворы силосов:
a – с ручным приводом; *б* – с пневмоприводом (www.stroyinforms.ru)

На рис. 3.109 показана выгрузка пыли из бункера циклона. Рисунок также будет полезен студентам при компоновке оборудования, циклона и бункера, и особенно для выбора габаритных размеров постаментов при проектировании.



Рис. 3.109. Выгрузка пыли:
a – с помощью роторного лопастного затвора; *б* – с помощью шибера

3.6.3. Устройства для мокрого удаления пыли и золы

При гидравлическом транспорте уловленной золы или пыли в качестве затворов под газоочистными аппаратами в большинстве случаев устанавливаются золосмывные аппараты и гидрозатворы.

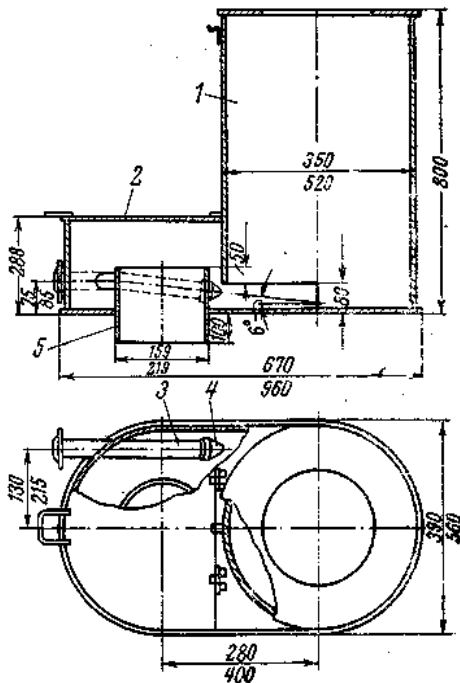


Рис. 3.110. Золосмывной аппарат с гидрозатвором: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – смывной патрубок; 4 – сопло; 5 – сливная труба

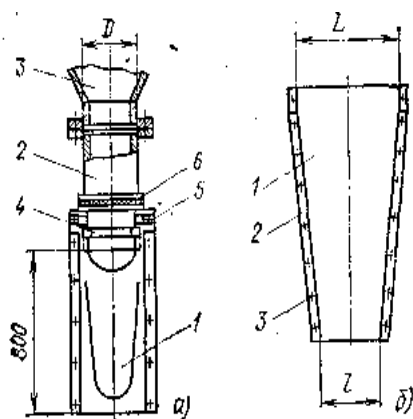


Рис. 3.111. Гидрозатвор с резиновым клапаном

Золосмывные аппараты с использованием энергии струи воды из сопла предназначены для постоянного смыва золы из бункеров золоуловителей (рис. 3.110), работающих под разрежением. Отверстие в крышке цилиндра аппарата для присоединения к золовой течке вырезается по месту при монтаже. В золовой течке должно быть предусмотрено устройство для отключения подачи золы.

Используется также прямой гидрозатвор с резиновым клапаном. Рабочий орган гидрозатвора (рис. 3.111) – резиновый клапан 1 надет на шламовыпускной патрубок 2, присоединенный к нижней части конического бункера 3. Клапан выше упорного кольца 4 стянут полухомутами 5. Упорное кольцо предотвращает сползание клапана в процессе работы. На рис. 1.111, б показана конструкция клапана, который изготовлен из двух листов 1 мягкой эластичной резины, наложенных друг на друга и соединенных по боковым сторонам путем вулканизации. Для обеспечения жесткости соединяемые стороны листов 1 скреплены стальными полосами 2 при помощи болтов 3.

Если пылеуловитель зафутерован плитками, диаметр шламовыпускного патрубка должен обеспечивать свободный проход плиток через патрубок в случае их выпадения.

Но во избежание перекоса клапана и подсосов в пылеуловитель диаметр патрубка не должен превышать 300 мм.

Гидрозатвор работает следующим образом: при пуске системы газоочистки под воздействием создавшегося в аппарате разрежения резиновые листы плотно смыкаются в нижней части клапана, удерживая постепенно увеличивающийся столб шлама, стекающего в гидрозатвор из аппарата.

При достижении столбом шлама высоты, превышающей разрежение в пылеуловителе, листы клапана размыкаются и избыточный шлам сливается через резиновый клапан. При этом над клапаном постоянно находится столб шлама, служащий гидрозатвором и препятствующий подсосам воздуха в аппарат.

Отвод шламовой воды из мокрых пылеуловителей осуществляется гидрозатворами, которые изолируют аппарат от внешней среды и обеспечивают поддержание в нем необходимого манометрического режима (давления или разрежения). Оптимальная скорость отвода (слива) жидкости из аппарата составляет 0,2...0,3 м/с, максимально допустимая скорость слива – 0,5...0,6 м/с.

На практике обычно применяются два типа гидрозатворов: в виде петли (рис. 3.112) или открытого промежуточного сосуда (рис. 3.113).

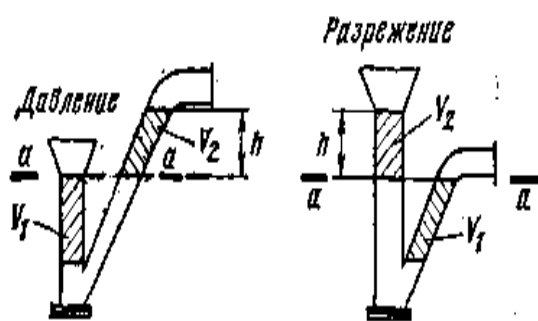


Рис. 3.112. Схема гидрозатвора типа «петля»

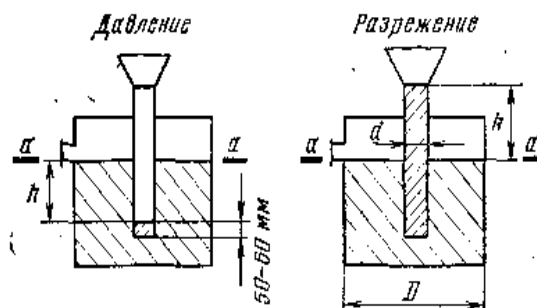


Рис. 3.113. Схема гидрозатвора с открытым промежуточным сосудом

Основное достоинство первого гидрозатвора – постоянство скорости слива по всей его длине, что уменьшает возможность выпадения осадка. В нижней части гидрозатвора устанавливается заглушка, позволяющая провести его очистку при остановках. В случаях герметичного отвода шламовой жидкости на восходящей части петли необходима установка воздушника.

Второй тип гидрозатвора чаще всего применяется для вывода из аппаратов растворов. Достоинство затвора заключается в незначительном колебании уровня жидкости при пуске и остановке за счет большого объема промежуточного сосуда.

Аппарат типа «ковш-мигалка» устанавливается для удаления шлака из мокрых золоуловителей (см. рис. 3.114).

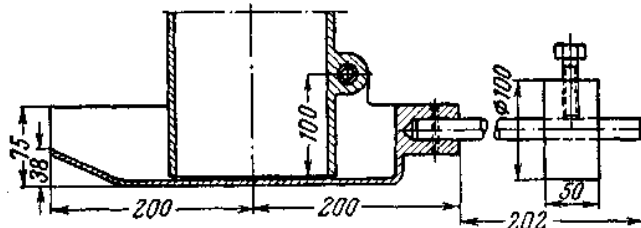


Рис. 3.114. Золосмывной аппарат типа «ковш-мигалка»

3.7. Методология подсчета нагрузок от веса газоходов

Прочностной расчет пылегазопроводных систем производится по методу предельных состояний и с учетом конкретных условий эксплуатации. До начала расчета необходимо проанализировать все виды нагрузок, которые будет испытывать проектируемый пылегазопровод при его работе в проектном режиме.

Классификация и виды нагрузок приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Нагрузка на пылегазопроводы

Классификация нагрузок	Наименование нагрузок	Коэффициент перегрузки	
Постоянные	Масса пылегазопровода с футеровкой, противокоррозионной защитой, теплоизоляцией и арматурой	1,0	
Временные длительные	Отложение пыли или скопление конденсата в пылегазопроводе	см. *	
	Температурные технологические воздействия (разность температур)	1,1	
	Внутреннее давление (разрежение) в период эксплуатации	1,2	
	Кратковременные	Люди и ремонтные материалы внутри и на наружных площадках, прикрепленных к стволу	1,2
		Скопление пыли на наружной поверхности	1,2
		Снеговая нагрузка	1,4**
		Ветровая нагрузка (учитывается только составляющая, перпендикулярная к оси)	1,2 ^{3***}
Особые	Климатические воздействия (разность температур). Учитывается только при отсутствии теплоизоляции	1,2	
	Сейсмические воздействия	1,0	
	Внутреннее давление при испытаниях	1,0	
	Значительные массы отложений в пылегазопроводе при грубом нарушении режимов эксплуатации	см. *	
	Температурные воздействия при резком изменении режимов эксплуатации	1,0	

*Официальных нормативов на коэффициент заполнения пылегазопроводов пылью или конденсатом не существует. В практике института Ленгипрогазоочистка приняты коэффициенты: для пылегазопроводов неочищенного газа – 40 % от сечения, очищенного – 10 %.

**Учитывается только в соответствующих климатических районах.

***При проектировании для районов с особо сильными ветрами, часто достигающим до урагана, оговаривается в задании.

Определение конструктивной массы пылегазопровода и соответственно нагрузок на ствол, опоры и грунт (через фундаменты) обычно не вызывает затруднений.

Сложнее обстоит дело с учетом массы пыли, которая потенциально может осесть в пылегазопроводе. Допустимые коэффициенты заполнения ствола, указанные в примечании к табл. 3.2 (40 и 10 %) – величины чисто эмпирические, принятые на основе опыта эксплуатации. Для проектировщиков они служат ориентиром при прочностных расчетах, для эксплуатационников – предупреждением о необходимости систематического контроля состояния внутреннего пространства ствола. «Завал» пылегазопроводов пылью является в практике эксплуатации газоочистительных сооружений распространенным и нередко опасным явлением. Опасность значительно возрастает, если скопление пыли сопровождается конденсацией паров. На Ачинском глиноземном комбинате из-за нарушений технологического регламента пылегазопровод диаметром около 2 м однажды был заполнен почти на 50 % сильно увлажненной массой материала с плотностью намного выше расчетной. В результате он обрушился. При анализе задания на проектирование необходимо тщательно выяснять возможность подобных ситуаций и предусматривать в проекте соответствующие меры (о них говорится ниже).

Механизм осаждения пылевых частиц в пылегазопроводе сложен. Вначале осаждается первый слой, который удерживается на стенке (днище) за счет сил адгезии; последующие слои удерживаются аутогезионными силами. Для ориентировочной оценки степени осаждения предложен ряд эмпирических формул.

Отметим только, что в большинстве случаев процесс осаждения пыли, если уж он начался, необратим. Для разрушения слоя пыли на днище пылегазопровода нужно преодолеть силу тяжести, адгезии и аутогезии, причем две последние силы с течением времени не ослабевают, а увеличиваются.

4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗООЧИСТНЫХ УСТАНОВОК

Обычно работы по изготовлению элементов очистных установок и вентсистем можно разбить на следующие этапы:

- Подготовка материала (очистка от пыли, загрязнений, правка дефектов и т. д.).
- Выбор исходных размеров материала для его экономной раскройки.
- Раскрой материала для необходимых элементов газохода, аппарата.
- Изготовление аппаратов, прямых и фасонных деталей газохода.
- Нанесение антикоррозионных покрытий.
- Необходимые дополнительные виды обработки элементов установки.
- Проверка качества изготовления.
- Транспортировка аппаратов и укрупненных звеньев газохода на объект.
- Подготовительные работы к монтажу (устройство фундаментов, постаментов, креплений, консолей, ложементов, обустройство проемов, подвесок и т. д.).
- Монтаж аппаратов, укрупненных звеньев газохода.
- Монтаж очистной установки, систем аспирации и вентиляции.
- Производство замеров параметров, выявление несоответствия проекту и настройка системы.
- Отделочные работы.
- Сдача объекта заказчику.

Пределы огнестойкости транзитных воздуховодов и коллекторов при прокладке их через помещения приведены в СНиП 2.04.05–91.

В соответствии с этими требованиями во встроенно-пристроенных помещениях воздуховоды вентиляционных систем из негорючих материалов должны проектироваться:

- для транзитных участков или коллекторов систем кондиционирования воздуха и воздушного отопления;
- для прокладки в пределах помещений вентиляционного оборудования, а также на технических этажах, чердаках и в подвалах;
- для помещений и кладовых категорий А, Б и В.

Воздуховоды из трудногорючих материалов допускается проектировать:

- в одноэтажных зданиях;

- в помещениях категорий Г и Д, кроме коллекторов и транзитных участков;
- в пределах обслуживаемых производственных помещений.

4.1. Изготовление газоходов

Воздуховоды и фасонные части вентиляционных систем должны изготавливаться в соответствии с рабочей документацией и утвержденными в установленном порядке техническими условиями.

По виду применяемого материала (табл. 4.1) воздуховоды подразделяются на *металлические* и *неметаллические*.

Таблица 4.1

Материалы для воздуховодов

Характеристика транспортируемой по воздуховодам среды	Материалы
Воздух с температурой менее 80 °С при относительной влажности не более 60 %	Бетонные и железобетонные блоки, асбестоцементные трубы и короба, известково-гипсовые, керамзитобетонные, шлакоалебастровые, арболитовые плиты и другие неметаллические материалы, сталь кровельная и тонколистовая и картон
Воздух с температурой менее 80 °С при относительной влажности более 60 %	Бетонные и железобетонные блоки, асбестоцементные трубы и короба, пластмассовые трубы, короба и плитки, алюминий листовой, плиты из влагостойких строительных материалов, керамические трубы и короба, сталь тонколистовая оцинкованная, бумага и картон с соответствующей пропиткой
Воздушная смесь с химически активными газами и пылью	Керамические трубы и короба, пластмассовые трубы, короба и плитки, химически стойкие строительные материалы, сталь листовая, бумага и картон с соответствующими транспортируемой среде защитными покрытиями и пропиткой, блоки из кислотоупорного бетона и пластобетона
Воздух с химически нейтральной пылью и газами	Керамические трубы и короба, бумага и картон с соответствующими пропитками (для газов), пластмассовые трубы, короба и плитки (для газов), бетонные и железобетонные блоки, известково-гипсовые, шлакоалебастровые, арболитовые плиты (для газов), сталь тонколистовая, алюминий листовой, блоки из пластобетона (для газов)

Наибольшее распространение получили металлические воздуховоды, составляющие более 90 % всех воздуховодов. Металлические воздуховоды изготавливают преимущественно из малоуглеродистой кро-

вельной и тонколистовой черной и оцинкованной стали (около 95 %). Оцинкованные воздуховоды, как правило, применяют в системах кондиционирования воздуха, а также для вентиляции в зданиях культурно-бытового назначения. Воздуховоды из нержавеющей стали, титановых сплавов, алюминия, меди и т. д. используют в основном для вытяжной вентиляции от технологического оборудования, выделяющего при эксплуатации сильно агрессивные газы и пары, а также для вентиляции административных и гражданских зданий, где требуется повышенная долговечность всех инженерных устройств.

При перемещении воздуха температурой более 80 °С, а также воздуха с механическими примесями воздуховоды изготавливают из листовой стали толщиной 1,4 мм; при транспортировании воздуха с абразивными пылями толщина стали для воздуховодов должна обосновываться расчетом.

Неметаллические воздуховоды. Асбестоцементные воздуховоды используют в системах вентиляции и кондиционирования воздуха промышленных, общественных и жилых зданий.

Изготавливают воздуховоды из асбестоцементных коробов, которые имеют ряд преимуществ по сравнению с воздуховодами из других материалов, в том числе и металлическими. Асбестоцементные короба не подвержены коррозии, имеют гладкую внутреннюю поверхность, допускают транспортирование воздуха повышенной влажности, не горючи, легко распиливаются и сверлятся. Недостатком таких коробов является их хрупкость, что усложняет транспортировку и монтаж.

Воздуховоды из бетона и железобетона изготавливают обычно при устройстве вентиляции в крупных промышленных объектах. Их чаще всего используют в качестве приточных каналов, располагаемых в полах или технических этажах зданий. Главным условием при сооружении воздуховодов (каналов) из этих материалов является плотность, отсутствие трещин и пустот, а также гладкая поверхность внутренних стенок.

Воздуховоды из керамзитобетона, арболита, известково-гипсовых плит и других материалов в виде каналов, приставных и подвесных коробов применяют при устройстве вентиляции в жилых, общественных и гражданских зданиях, а также в бытовых помещениях промышленных сооружений.

В качестве стенок воздуховодов (каналов) можно использовать негорючие конструкции зданий при условии их оштукатуривания (затирки) и окраски масляной краской. Металлические конструкции подшивных потолков, пространство которых используется в качестве воздуховодов, должны быть защищены антикоррозионным покрытием.

Для изготовления неметаллических воздуховодов используют винипласт, полиэтилен, полипропилен, стеклопластики и другие полимерные материалы.

Из неметаллических воздуховодов долгое время использовались воздуховоды из листового винипласта. Винипласт – один из пластика-тов, обладающих стойкостью против химической и электрохимической коррозии. Такой винипласт легко режется, хорошо изгибается в нагретом состоянии, прочно сваривается и склеивается. Винипласт почти в 6 раз легче стали.

Применение воздуховодов из винипласта ограничивается резким ухудшением его механических свойств при изменении температуры окружающего воздуха. При нагреве свыше плюс 60 °С винипласт становится пластичным, а при охлаждении до минус 20 °С – хрупким и ломким. Кроме того, по условиям пожарной безопасности воздуховоды из винипласта разрешается прокладывать только в пределах вентилируемого помещения (без пересечения перекрытия).

Также в настоящее время используются композиционные материалы. *Стеклопластики* – материалы, представляющие собой комбинацию из синтетических смол и стеклянного волокна разного вида или ткани из него. Стеклянное волокно армирует пластмассу, увеличивает ее прочность, а пластмасса защищает стеклянное волокно от воздействия разрушающих факторов и распределяет напряжение между волокнами. Стеклопластики обладают высокой прочностью при малой плотности и стойкостью против коррозии.

Изготовление вытяжных труб из стеклопластика позволяет получить конструкцию (рис. 4.1), химически стойкую к характеристикам транспортируемых газов, увеличить вытяжную тягу за счет гладкости внутренних стенок, а также уменьшить разрушительное воздействие облака окутывания на оголовки трубы.



Рис. 4.1. Изделия из стеклопластика: *а* – вытяжная труба; *б* – царга

К этой же группе относятся *воздуховоды из стеклоткани*. Стеклотканевые воздуховоды имеют стальной проволочный каркас. Они выпускаются в виде рукавов различной длины диаметром 100...1000 мм. Преимуществом стеклотканевых воздуховодов на стальном каркасе является их гибкость, что позволяет без всякого труда образовывать из рукавов такие сравнительно сложные фасонные части, как отводы и утки.

Алюмополиэтиленовые воздуховоды являются новейшей Российской разработкой в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Воздуховод трехслойный – алюминий/полиэтилен/алюминий; изготавливается способом навивки из алюмополиэтиленовой ленты с армированием стальной проволокой. Воздуховод не горюч, устойчив к коррозии, имеет эстетичный внешний вид.

Для изготовления временных вентиляционных устройств может быть также использована широко применяемая в быту полиэтиленовая пленка. Исходными материалами для пленочных воздуховодов являются готовые полиэтиленовые рукава диаметром 500 и 800 мм или обычные полиэтиленовые полотна толщиной 200 мкм, из которых одним из известных способов могут быть изготовлены соответствующие рукава. В обычном состоянии они представляют собой сложенное вдвое полотно полиэтилена с плотно соединенными одним или двумя продольными швами. Длина таких рукавов практически может быть любой, в зависимости от назначения. При включении вентилятора рукав заполняется воздухом и приобретает форму цилиндра. При прекращении работы вентилятора воздух выходит из воздуховода и рукав становится плоским. Недостаток таких воздуховодов – их небольшая прочность. Воздуховоды из полиэтиленовой пленки обычно применяют в сельскохозяйственных помещениях и складах и как временные воздуховоды в строительстве и промышленности.

Текстильные воздуховоды (полотняные) – это удобные распределительные устройства для подачи воздуха практически во всех отраслях промышленного производства, сферы обслуживания, торгово-развлекательных центрах. Что касается их типов и исполнения, то они отличаются высокой вариабельностью и разнородностью. При правильном подборе материала, его формы и цвета, способа установки и назначения можно удовлетворить требованиям самого взыскательного заказчика (см. рис. 4.2).

Благодаря применению искусственных материалов даже в самой агрессивной среде полностью исключена коррозия.

Основной областью использования текстильных воздуховодов является пищевая промышленность. Благодаря простоте монтажа, качественным искусственным тканям диффузоры можно неоднократно сти-

рать и дезинфицировать. Низкая скорость на выходе обеспечивает подачу свежего воздуха непосредственно к рабочим местам.



Рис. 4.2. Варианты установки текстильных воздуховодов (www.bazaovk.ru)

Существуют интерьеры, в которых напрашивается нетрадиционное решение подачи воздуха. Прежде всего это дискотеки, игровые залы, стильные рестораны и магазины. Если речь идет об офисных помещениях, банках, театрах, ресторанах с классическим интерьером, то и здесь можно найти интересные решения, правильно выбрав форму, цвет и способ крепления.

Основные преимущества: отсутствие сквозняков при подаче воздуха; равномерное распределение и смешивание воздуха в помещении; бесшумность работы; возможность стирки и дезинфекции; отсутствие образования конденсата при подаче охлажденного воздуха; легкость чистки и обслуживания.

В зависимости от назначения используют воздухопроницаемые и воздухонепроницаемые текстильные материалы. Первый вариант удобен при раздаче воздуха в помещении (роль длинного диффузора до 100 м), а по второму варианту в теле такого газохода в нужных местах делаются щели или отверстия для выпуска воздуха в нужном месте.

По жесткости все газоходы делятся:

- на жесткие;
- полужесткие (полугибкие);
- гибкие.

Жесткие воздуховоды изготавливаются из оцинкованной жести и могут иметь круглую или прямоугольную форму. Гибкие воздуховоды круглого сечения – легкие, не нуждаются в специальных поворотах, в результате чего воздуховод имеет меньше соединений, что упрощает монтаж. Однако гибкие воздуховоды создают большое аэродинамическое сопротивление, которое может оказаться чрезмерным при протя-

женной сети, поэтому их часто применяют в качестве присоединительных патрубков небольшой длины. Гибкие обычно изготавливаются из многослойной алюминиевой фольги, резины, полимеров. Круглую форму таким воздуховодам придает каркас из свитой в спираль стальной проволоки. Гибкие воздуховоды используют обычно для соединения элементов воздухопроводов или распределителей воздуха, расположенных на потолке, а также для аспирации нестационарных источников загрязнения. Такая конструкция удобна также тем, что воздуховоды при транспортировке и монтаже можно складывать «гармошкой». Гибкие воздуховоды, предназначенные для систем вентиляции и кондиционирования воздуха, бывают неизолированные, теплоизолированные и звуко- и теплоизолированные, полужесткие.

Недостатком гибких воздухопроводов является высокое аэродинамическое сопротивление, вызванное неровной внутренней поверхностью, поэтому их используют только на участках небольшой протяженности. Чтобы не передавить такой воздухопровод, его надо подвешивать на тросиках или петлях шириной не менее 25 мм.

Гибкие каркасные воздуховоды могут быть со звукопоглощающим слоем или без него. Воздуховоды со звукопоглощением представляют собой трехслойную конструкцию. Их внутренний и внешний слои состоят из синтетического материала с алюминиевой фольгой, а средний слой – из супертонкого минерального волокна, например из базальтового, с толщиной слоя 25 мм. Для механической прочности средний слой монтируется на каркасе из металлической спирали.

Требования, предъявляемые к воздуховодам в системах аспирации и пневмотранспорта, несколько отличаются от требований к системам общеобменной вентиляции.

Основные отличия:

- прямые участки воздухопроводов изготавливаются, как правило, прямошовными (за рубежом разрешено применять спирально-навивные воздуховоды);
- способ соединения элементов воздухопроводов между собой – фланец из уголка;
- радиус закругления отводов равен двум и более диаметрам воздухопровода;
- ответвления воздухопроводов делаются с помощью тройников;
- воздуховоды должны быть проложены без провисания отдельных участков;
- в местах изменения направления трассы воздухопроводов и их сечения ставятся смотровые лючки для их осмотра и очистки.

Металлические газоходы. Наибольшее распространение в системах очистки получили металлические воздуховоды.

По способу соединения металла воздуховоды могут быть фальцевыми, сварными и др. По своей конструкции они разделяются на прямошовные и спиральные.

Прямошовные воздуховоды получили свое название из-за прямых швов, с помощью которых соединяются две кромки листа. Длина прямошовных воздуховодов равна длине листа, из которого они изготавливаются, и не превышает обычно 2,5 м.

Прямошовные фальцевые воздуховоды (рис. 4.3) изготавливают из листовой стали толщиной до 1,5 мм. Соединение листов между собой осуществляется на лежачем или угловом фальцевом шве.

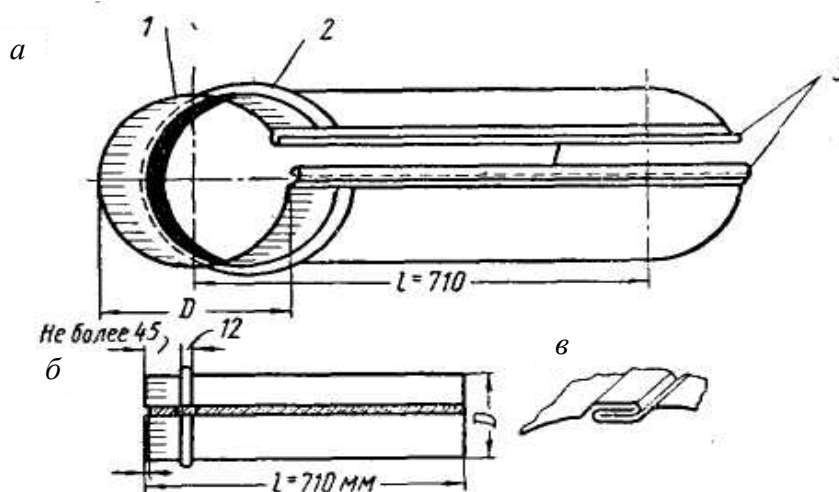


Рис. 4.3. Стадии изготовления прямошовного газохода: *а* – общий вид звена после обработки; *б* – звено воздуховода с закатанным швом; *в* – соединение продольного фальца; 1 – гофрированный конец звена; 2 – валик жесткости (зиг); 3 – лежачие фальцы

Сварные воздуховоды изготавливают путем электрической сварки внахлестку листового металла преимущественно толщиной 1,5...2 мм. Соответственно в спирально-сварных воздуховодах кромки стальной ленты толщиной 0,8...2,2 мм соединяют не в замок, а путем сварки. Сварные воздуховоды применяют в тех случаях, когда требуются повышенная жесткость, надежность и плотность конструкций, а также в системах аспирации и пневмотранспорта, где помимо особой плотности необходима повышенная толщина стенок воздуховодов в связи со сравнительно быстрым их износом движущимися с воздухом взвешенными твердыми частицами.

Спиральные воздуховоды появились сравнительно недавно. В отличие от прямошовных они изготавливаются путем спиральной навивки стальной ленты и поэтому могут иметь любую заданную длину.

Преимущества:

- повышенная жесткость по сравнению с прямошовными воздуховодами;
- нет ограничения по длине изготавливаемого воздуховода;
- эстетичный внешний вид;
- высокая плотность шва.

Спиральные воздуховоды (рис. 4.4) изготавливают на специальных высокопроизводительных станках. Преимуществом спиральных воздуховодов является меньшая трудоемкость их изготовления по сравнению с прямошовными.

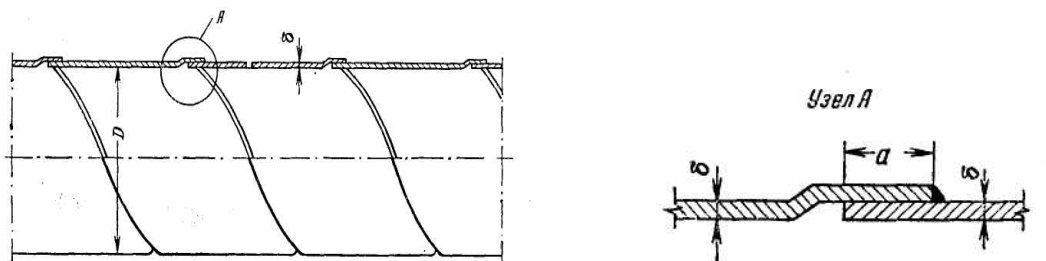


Рис. 4.4. Спирально-сварной газопровод

Спиральные фальцевые воздуховоды, получившие название спирально-замковых, изготавливают из стальной узкой ленты толщиной 0,5...1 мм, шириной около 130 мм. Кромки ленты соединяют между собой в замок по спиральной образующей.

Недостаток – на фальцевый шов уходит около 15 % металла, из которого изготовлен воздуховод.

Спирально-сварные круглые стальные воздуховоды. Изготавливаются из стальной оцинкованной ленты толщиной 0,8...2,2 мм, шириной около 400...750 мм. Стыки свариваются внахлест.

Недостаток – нельзя производить из стали тоньше 0,8 мм.

4.1.1. Разметка элементов газопровода

Прежде чем приступить к изготовлению металлических воздуховодов и фасонных частей, необходимо разметить развертки отдельных деталей на плоскости картины (листа материала) (см. рис. 4.5).

Размеченные части деталей на кровельной стали вырезают и соединяют между собой, например на фальцах, для чего при разметке должны быть предусмотрены припуски на продольный и поперечный фальцы. Разметку можно производить следующими способами:

- геометрическим построением развертки детали;
- инженерными приближенными способами разметки;
- шаблонным методом разметки.

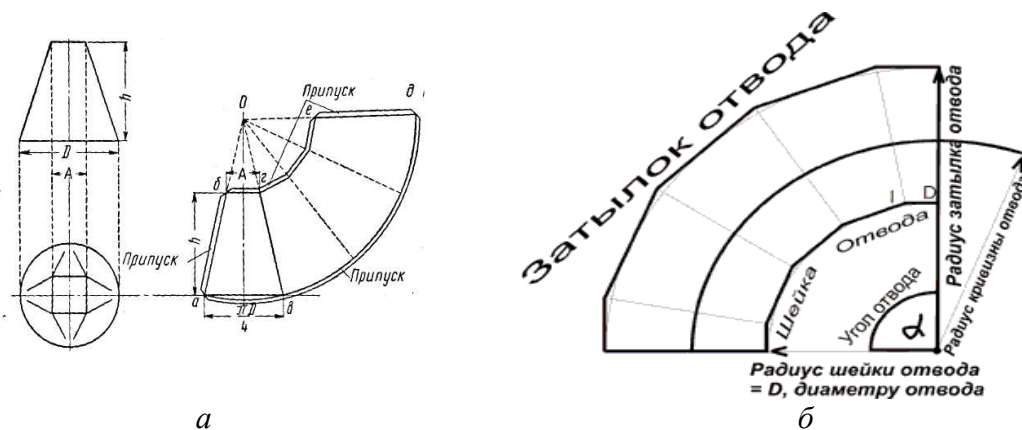


Рис. 4.5. Разметка: *а* – перехода с круглого сечения на квадратное; *б* – отвода

Необходимо также следить за тем, чтобы при раскрое получилось минимальное количество обрезков и фальцевых соединений.

Разметка фасонных частей (отводов, тройников, крестовин и др.) намного сложнее разметки прямоугольных воздухопроводов.

4.1.2. Изготовление фальцевых газоходов

Фальцем, или замком (рис. 4.6), называют отогнутые различными способами и соединенные между собой кромки двух листов. До недавнего времени при ручном изготовлении воздухопроводов фальцевые швы были единственным видом соединения металлических листов. Наряду с преимуществами (простота соединения, достаточная прочность) фальцевые соединения имеют ряд недостатков: значительный расход металла на образование фальца, проникновение в них влаги, недостаточная коррозионная стойкость и др. Этим недостаткам не имеют сварные соединения, получившие широкое распространение.

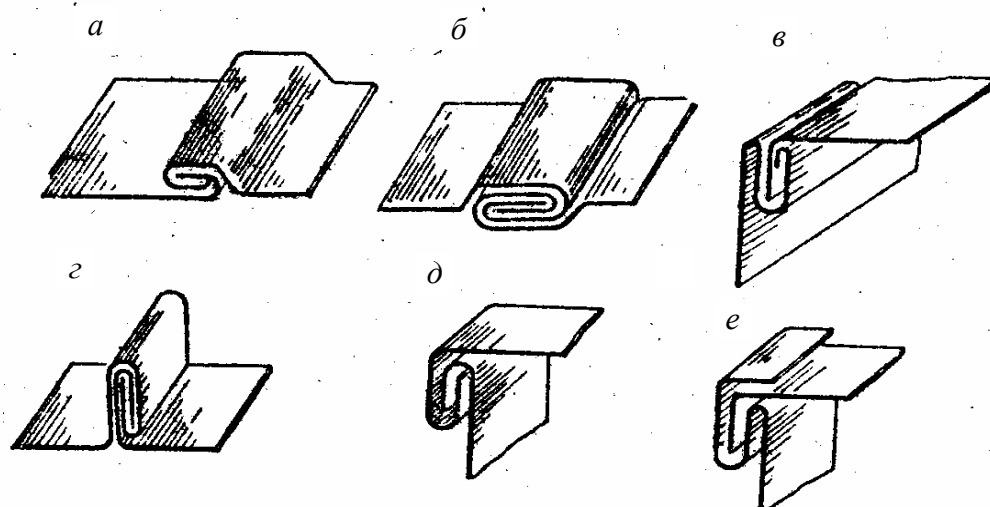


Рис. 4.6. Виды фальцевых соединений

В зависимости от конструкции шва наиболее распространенными фальцевыми соединениями являются одинарные лежачие (см. рис. 4.6, *a*), двойные лежачие (см. рис. 4.6, *б*), угловые с защелочным фальцем (см. рис. 4.6, *в*), двойные-стоячие (см. рис. 4.6, *г*), одинарные угловые (см. рис. 4.6, *д*) и комбинированные угловые (см. рис. 4.6, *e*).

На рис. 4.7 показана последовательность изготовления двойного стоячего фальца, который также широко используется при устройстве крыш, обеспечивающего почти 100 %-ю гарантию от протечек. Большинство фальцевых соединений можно изготовить вручную, однако их выполняют на специальных механизмах.

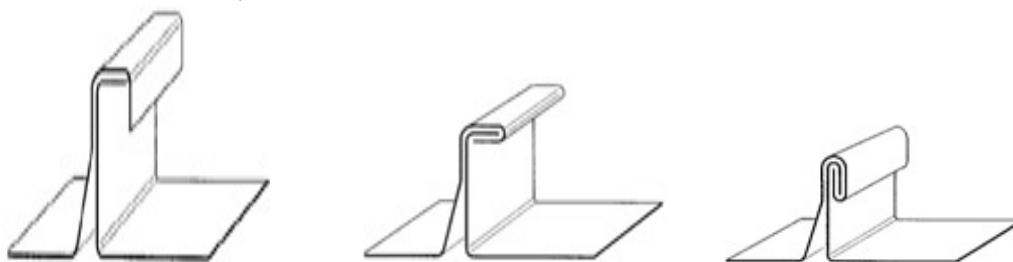


Рис. 4.7. Последовательность изготовления двойного стоячего фальца для металлической крыши

В свое время при ручном изготовлении воздуховодов широко применялся двойной фальц, обеспечивающий более высокую плотность соединения по сравнению с одинарным. После механизации большинства операций по изготовлению фальцев и благодаря использованию отсечки, препятствующей смещению частей замка по отношению друг к другу, двойной фальц стали применять крайне редко.

Одной из передовых технологий в области вентиляции и кровельных покрытий является технология защелкивающегося фальца.

Использование «защелки» позволит значительно сэкономить время монтажа газохода и кровли и не потребует специального фальцующего оборудования.

В зависимости от расположения фальцевые швы бывают продольными, расположенными вдоль воздуховода, и поперечными, расположенными перпендикулярно продольной оси воздуховода. При изготовлении воздуховодов чаще выполняют продольные соединения в виде одинарного лежачего фальца и угловые соединения с защелочным фальцем. Для поперечных соединений применяют одинарный стоячий или лежащий фальц. Эти соединения при нормальном исполнении отвечают основному требованию – обеспечивают высокую плотность, не допускающую подсосы и утечки воздуха в вентиляционных системах.

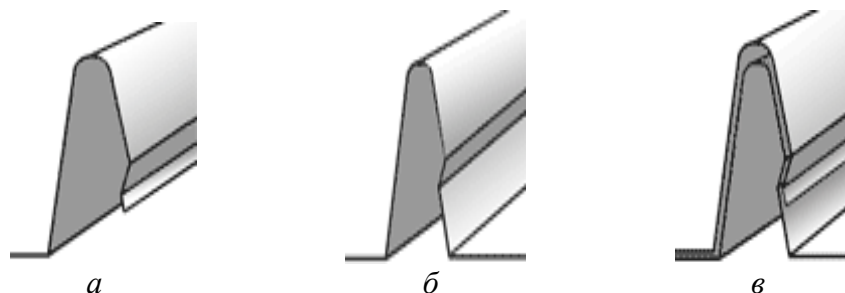


Рис. 4.8. Защелкивающийся фальц: *а, б* – кромки двух листов; *в* – фальц в сборе

4.1.3. Сварные газоходы

В соответствии со СНиП круглые воздуховоды диаметром свыше 1400 мм и прямоугольные сечением более 1600×2000 мм, перемещающие воздух с механическими примесями и абразивными пылями, изготавливают из листовой стали толщиной свыше 1 мм. Такие воздуховоды выполняются сварными.

Неразъемные соединения при изготовлении воздуховодов выполняют, как правило, с помощью электросварки – ручной, дуговой, сварки в среде защитных газов, автоматической и полуавтоматической под слоем флюса, а в последнее время – плазменной. Значительно реже применяют контактную сварку – точечную и шовную.

Дуговая сварка в среде защитного газа отличается тем, что расплавленный металл защищается от окисления не флюсом, а защитным газом, оттесняющим атмосферный воздух от зоны дуги. В качестве защитных газов применяют аргон, азот, двуокись углерода. Наибольшее распространение, в том числе и в вентиляционных работах, получила аргонодуговая сварка и особенно сварка в среде двуокиси углерода.

Контактной сваркой называют сварку под давлением, при которой нагрев производится теплотой, выделяющейся при прохождении электрического тока. При изготовлении воздуховодов и деталей вентиляционных систем применяют контактную сварку двух видов – точечную и шовную (в меньшем объеме).

При точечной сварке соединение деталей происходит на участках, ограниченных площадью торцов электродов, подводящих токи передающих усилие сжатия. При точечной сварке листы или детали накладывают друг на друга и зажимают между электродами, к которым подводится сварочный ток. Нагрев металла происходит при замыкании сварочной цепи, при этом в зоне свариваемых листов металл расплавляется. После выключения тока жидкий металл ванны остывает (кристаллизуется) и образуется сварная точка.

При изготовлении воздуховодов используют и плазменную сварку.

В вентиляционных работах применяют различные сварные соединения и швы. Сварным соединением называется элемент сварной кон-

струкции, состоящий из двух или нескольких деталей конструкции и сварного шва, соединяющего эти детали. Соединения на сварке, применяемые при изготовлении вентиляционных систем, бывают стыковые, стыковые с отбортовкой, нахлесточные, угловые. Стыковые соединения (рис. 4.9, а) осуществляют для сварки воздуховодов и их деталей из листовой стали толщиной 1,5...3 мм. Для выполнения такого соединения необходима подготовка кромок листов и точная подгонка зазоров величиной до 0,5 мм. Стыковые соединения с отбортовкой (рис. 4.9, б) применяют при изготовлении вентиляционных коробов. Для выполнения такого соединения у листов металла делают вначале отбортовку, а затем листы сваривают по гребешку.

Самый распространенный вид сварного соединения при изготовлении воздуховодов и фасонных частей – нахлесточное соединение. Это соединение осуществляется путем наложения одного элемента соединения на другой. Величина перекрытия должна быть не менее удвоенной суммы толщин кромок свариваемых изделий (рис. 4.9, в).

Свариваемые поверхности не обрабатывают (не считая зачистку кромок). Листы при таком соединении обычно заваривают с обеих сторон, чтобы не допустить проникания влаги в зазор между ними. При изготовлении круглых и прямоугольных воздуховодов нет возможности проварить шов изнутри, поэтому ограничиваются сваркой только наружных кромок.

Нахлесточные швы с отбортовкой применяют также при изготовлении отводов круглого сечения. Угловые соединения (рис. 4.9, г) осуществляются при расположении свариваемых элементов под прямым или произвольным углом, и сварка выполняется с одной или обеих сторон.

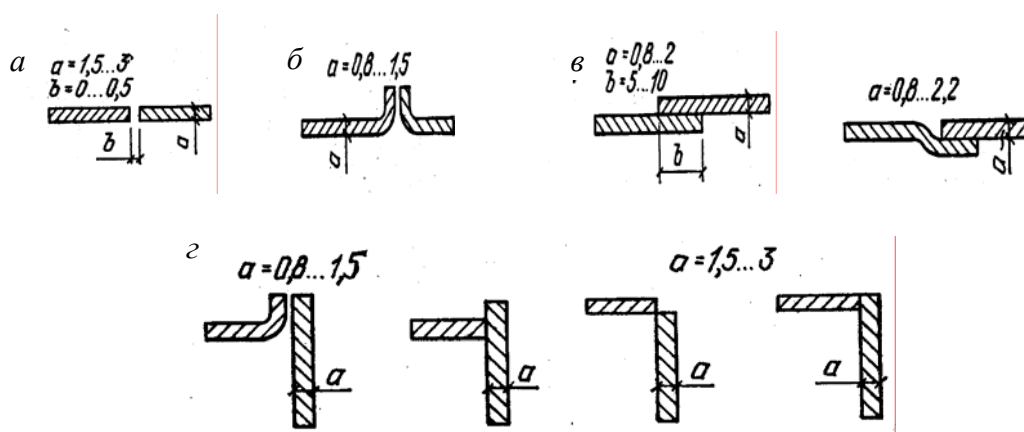


Рис. 4.9. Виды сварных соединений

В связи с тем, что воздуховоды занимают большой объем, их перевозка от заводов-изготовителей на объекты требует больших затрат на

транспорт. При строительстве объектов промышленного назначения используют оборудование, позволяющее организовать работы по производству прямых, круглых, спиральнозамковых воздуховодов прямо на объекте (рис. 4.10).

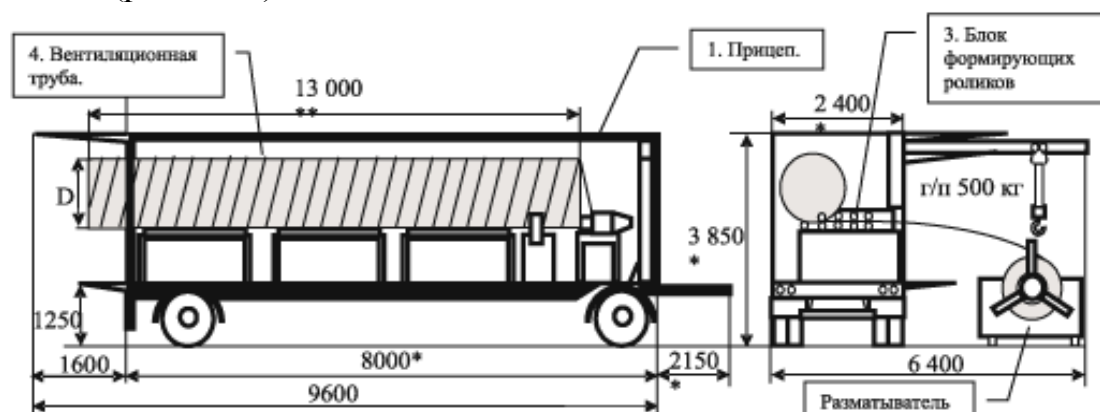


Рис. 4.10. Передвижная линия для изготовления спиральнозамковых газопроводов (www.tdlis.ru)

4.1.4. Изготовление неметаллических воздуховодов

Для изготовления неметаллических газопроводов используют многие термопластичные и терморезистивные полимеры. Изготовление воздуховодов из термопластичных полимеров рассмотрим на примере винипласта. Винипласт применяют для изготовления воздуховодов, работающих в средах с температурой не более плюс 50 °С и не менее минус 5 °С. При перевозке воздуховодов из винипласта на большие расстояния их упаковывают в деревянную обрешетку. В связи с этим в последние годы количество воздуховодов из винипласта уменьшается и вместо них применяют дорогие, но более транспортабельные и долговечные воздуховоды из нержавеющей стали и алюминия.

В листовом винипласте не всегда достаточно равномерно распределены внутренние напряжения, возникающие в процессе их производства, поэтому листовой винипласт перед употреблением необходимо подвергнуть термической обработке путем трехкратного нагрева до 130...150 °С и постепенного охлаждения до температуры помещения.

На заводах вентиляционных заготовок листы винипласта нагревают в паровой подогревательной печи, в которой размещен змеевик из газовых труб, или в шкафу с рециркуляцией воздуха, нагретого до 150...170 °С с помощью специального вентиляционного агрегата с калорифером. Листы винипласта укладывают в печь или духовой шкаф на противни. Нагревать винипласт необходимо равномерно, т. к. перегрев, характеризующийся потемнением поверхности и появлением пузырей, приводит к разложению и даже полному разрушению материала.

Нагревательные печи и духовые шкафы используют не только для «нормализации» листового винипласта, но и для изготовления воздуховодов цилиндрической формы. Для этого отдельные заготовки нагревают до 120...140 °С и сгибают до нужного диаметра, после чего быстро охлаждают до 30...40 °С, а полученную заготовку сваривают. Гибку цилиндрических заготовок осуществляют методом прессования с помощью пуансона и матрицы или путем выкатки с помощью барабана и ленточного полотна. Гибку листов под прямым углом после нагрева места сгиба производят на сгибочном приспособлении. Принципы работы устройств для гибки листов винипласта показаны на рис. 6.10. У воздуховодов прямоугольного сечения углы следует закруглять, а для обеспечения прочности сварку выполнять, как и металлических воздуховодов, не на углах, а на гранях.

Сварка винипласта. При изготовлении изделий из винипласта все соединения листов между собой, присоединения к звеньям фланцев и крепление ребер жесткости производят с помощью сварки, которая является одним из самых трудоемких процессов (рис. 4.11).

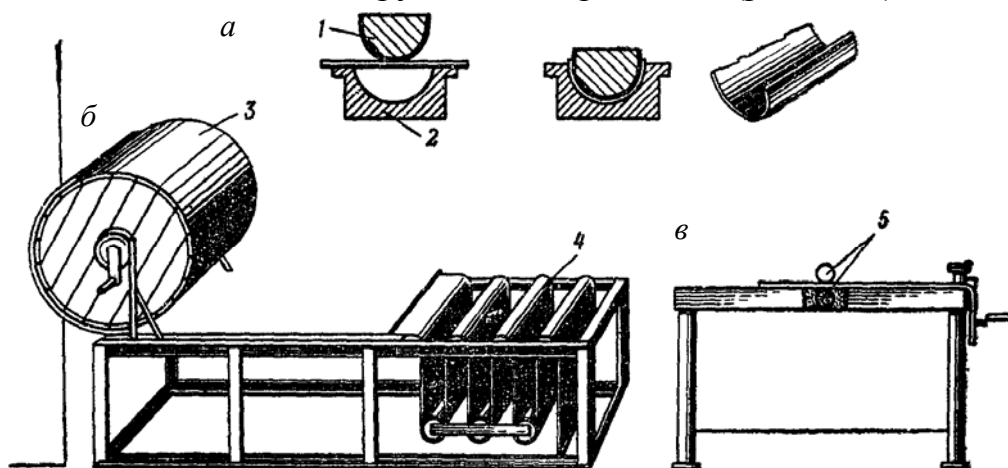


Рис. 4.11. Принципиальные схемы для гибки листов винипласта различными методами: *а* – прессованием; *б* – выкаткой; *в* – прямым гнутьем; 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – барабан; 4 – ленточное полотно; 5 – электронагреватели

В качестве сварочного материала применяют специальные винипластовые прутки диаметром 2...3 мм. Их поверхность должна быть гладкой или слегка шероховатой, без трещин, утолщений и пузырей.

Сварку выполняют следующим образом. Когда температура воздуха на расстоянии 6...8 мм от сопла достигнет 200...210 °С, струю воздуха направляют на начало шва и вводят в нее конец сварочного прутка. Во время сварки струя воздуха направляется так, чтобы одновременно с нагревом свариваемого материала размягчался и сварочный пруток.

Разъемные соединения могут быть раструбными и на фланцах из винипласта или из обычного стального уголка (см. рис. 3.49). Раструб-

ное соединение (см. рис. 3.49, в) образуется приваркой к гладкому концу звена воздуховода двух муфт: короткой – длиной 100 мм (заподлицо с концом звена) и длинной, образующей собственно раструб. Раструбы заполняют полимерным мастичным жгутом, смоляной прядью или жгутом из универсальной невысыхающей пасты. Раструбное соединение может выполнять роль компенсатора на прямых участках вентиляционной сети из винипласта, т. к. коэффициент линейного расширения винипласта в 4 раза больше, чем металла.

Соединение на накидных фланцах с отбортовкой (рис. 4.12, а) допускается для воздухопроводов диаметром не более 315 мм. Для воздухопроводов больших диаметров применяют соединения с приваренными фланцами из винипласта (рис. 4.12, в) и соединения с накидными фланцами и с приваренным бортом (рис. 4.12, з). В последнем соединении фланцы могут быть из винипласта или обычные – стальные.

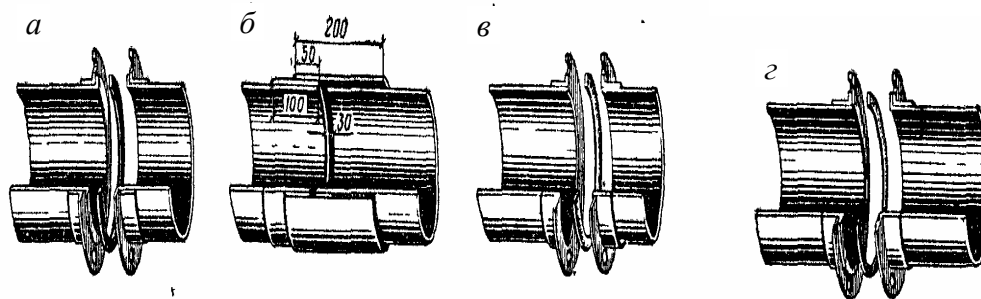


Рис. 4.12. Разъемные соединения воздухопроводов из винипласта: а – на накидных фланцах с отбортовкой; б – раструбное; в – на приваренных фланцах; з – на откидных фланцах и с приваренным бортом

4.2. Защита вентиляционных изделий от коррозии

Воздуховоды из черной стали для защиты от коррозии агрессивными парами подвергают грунтовке и окраске различными составами. Порядок окраски воздухопроводов в зависимости от их назначения определен соответствующими нормативными документами.

Строительными нормами и правилами предусмотрены различные способы защиты от коррозии вентиляционных воздухопроводов, изготовленных из черной кровельной и тонколистовой стали.

Вторая окраска наружной поверхности воздухопроводов под колер помещений, где они монтируются, производится после их монтажа.

Соединительные детали и сетевое оборудование, изготовленные из черной стали, должны быть окрашены со всех сторон составами, предусмотренными для воздухопроводов (грунт ГФ-020, кузбаслак, лак ХСЛ, эмаль ХСЭ-23 и т. п.). Вентиляционные изделия из оцинкованной стали не окрашивают, если в проектах нет особых указаний. Не окрашивают, естественно, и вентиляционные изделия из винипласта, нержавеющей

стали, алюминия, выбор которых при проектировании систем вентиляции определяется условиями воздушной среды, характером насыщающих воздух паров или газов, степенью их агрессивности, температурой и, наконец, давлением воздушной среды.

Таблица 4.2

Виды обработки элементов газохода

Перемещаемая среда	Обработка
При перемещении условно чистого воздуха температурой:	
до 70 °С	масляная окраска изнутри и снаружи за один раз
выше 70 °С	огнестойким составом снаружи за один раз
При перемещении воздуха, содержащего пыль или отходы материалов	масляная окраска снаружи за один раз
Пары или газы, вызывающие коррозию металла	окраска кислотоупорным составом изнутри за два раза и снаружи за один раз

Защита газоходов и вентиляторов от абразивного износа. В местах удара потока воздуха, несущего пыль или отходы материалов, стенки вентиляционного оборудования, воздуховодов и фасонных частей быстро выходят из строя.

Скорость износа различных элементов вентилятора и сетей зависит от многих факторов. Основными факторами являются:

- твердость частиц пыли;
- форма частиц;
- концентрация твердых частиц в потоке воздуха;
- скорость потока воздуха.

Мягкая пыль (например: мука, различные сорта зерна, известняковая мука) приводит к незначительному износу газоходов. Эти материалы чаще приводят к налипанию. Древесная мука, древесная стружка, бумага, солома, сено в присутствии песка и вяжущих материалов усиливают износ. Оксиды железа, стальные и железные опилки делают защитные мероприятия необходимыми. Цементная пыль, клинкерная пыль, пыль угля, шлаков, минералов; песок являются очень твердыми и особенно абразивными. При концентрации свыше 1 г/м³ износ усиливается, что приводит к нарушению технологического процесса. Скорость потока оказывает значительное влияние на износ. При скоростях потока 16...22 м/с износ относительно невысокий. С увеличением скорости потока до 24 м/с эффект износа усиливается и целесообразно

принятие защитных мер. При скорости потока 28...30 м/с защитные меры необходимы.

В этой ситуации решают проблему двумя путями:

- учетом скорости абразивной коррозии при конструировании элементов систем аспирации и пневмотранспорта;
- защитой оборудования от такой коррозии.

В первом случае при расчете толщины стенок элементов вентиляционных систем учитывают прибавку на коррозию. На рис. 4.13 видно, насколько толще выглядит крыльчатка вентилятора для абразивных пылевоздушных потоков по сравнению с обычным исполнением.

Во втором случае для защиты от преждевременного износа неподвижные части вентиляционного оборудования покрывают слоем абразивно-цементной массы, состоящей из 1 части портландского цемента и 4 частей измельченного абразивного материала.



Рис. 4.13. Крыльчатка износоустойчивого вентилятора

5. ПРОИЗВОДСТВО МОНТАЖНО-СБОРОЧНЫХ РАБОТ

В современных условиях, в зависимости от пожеланий, возможностей и формы юридического лица заказчика (госзаказ и частник); типа, назначения и сложности объекта; типа работы (проект реконструкции или новое строительство); конкурсности и т. д., само проектирование и состав проектной и монтажной документации могут сильно различаться по объему. В ряде случаев мелкому заказчику просто необходима действующая очистная установка и его иногда не интересует (до времени прихода контролирующих организаций) официальная составляющая проекта.

Монтажно-сборочные работы на объектах должны выполняться в точном соответствии с действующими СНиП, техническими условиями, стандартами и проектом систем и в сроки, предусмотренные совмещенным графиком производства работ, с увязкой с общестроительными и другими смежными работами.

При этом особое внимание обращают на то, чтобы максимально использовать серийно выпускаемые типовые вентиляционные изделия, узлы и детали, сборность и заводскую готовность оборудования, обеспечить безопасные условия производства работ.

Для крупного объекта разрабатывают также монтажные чертежи и проекты производства работ (ППР).

5.1. Монтажные чертежи

Монтажные чертежи систем вентиляции нетиповых промышленных и гражданских зданий разрабатывают проектные организации по заказам монтажных организаций.

Когда монтажные чертежи разрабатывать нецелесообразно, заготовку и монтаж воздуховодов производят по эскизам, составляемым по замерам с натуры. Монтажные чертежи и эскизы по замерам с натуры разрабатывают в соответствии с утвержденными инструкциями и нормами по их разработке. Замеры на объекте монтажа выполняют только после надлежащей его подготовки.

Например, в состав монтажных проектов вентиляции входят:

- аксонометрическая схема каждой системы, выполненная в одну линию безмасштабно, с указанием размеров поперечных сечений воздуховодов, номеров позиций каждой детали, отметок и привязок воздуховодов и вентиляционного оборудования к осям или поверхностям строительных конструкций;

- комплектовочная ведомость с указанием наименования и характеристики деталей воздуховодов, их числа со ссылкой на соответствующие типовые или нормализованные чертежи и ГОСТ;
- спецификация материалов;
- спецификация типовых комплектующих изделий, выпускаемых промышленностью;
- эскизы ненормализованных фасонных частей воздуховодов;
- объем работ в квадратных метрах воздуховодов по данной системе. На бланке замера вентиляционной системы указывают:
- краткую характеристику материалов воздуховодов;
- тип соединений воздуховодов (фланцевое, на шине, бандажное, ниппельное, речное и т. п.),
- способ обработки торцов воздуховодов (фланцы – на отбортовке или на сварке, отбортовка под бандаж, под рейку, раструб и т. п.);
- особые условия изготовления или монтажа;
- тип защитного покрытия воздуховодов.

Для каждого объекта монтажа разрабатывают ППР. Для крупных и технически сложных объектов, а также когда производство работ связано с тяжелыми или опасными условиями труда составляют полные проекты производства работ, на все остальные небольшие и технически несложные объекты – сокращенные ППР или технологические записки.

5.2. Проекты производства работ

Проекты (полные – при объеме более 8...10 тыс. м² воздуховодов) по монтажу систем вентиляции и кондиционирования воздуха включают в себя следующие основные разделы:

1. Пояснительную записку, содержащую сведения об исходных данных проекта, обоснование принятых решений, ведомость потребности в инструменте и механизмах.
2. Техничко-экономические показатели проекта (уточненную по монтажным чертежам сметную стоимость работ; трудоемкость работ, определенную по производственным калькуляциям; выработку одного рабочего в денежном и физическом выражениях и т. д.).
3. Производственные калькуляции затрат труда и заработной платы на монтаж вентиляционных систем.
4. Календарный план производства работ и графики поставки на объект оборудования, изделий, материалов.
5. Указания по производству работ и технике безопасности.
6. Технологические карты или схемы производства работ.
7. Комплектующие ведомости укрупненных узлов воздуховодов.

8. Элементы планов с нанесением мест установки креплений воздуховодов и грузоподъемных средств.

9. Стройгенплан.

10. Техническую документацию для приемки объекта под монтаж (планы с нанесением мест установки вентиляционного оборудования, развертки стен и планы с нанесением отверстий для прохода воздуховодов и монтажных проемов), если это не отражено в чертежах проекта вентиляции.

11. При необходимости заказы на изготовление вентиляционных изделий на других заводах и фирмах.

Основой технико-экономической части проекта и графиков являются трудовые затраты на монтаж, определяемые при составлении производственных калькуляций.

Комплектовочные ведомости укрупненных узлов воздуховодов, элементы планов с привязкой мест установки креплений воздуховодов и развертки стен с нанесением отверстий для прохода воздуховодов выполняют по рабочим и монтажным чертежам, эскизам и сметам. ППР является основным руководством для определения объемов работ, сроков и методов их выполнения.

Сокращенный же ППР содержит:

1. Краткие указания по производству работ и технике безопасности.
2. Календарный план-график производства работ.
3. График поступления на объект основных материалов, заготовок и оборудования.
4. Краткую пояснительную записку с технико-экономическими показателями.

В технико-экономические показатели ППР включают сметную стоимость и основные физические объемы работ, дневную выработку одного рабочего в рублях и квадратных метрах воздуховодов, затраты труда на монтаж и среднюю стоимость монтажа 1 м^2 воздуховода.

5.3. Подготовительные работы перед производством монтажных работ

До приемки объекта под монтаж должны быть выполнены работы, подтверждаемые актом, а именно:

- оставлены отверстия в стенах, перегородках и перекрытиях для прохода воздуховодов, приточных и вытяжных шахт;
- установлены железобетонные стаканы под крышные вентиляторы, фундаменты, площадки и другие опорные конструкции под оборудование с соблюдением проектных размеров;
- оставлены: монтажные проемы для вертикального и горизонтального такелажа вентиляционного оборудования в направлении его

поступления от приобъектного склада (или места разгрузки) до места установки, а также монтажные отверстия в стенах и перекрытиях, обеспечивающие беспрепятственное использование монтажных механизмов и приспособлений; проемы с закладными деталями для установки жалюзийных решеток, клапанов, герметических дверей и других вентиляционных устройств;

- отштукатурены стены и потолки в местах прокладки воздуховодов и установлены закладные элементы, служащие основанием при закреплении подвесок;

- установлены крепления для крупногабаритных воздуховодов и вентиляционного оборудования (циклонов, скрубберов, фильтров, вентиляторов и т. п.). Сделаны площадки под вентиляционное оборудование и вентиляционные камеры;

- обеспечено искусственное освещение и возможность подключения электроинструментов, электросварочных аппаратов.

Перед началом монтажно-сборочных работ объект принимают по акту под монтаж. Монтаж вентиляционных устройств следует выполнять только при строительной готовности объекта или его части (захватки). Захватками для промышленных зданий может быть часть здания или все здание при объеме до 5000 м³, включающее обособленный комплект вентиляционных устройств по признаку расположения (подвал, отдельное производственное помещение, цех, пролет и т. п.) или комплекс устройств (одна или несколько систем вентиляции, один или несколько кондиционеров и т. д.).

5.4. Производство монтажных работ

Рекомендуется следующая последовательность выполнения монтажных работ:

- установка вентиляционного оборудования, к которому воздуховоды присоединяются непосредственно, на заранее подготовленные фундаменты или другие основания;

- разметка мест установки средств крепления воздуховодов;

- пристрелка специальных средств крепления воздуховодов с помощью строительного монтажного пистолета или сверление отверстий, установка и заделка обычных средств крепления;

- сборка под трассой воздуховодов прямых участков и фасонных частей в укрупненные блоки;

- подъем и сборка укрупненных блоков воздуховодов на проектных отметках (сборка блоков воздуховодов вентиляционных систем ведется, как правило, от вентиляторной установки);

- выверка и укрепление воздуховодов;

- установка вентиляционного оборудования, к которому воздуховоды непосредственно не присоединяются (фильтры, калориферы и др.), ведется до сборки воздуховодов или параллельно с ней;
- окраска наружных поверхностей воздуховодов;
- обкатка вентиляторов, законченных монтажом;
- предпусковые испытания и монтажная регулировка вентиляционных систем;
- сдача вентиляционных систем.

При необходимости законченные монтажом вентиляционные системы во вновь строящихся зданиях сдаются во временную эксплуатацию генеральному подрядчику, а в действующих предприятиях – заказчику. Передача вентиляционных систем во временную эксплуатацию оформляется актом. Генподрядчик (заказчик) перед сдачей объекта в постоянную эксплуатацию обязан после временной эксплуатации вентиляционных систем привести их в исправное состояние своими силами или силами монтажной организации за свой счет.

Прокладка металлических воздуховодов. Воздуховоды общеобменной вентиляции прокладывают вне зависимости от наличия технологического оборудования; воздуховоды, связанные с технологическим оборудованием, следует прокладывать после его установки или одновременно с ним.

Прокладка трубопроводов, по которым транспортируются вредные для людей взрывоопасные и горючие газы и жидкости, через воздуховоды и вентиляционные камеры, а также прокладка в воздуховодах электрических проводов (за исключением подводок к электродвигателям осевых вентиляторов, устанавливаемых в воздуховодах) не допускается. При пропуске воздуховодов через сгораемые и трудносгораемые конструкции шахт, а также вытяжных труб, по которым перемещаются горячий воздух, или газы с температурой выше 80 °С, или пожароопасные отходы, должны быть устроены разделки из теплоизоляционных несгораемых материалов

Места прохода трубопроводов через стенки металлических воздуховодов (например, к форсункам для увлажнения) должны быть уплотнены пропайкой или сваркой. Вертикальные воздуховоды не должны отклоняться от отвесной линии более чем на 2 мм на 1 м длины воздуховода. Воздуховоды, предназначенные для транспортирования увлажненного воздуха, следует монтировать так, чтобы в нижней части воздуховодов не было продольных швов. Разводящие участки воздуховодов, в которых возможно выпадение росы из транспортируемого влажного воздуха, прокладывают с уклоном 0,01...0,015 в сторону дренирующих устройств. Прокладки между фланцами воздуховодов должны обеспечивать плотность соединения и не выступать внутрь воздуховодов.

Воздуховоды укрепляют так, чтобы их вес не передавался на вентиляционное оборудование. Воздуховоды присоединяют к вентиляторам, как правило, через виброизолирующие вставки из стеклоткани или другого гибкого, плотного и долговечного материала. Ткань виброизолирующей вставки должна быть установлена без натяжения и с незначительным провисанием.

Установка вентиляционного оборудования и регулирующих устройств. При установке вентиляторов на пружинные виброизоляторы последние должны иметь равномерную осадку.

Необходимо, чтобы при установке на жесткое основание станина вентилятора плотно прилежала к звукоизолирующим прокладкам. Зазоры между кромкой переднего диска рабочего колеса и кромкой входного патрубка центробежного вентилятора как в осевом, так и в радиальном направлении не должны превышать 1 % диаметра рабочего колеса.

Валы центробежных вентиляторов следует устанавливать строго горизонтально (валы крышных вентиляторов – строго вертикально), вертикальные стенки кожухов центробежных вентиляторов не должны иметь перекосов и наклона.

Осевые вентиляторы, устанавливаемые в отверстиях наружных стен, необходимо снабжать клапанами, управление которыми должно находиться внутри помещения на высоте 1,5...1,8 м от пола.

Электродвигатели следует точно выверить с установленными вентиляторами и прочно закрепить. Оси шкивов электродвигателей и вентиляторов при ременной передаче должны быть параллельными, а средние линии шкивов – совпадать.

Салазки электродвигателей должны быть взаимно параллельны и установлены по уровню. Опорная поверхность салазок должна соприкасаться по всей плоскости с фундаментом.

Корпус электродвигателей необходимо заземлять.

Соединительные муфты и ременные передачи следует ограждать.

Фильтрующий материал матерчатых фильтров должен быть хорошо натянут, не иметь провесов и морщин. При наличии на фильтрующем материале начеса последний следует располагать со стороны поступления воздуха.

Ячейки фильтров необходимо полностью загружать фильтрующим материалом, легко и свободно устанавливать и вынимать из каркаса.

Масляные самоочищающиеся фильтры следует устанавливать так, чтобы сетка, имеющая большую скорость перемещения, была первой по ходу воздуха.

Перемещение сеток самоочищающихся фильтров должно происходить свободно, без заедания и перекосов.

В ячейковых фильтрах следует обеспечивать плотное прилегание ячеек друг к другу.

Циклоны, скрубберы и другое оборудование для очистки воздуха от пыли должны быть выверены и прочно закреплены к основаниям.

Лопатки клапанов должны свободно (от руки) поворачиваться. При положении «закрыто» они должны перекрывать все «живое» сечение клапана. Регулирующие устройства (шиберы, дроссель-клапаны, задвижки) должны легко открываться и закрываться. К ним необходимо обеспечить свободный доступ. Снаружи воздухопроводов и камер должны быть устроены приспособления для фиксации положения запорных частей шиберов и дроссель-клапанов.

Приводы для управления регулирующими устройствами вентиляционных систем располагают на высоте не более 1,8 м от уровня пола или площадки.

5.5. Монтажные положения воздухопроводов

Разводящие участки воздухопроводов, по которым транспортируется воздух с высокой относительной влажностью, прокладываются с уклоном 0,01...0,015 в сторону движения воздуха.

Воздуховоды, как правило, должны присоединяться к вентиляторам через мягкие звукопоглощающие патрубки из прорезиненной ткани или другого материала, указанного в проекте.

Отводы круглого сечения общеобменных воздухопроводов должны иметь средний радиус кривизны, равный 1,5 D .

Привязка к стенам и строительным конструкциям должна производиться согласно монтажным положениям воздухопроводов.

Монтажные положения вентиляционных воздухопроводов зависят от их сечения, конфигурации, расположения по отношению к стенам, перекрытию и близлежащим трубопроводам.

Расстояние от оси воздухопровода до поверхности строительных конструкций определяют по следующим формулам:

- при привязке к поверхности стен и потолкам (см. рис. 5.1, а)

$$n = 0,5D_{\max} + 100 \text{ мм};$$

- при параллельной прокладке воздухопроводов (см. рис. 5.1, б)

$$n = 0,5 (D_{\max,1} + D_{\max,2}) + 100 \text{ мм};$$

- при привязке к наружной поверхности труб, включая изоляцию (см. рис 5.1, в),

$$n = 0,5D_{\max} + 250 \text{ мм};$$

- при привязке к наружной поверхности электропроводок (см. рис. 5.1, г)

$$n = 0,5D_{\max} + 300 \text{ мм}.$$

Величина n для прямоугольных воздуховодов, соответственно определяется в зависимости от привязки.

При привязке к поверхности стен, к наружной поверхности электропроводок или труб, включая изоляцию,

$$n = 0,5 \cdot b_{\max} + X \text{ мм},$$

где b_{\max} – максимальная ширина прокладываемого воздуховода, включая изоляцию.

Значение X принимают в зависимости от ширины воздуховода b_{\max} или высоты a_{\max} :

b_{\max} или a_{\max} , мм	X , мм
100...400	100
400...800	300
800...1600	400

Расстояние между осями параллельных воздуховодов (рис. 5.1, *e*) определяется по формуле

$$n = 0,5 \cdot (b_{\max,1} + b_{\max,2}) + 150.$$

Монтаж воздуховодов начинают с устройства подвесок, после чего устанавливают отдельные звенья или фасонные части. Лучше всего соединять звенья укрупненными узлами и подавать к месту монтажа.

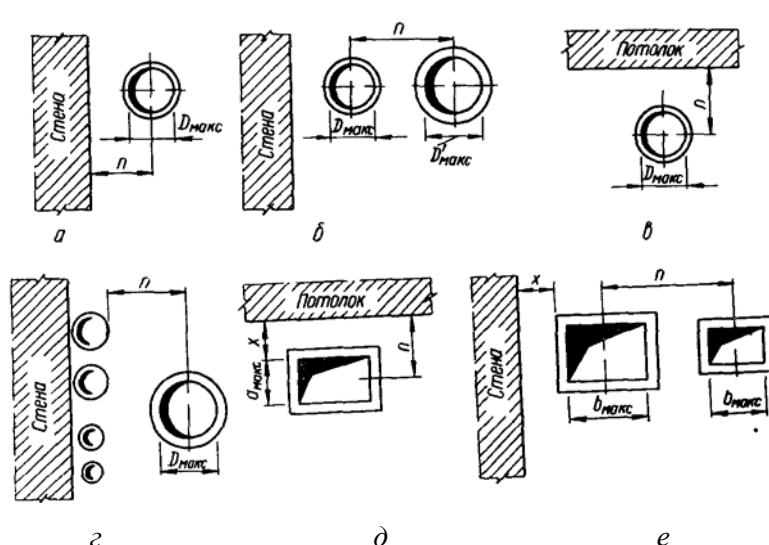


Рис. 5.1. Монтажные положения воздуховодов

Соединение на фланцах отдельных подвешенных укрупненных узлов между собой производят со стремянок, подмостей, лесов и других приспособлений.

Звенья воздуховодов, предназначенных для влажного воздуха, необходимо размещать так, чтобы в нижней части не было продольных швов.

5.6. Замеры воздуховодов вентиляционных систем

Производство замеров воздуховодов вентиляционных систем заключается в привязке их к строительным конструкциям и оборудованию и в разработке деталей для изготовления систем. Перед началом замеров сверяют проект системы вентиляции с местом прокладки воздуховодов, а также знакомятся с проектами других коммуникаций, которые должны быть проложены по намеченной трассе воздуховодов или пересекаются с ними. Согласно монтажному положению воздуховодов наносят отметки осей воздуховодов и ответвлений от них. Размечают места для выпуска или для забора воздуха, места для регулирующих устройств.

После тщательной разбивки осей зарисовывают черновой эскиз и снимают размеры.

На горизонтальных участках воздуховодов замеряют расстояния между осями вертикальных и горизонтальных ответвлений и местами выпуска или забора воздуха.

На вертикальных участках замеряют расстояние между центром выходного фланца вентилятора и размеченной осью горизонтального воздуховода, между размеченными осями горизонтальных воздуховодов смежных этажей, осями горизонтальных воздуховодов и присоединительных патрубков оборудования, между отметками зонтов, насадками для раздачи воздуха и др.

Замеры вентиляционных систем могут производиться в два приема. При отсутствии оборудования (кондиционеры, глушители и др.) на воздуховодах делают разрыв с учетом размера оборудования и места присоединения вставок воздуховодов. После установки оборудования замеряют остальные участки.

После окончания замеров вентиляционных систем приступают к обработке эскизов, которая заключается в определении монтажных длин прямых участков воздуховодов, нормализованных деталей и изделий.

Обработку эскизов начинают с вычерчивания схемы воздуховода (см. рис. 5.2) и нанесения фасонных частей. Возле каждой фасонной части и участка воздуховода ставят кружочек для указания номера детали (маркируют). Согласно нанесенным строительным размерам и периметру сечения воздуховода систему разделяют на необходимые монтажные длины деталей.

На основании составленной и разработанной схемы заполняют комплектовочные ведомости.

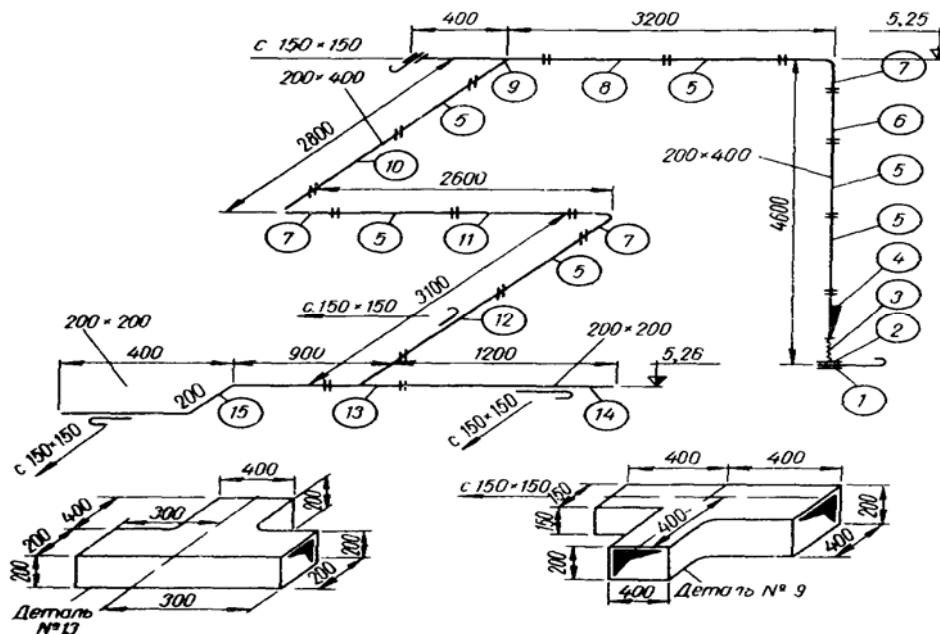


Рис. 5.2. Аксонометрическая схема воздухопроводов

Детали с одинаковыми сечениями и размерами должны иметь один и тот же номер. В комплекточной ведомости указывают их количество (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Пример комплекточной ведомости фасонных частей приточной системы

№ детали	Эскиз детали	Наименование детали	Размер поперечного сечения, мм		Длина L, мм	Количество, шт.	Поверхность, м ²		Примечание
			высота	ширина			единицы	общая	
1		Фланец							Угловая сталь
2		Колено 90°							Ст3
3		Шибер							Лист δ = 1,5...2
4		Мягкая вставка							Брезент

Одна комплекточная ведомость содержит эскизы с номерами и размерами прямых участков воздухопроводов и прямых участков с отверстиями для забора и выпуска воздуха. Нумерацию деталей начинают от вентилятора.

Вторая комплектовочная ведомость (см. табл. 5.1) содержит детали фасонных частей, вентиляционного оборудования и крепления воздухопроводов.

Нестандартные детали вычерчивают отдельно на эскизе в большом размере, указывая номер и все необходимые размеры.

Комплектовочная ведомость является единственным документом для комплектации вентиляционных систем и приемки готовой продукции от заготовительного производства.

Для воздуховода, изготовление которого производится в мастерских без механического оборудования и разделения труда по отдельным видам работ, рекомендуется вычерчивать системы согласно схеме, приведенной на рис. 5.3.

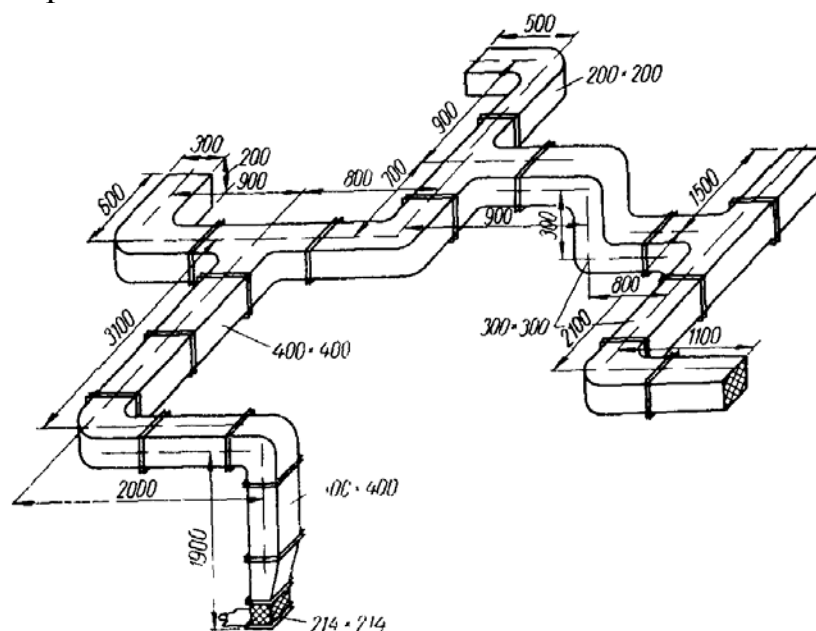


Рис. 5.3. Схема воздуховода без составления комплектовочной ведомости

Замеры воздухопроводов аспирационных систем и систем пневматического транспорта. Аспирационные системы и системы пневматического транспорта отличаются от обычных вытяжных систем тем, что они действуют под большим давлением воздуха. Воздуховоды этих систем должны изготавливаться круглого сечения из листового металла путем сварки сплошным швом.

При замерах воздухопроводов аспирационных систем и систем пневматического транспорта необходимо соблюдать следующие требования: прокладывать воздухопроводы вертикально или с уклоном не менее 45° , присоединять ответвления к магистралям только сбоку или сверху, лючки для чистки располагать на наклонном воздуховоде сбоку или сверху, фланцы устанавливать в местах соединения с отсасывающими воронками, фасонными частями и вентиляционным оборудованием, ко-

личество фланцев принимать минимальным, прокладки между фланцами устанавливать резиновые.

При разработке эскизов необходимо пользоваться таблицей нормалей воздуховодов круглых сечений, если в проекте нет особых указаний на изготовление воздуховодов.

Надо сразу отметить, что ведомость очень удобна при расчете гидравлических сопротивлений сети.

Монтажными называются чертежи, разработанные на основе технического или рабочего проекта, в которых указываются монтажные положения элементов санитарно-технической системы и приборов по отношению к строительным конструкциям, а также размеры строительных, монтажных и заготовительных длин деталей трубопроводов или воздуховодов. Монтажные чертежи могут разрабатываться непосредственно при проектировании систем или в процессе строительства здания.

В основу составления монтажных чертежей должны быть положены нормализованные детали систем, стандартные средства крепления, типовые решения и конструкции отдельных элементов систем.

Монтажные чертежи по промышленной вентиляции разрабатывают на основе рабочих и технологических чертежей. Расстояния от осей воздуховодов и вентиляционного оборудования до строительных конструкций показывают на планах, разрезах и чертежах вентиляционных камер. Кроме того, даются размеры до технологического оборудования с местными отсосами. Расстояния от воздуховодов до стен принимаются согласно монтажному положению воздуховодов.

Размеры между осями ответвлений и строительные размеры воздуховодов определяют по общестроительным чертежам.

Вычерчивание схем и отдельных ненормализованных фасонных частей, составление комплектовочных ведомостей и спецификации производят таким же способом, как и при замерах.

С целью предотвращения переделки заготовки из-за возможных отступлений в строительных размерах один из прямых участков воздуховода предусматривают на 200 мм длиннее расчетного. При изготовлении такого участка фланцы на нем устанавливают и закрепляют только с одной стороны. Насадку и закрепление второго фланца производят после подгонки этого участка на месте монтажа.

5.7. Крепление воздуховодов

Как будем вешать воздуховоды? Подобный вопрос хотя бы раз возникал у каждого, кто имеет дело с монтажом систем вентиляции. Более того, при существующем многообразии способов крепления воздуховодов он неизбежен. Точность, конечно, никогда не бывает лишней,

однако желание заказчика во что бы то ни стало урезать смету расходов зачастую оказывается сильней. Итак, рассмотрим варианты.

Средства крепления воздуховодов определяются в процессе производства замеров. Способы крепления воздуховодов выбирают в зависимости от их положения (горизонтальное, вертикальное), размеров, массы и от типа строительных конструкций, к которым крепится воздуховод (перекрытия; кирпичные, бетонные, железобетонные и металлические конструкции). Крепления, как правило, следует устанавливать до начала монтажа воздуховодов.

Не менее принципиален и способ монтажа самих креплений, особенно к потолку. Обычно для этого используют высококачественные металлические анкеры, механизм работы которых в целом аналогичен тому, как пластиковый дюбель «цепляется» за стену под воздействием шурупа.

Анкеры вставляются в заранее высверленное отверстие, и при помощи специального долота выбивается перепонка, отделяющая резьбовую часть от «цветка». После этого в анкер заворачивается шпилька, под действием которой «цветок» раскрывается в отверстии и намертво фиксирует анкер в потолке. Забивные анкеры выдерживают весьма значительные нагрузки, поэтому рекомендуется применять именно этот вид крепежа. В случае применения того, что попало под руку, может произойти ослабление и разбалтывание соединения с возможным обрушением газохода. Обычно используют три варианта: использование возможностей строительных конструкций здания, кронштейны (или консоли, рис. 5.4) и подвески.

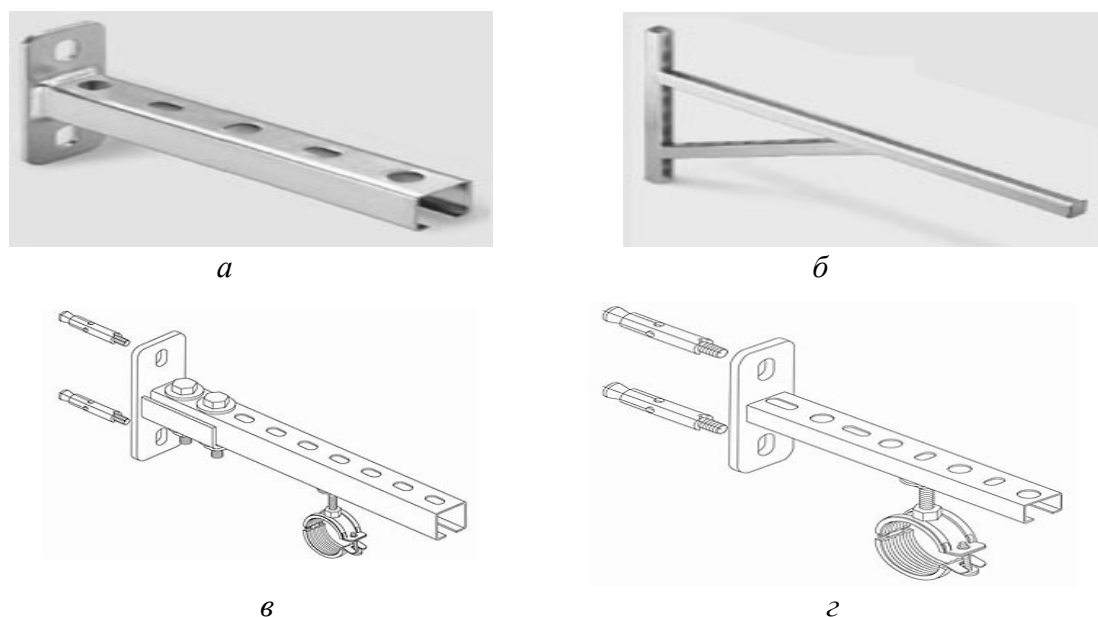


Рис. 5.4. Консольная балка:

a – обычная; *б* – усиленная (кронштейн); *в, г* – кронштейн с хомутами

Кронштейны (консольные балки), выполненные из различного профиля, предназначены (см. рис. 5.4) преимущественно для крепления газопроводов и труб на стенах. Вертикальные металлические воздуховоды круглого сечения крепят к каменным стенам при помощи кронштейнов (рис. 5.5). Расстояние между креплениями на вертикальных воздуховодах должно составлять не более 4 м, а в пределах одного этажа – не менее двух креплений.

Дополнительными возможностями применения консолей являются монтаж к потолку или полу. В комбинации с монтажными шинами и другими монтажными системами с помощью консолей можно создавать разнообразные конструкции (см. рис. 5.4–5.7).

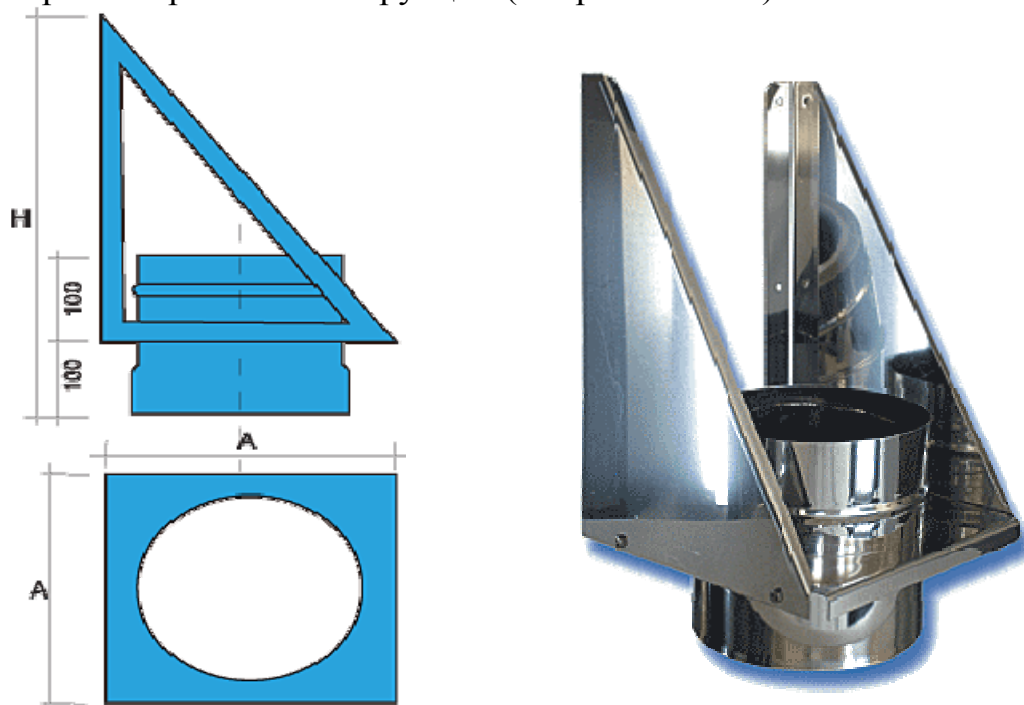


Рис. 5.5. Кронштейн настенный

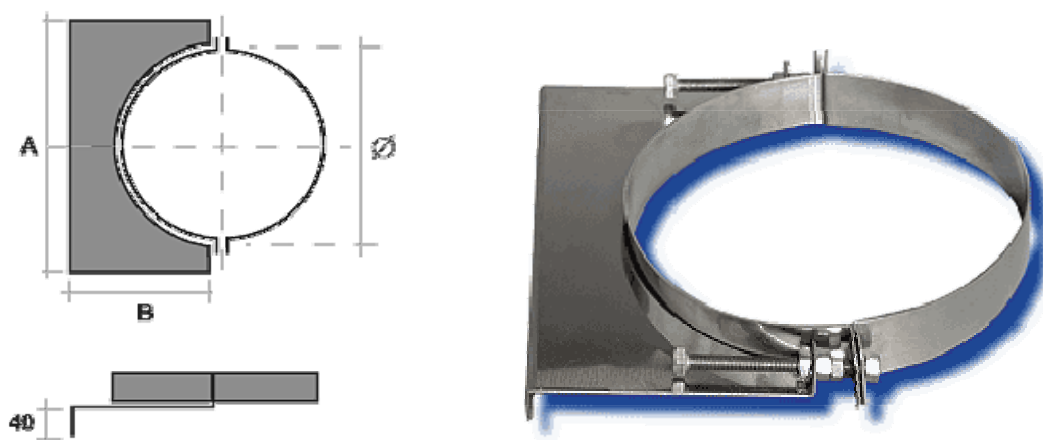


Рис. 5.6. Хомут настенный регулируемый

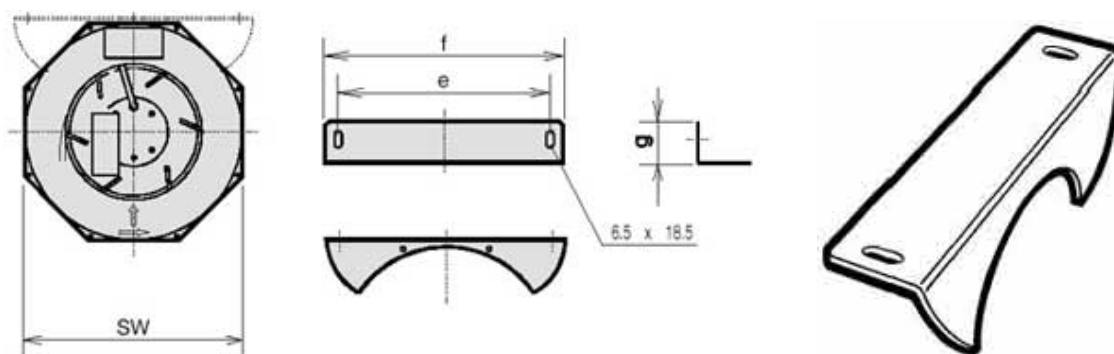


Рис. 5.7. Кронштейн-подвеска для канальных вентиляторов

Металлические воздуховоды, расположенные горизонтально, крепят к конструктивным элементам потолков и к кронштейнам, смонтированным на стенах с помощью подвесок (рис. 5.8).

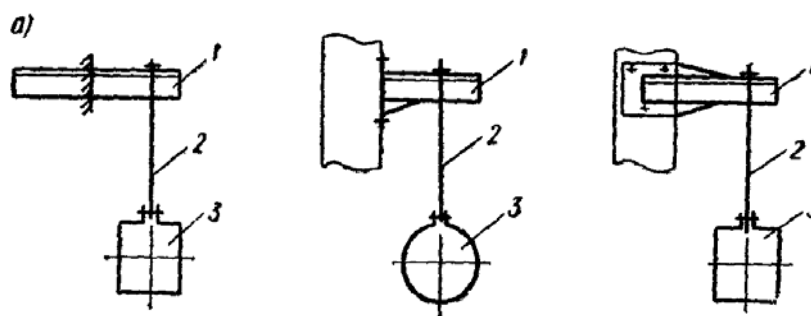


Рис. 5. 8. Схемы крепления воздуховодов к стенам и колоннам:
1 – кронштейн; 2 – тяга; 3 – хомут

Возможные варианты расположения подвески по отношению к газоходу показаны на рис. 5.9, 5.10.

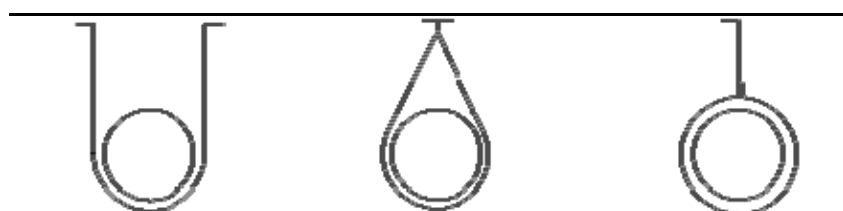


Рис. 5.9. Варианты крепления подвесок к круглым газоходам

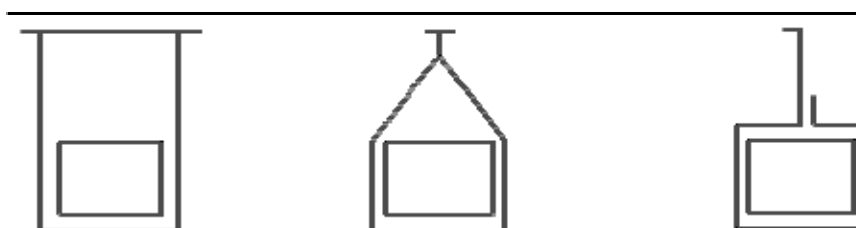


Рис. 5.10. Варианты крепления подвесок к прямоугольным газоходам

Подвески могут быть выполнены как жесткие, т. е. тяга выполнена в виде металлического стержня, так и мягкие, когда в качестве тяги используют тросики, монтажную проволоку и подобные изделия.

Поскольку второй вариант подвески не имеет жесткого крепления, то возможны колебания подвешенных элементов вентиляции. Для устранения этого явления используют либо дополнительную растяжку, либо подвеску выполняют с определенным углом тросиков. Свободно подвешенные воздуховоды при длине подвесок более 1,5 м должны закрепляться растяжками, устанавливаемыми не реже чем через две одинарные подвески.

Крепление горизонтальных воздуховодов к перекрытию может быть осуществлено по схемам, приведенным на рис. 5.11. Схемы *а* и *б* применимы для крепления воздуховодов круглого сечения всех размеров нормализованного ряда и воздуховодов прямоугольного сечения шириной до 1000 мм, схемы *в* и *г* – для крепления воздуховодов прямоугольного сечения с шириной более 1000. При установке креплений по схеме *в* отверстия в плитах следует сверлить по тщательно выполненной разметке, что не всегда возможно в условиях строительного производства. Более удобным с точки зрения производства работ является крепление по схеме *г*, т. к. балка (траверса), приваренная к закладным деталям, позволяет устанавливать подвески воздуховода в любом месте по длине балки.

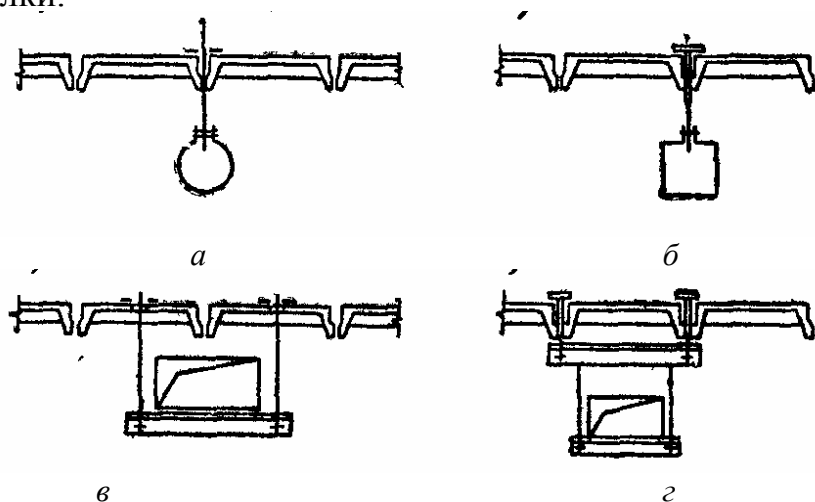


Рис. 5.11. Крепление горизонтальных воздуховодов к перекрытию

При таком способе монтажа воздуховод опирается на траверсу (см. рис. 5.12, *а*), а возможные боковые перемещения ограничены шпильками. В идеале для плотности прилегания и лучшей звукоизоляции между воздуховодом и траверсом помещают специальный резиновый профиль. Таким образом, при траверсном креплении тело воздуховода не травмируется саморезами, а потому этот способ наиболее предпочтителен при монтаже тепло- и звукоизолированных воздушных каналов.

При монтаже воздуховодов круглого сечения чаще всего используют хомуты и шпильки (рис. 5.12, б). Такой способ прост, эффективен и позволяет с одинаковым успехом монтировать как обычные, так и тепло-, звукоизолированные воздуховоды. Главное – иметь под рукой набор хомутов необходимого диаметра и назначения (рис. 5.12–5.16).



а



б

Рис. 5.12. Крепление воздуховодов:

а – при помощи траверсы и шпильки; *б* – при помощи хомута и шпильки



Рис. 5.13. Виды хомутов для крепления воздуховодов и труб



а



б

Рис. 5.14. Крепление газохода:

а – при помощи перфоленты без хомута; *б* – с хомутом

Однако в ряде случаев используют крепление как круглых, так и прямоугольных воздуховодов с помощью перфоленты. В первом случае делается петля перфоленты, которая одновременно выполняет роль хомута и подвески, а во втором перфоленту цепляют за болт в местах соединения воздуховодов между собой (рис. 5.14).

Такое крепление, безусловно, дешевле, но обладает целым рядом недостатков. Прежде всего, оно не обеспечивает должной жесткости, а потому воздуховод нередко начинает «гулять» и вибрировать. Кроме того, при закреплении воздуховодов на перфоленту их трудно выровнять по высоте. В результате резко увеличивается уровень шума, а при явных ошибках в монтаже может произойти нарушение герметичности трассы. Если уж применять при монтаже перфоленту, то лучше использовать с хомутами (рис. 5.14, б). Опытные монтажники обычно ограничивают использование перфоленты круглыми воздуховодами диаметром до 150...200 мм, а при прокладке воздушных каналов большого сечения предпочитают использовать более надежные виды соединения.

Хомуты для монтажа вентиляционных трубопроводов – обычно двухэлементные изделия (рис. 5.15, 5.16), предназначенные для профессионального монтажа вентиляционных газоходов и трубопроводов. Хомут для монтажа вентиляционных газоходов может быть снабжен комбинированными невыпадающими винтами с крестообразным шлицем и профильной резиновой вставкой для обеспечения звукоизоляции. Хомут часто снабжают «быстрым замком».

Иногда используют вариант непосредственного крепления хомута к стенке или потолку, без использования подвески (рис. 5.15).

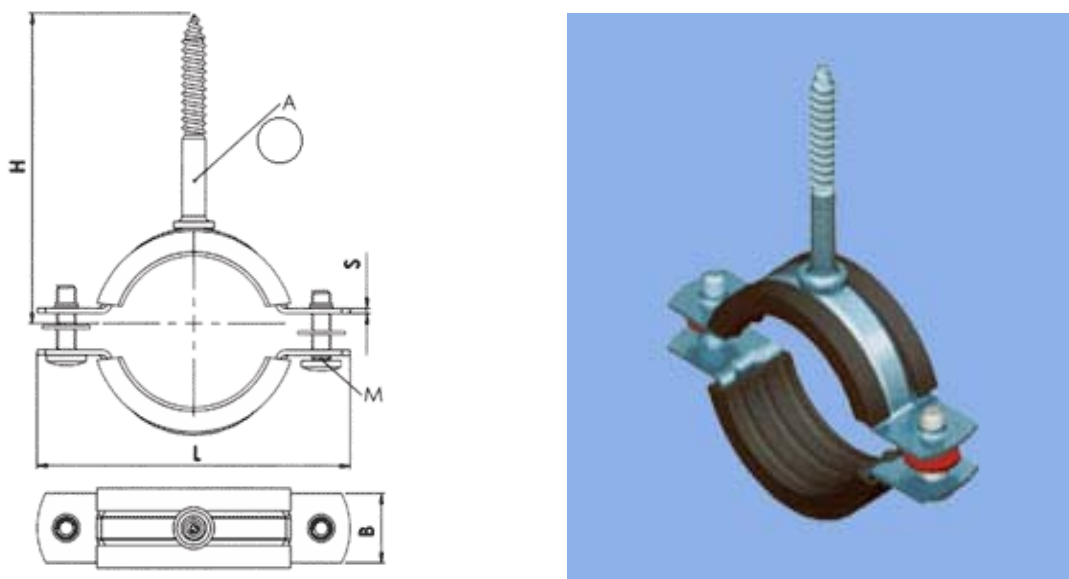


Рис. 5.15. Хомут для крепления воздуховодов высокой нагрузки

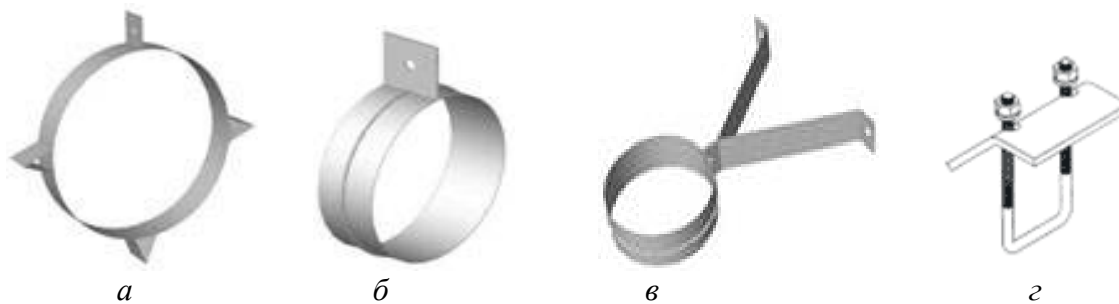


Рис. 5.16. Хомуты: *а* – силовой; *б* – широкий; *в* – хомут узкий с уголком; *г* – зажимные скобы

Пожалуй, в среде профессионалов наиболее распространенным является крепление прямоугольных воздуховодов простой вентиляции с помощью шпильки и профиля, который может быть двух основных типов: *Z*- и *L*-образный. И в том и в другом случае крепление к воздуховоду осуществляется с помощью саморезов.

Принципиальной разницы между *L*- и *Z*-образными профилями нет (рис. 5.17), но обычно *Z*-профиль используют при креплении более массивных воздуховодов, т. к. в этом случае дополнительный уголок поддерживает тело воздуховода снизу, снимая часть нагрузки с саморезов и придавая конструкции дополнительную жесткость. Кроме того, в местах крепления профилей к шпильке в обязательном порядке должны быть резиновые уплотнители, которые компенсируют легкие колебания воздуховода и снижают уровень шума. Различные варианты подвески газоходов на тросиках показаны на рис. 5.18. На рис. 5.19 показано крепление прямоугольного газохода на тросиках со специальными уголками, предотвращающими повреждение стенок газохода при колебаниях и при большом его весе.



а



б

Рис. 5.17. Крепление воздуховода при помощи профиля и шпильки: *а* – *Z*-образного профиля; *б* – *L*-образного профиля



Рис. 5.18. Варианты подвесок элементов газоходов

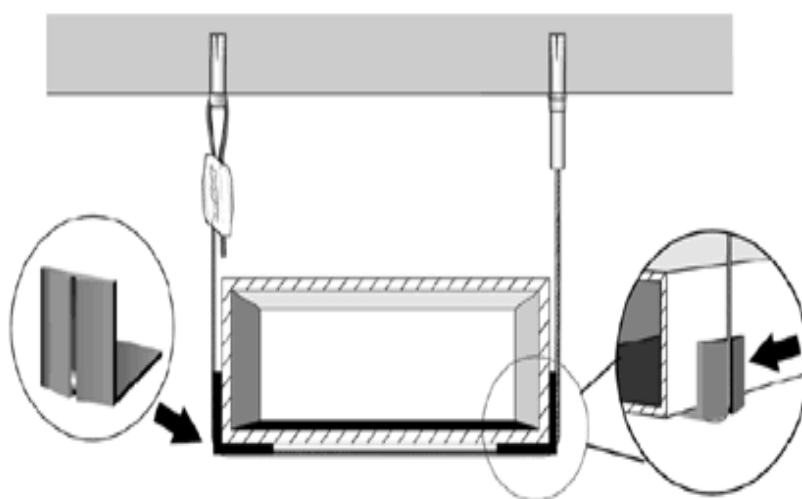


Рис. 5.19. Щадящая подвеска газохода на тросиках

Типовые узлы крепления и монтажа для систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха показаны на рис. 5.20, 5.21 и 5.22.

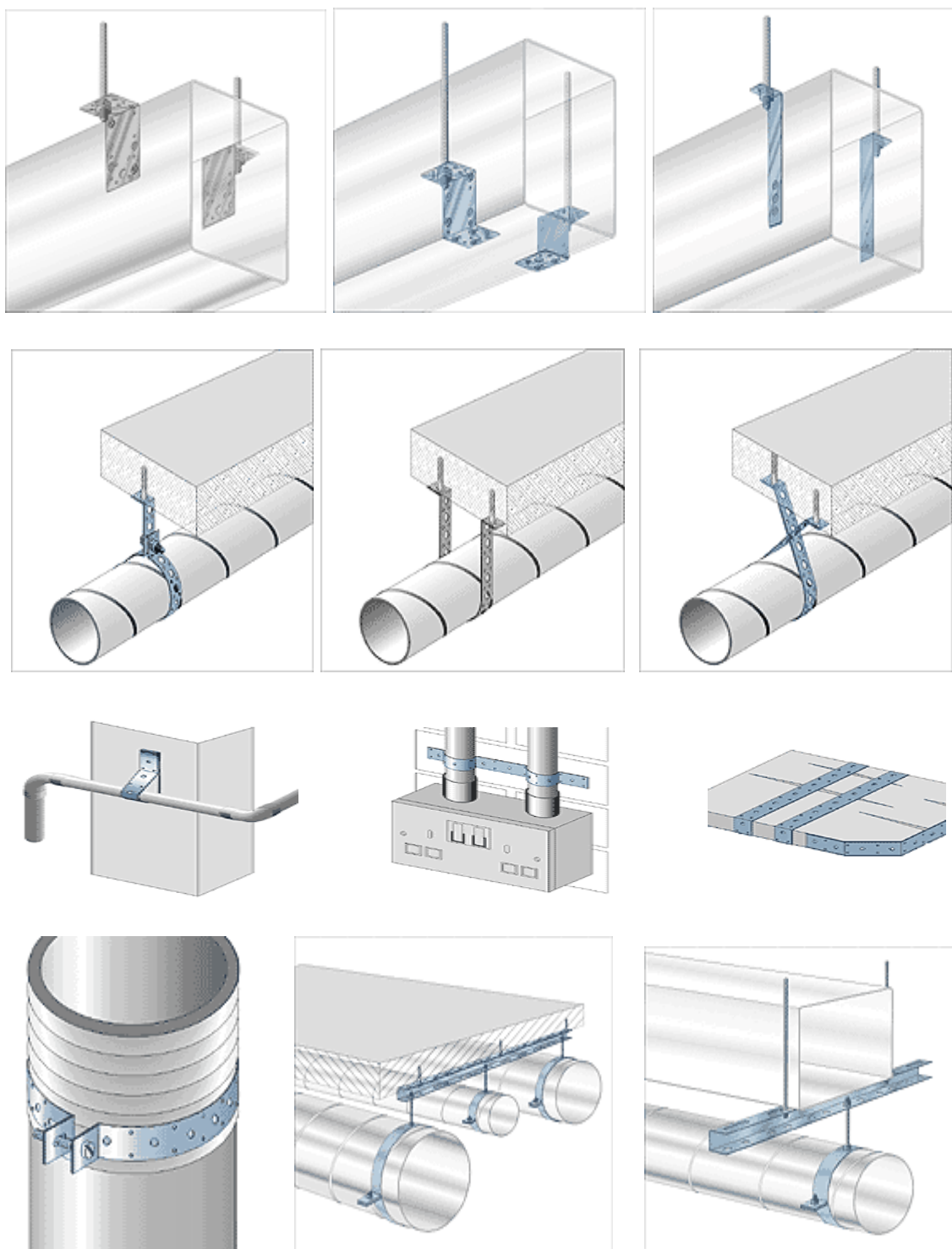


Рис. 5.20. Типовые узлы крепления и монтажа для систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (<http://www.petroteh.sp.ru>)

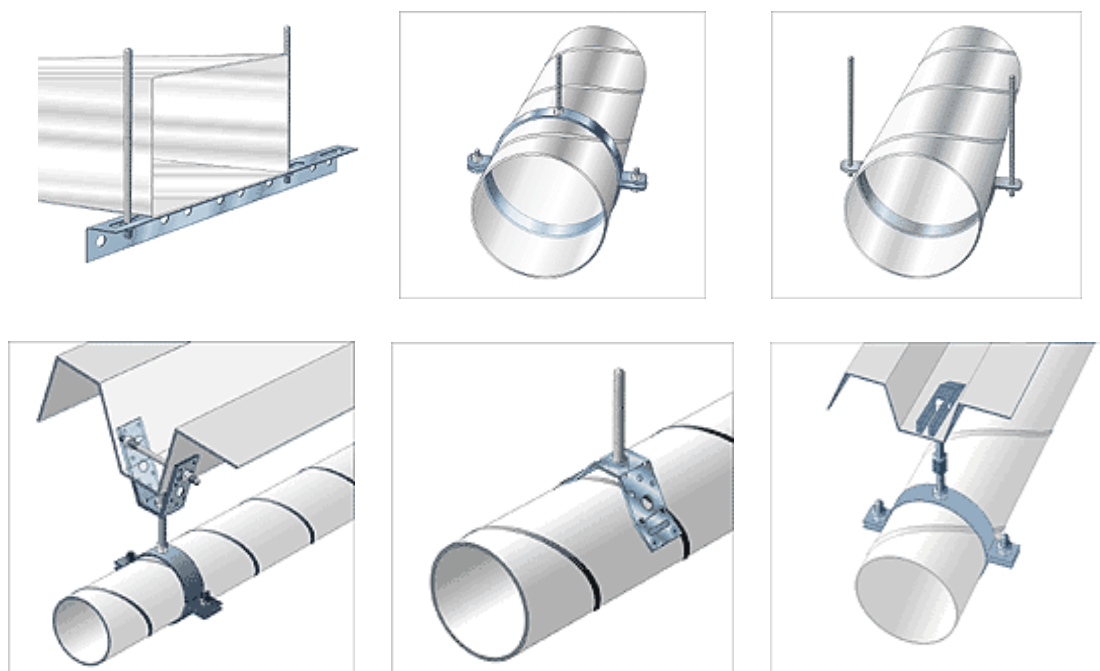


Рис. 5.21. Типовые узлы крепления и монтажа для систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (<http://www.petroteh.sp.ru>)

Зажимные скобы ТКР (см. рис. 5.22, *з*) идеально подходят для прикрепления профиля, предназначенного для крепления пакета труб, вентканалов и кабельных трасс на стальных несущих балках. При использовании этих скоб не нужно ни сверлить, ни сваривать детали.

При этом в любой момент времени возможны дополнительное смещение и выравнивание монтажных шин. Благодаря разным длинам сторон можно прикреплять скобы ко всем имеющимся в продаже Т-образным несущим балкам.

Торцевой фланец (продольный или поперечный) пригоден для прикрепления монтажных шин к стенам, полам или потолкам. С помощью монтажных шин можно легко изготавливать поперечины в шахтах и каналах или же поперечины между другими строительными конструкциями, которые необходимо соединить. Торцевые фланцы предварительно монтируются с помощью двух шестигранных винтов и подкладных шайб. Благодаря продольным отверстиям возможна регулировка.

Держатели вентиляционных каналов ZKHN и LKHN (см. рис. 5.22, *б*) – идеальная крепежная система для монтажа вентиляционных каналов. Благодаря нескольким отверстиям можно прикреплять держатели канала с помощью заклепок, винтов или шурупов. Высокоэластичный звукоизолирующий элемент обеспечивает существенное уменьшение вибрационных и потоковых шумов. Направляющая втулка в звукоизолирующем элементе обеспечивает особенно прочную фиксацию и устойчивую посадку резинового амортизатора.

Крепежная лапка НК (рис. 5.22, з) служит для крепления шин. Вместе с анкерным боллом или дюбелем обеспечивается надежное прикреплениe к стене, потолку или полу. Крепежную лапку НК можно применять также в соединении с уголковой консолью, сборочным уголком, седельным фланцем или же в соединениях типа «шина к шине». По соображениям техники безопасности изделие рекомендуется использовать при прикреплении тяжелых грузов к монтажным шинам.

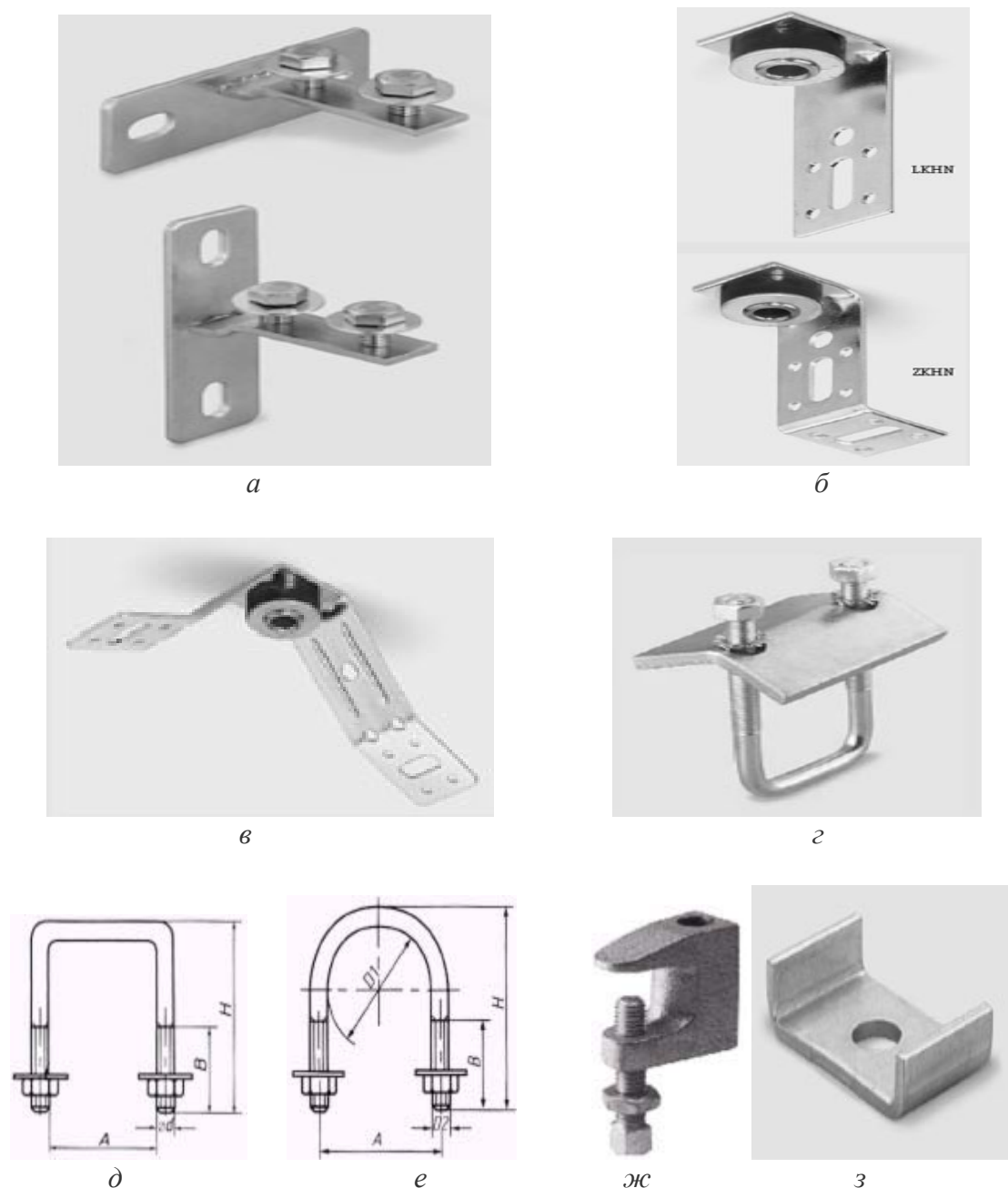


Рис. 5.22. Элементы крепления воздуховодов и труб: а – торцевые фланцы; б – держатели вентиляционных каналов ZKHN и LKHN; в – v-образный кронштейн; г – зажимная скоба TKR; д, е – монтажные скобы; ж – монтажная струбцина; з – крепежная лапка

Отдельный случай – прокладка воздуховодов в помещениях, где прикрепить их к потолку невозможно или нецелесообразно. В этом случае для монтажа трассы обычно выбирают металлическую балку: угол, тавр или двутавр. На существующий профиль одеваются специальные струбины, к которым и крепится шпилька (рис. 5.23).

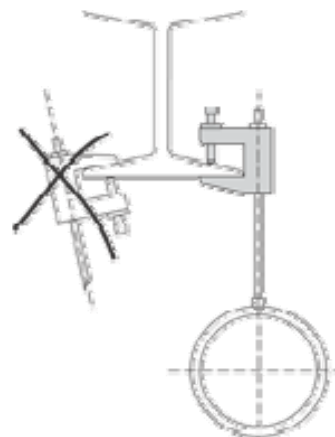


Рис. 5.23. Крепление при помощи струбины

5.8. Технологии монтажа некоторых элементов

У каждой фирмы имеются излюбленные технологии, набор крепежа и инструмента для монтажа вентсистем и газоочистки.

Поскольку качество монтажа элементов вентиляции в ряде случаев также существенно влияет на качество и работоспособность смонтированной вентиляции и газоочистки, имеется необходимость вкратце коснуться этой плоскости практической деятельности современных фирм, поэтому в данном разделе в качестве примера рассмотрим подробнее некоторые операции монтажа таких систем и приведем ряд рекомендаций специалистов.

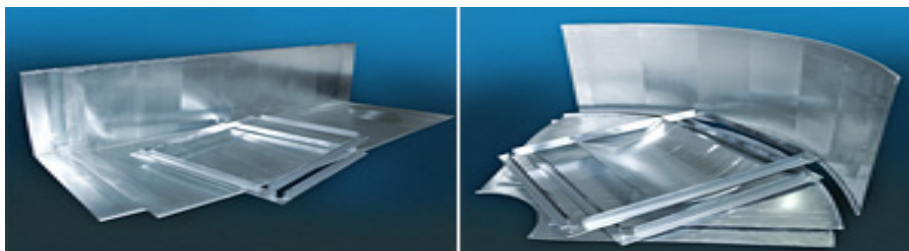
5.8.1. Технология сборки воздуховодов на защелочном фальце Snap Lock

Транспортировка груза, состоящего из полых внутри изделий, элементов, – дело нелегкое, хлопотное. Судите сами: воздуховоды большего сечения, особенно фасонные части, занимают значительный объем при сравнительно небольшой массе; их трудно закрепить в кузове транспортного средства. Велик риск деформации при перевозке. Кроме того, при хранении таких изделий на складе тоже возникают проблемы – требуется значительная площадь и специальные складские условия. Преимущества технологии защелочного фальца:

- сборка заготовок прямоугольных воздуховодов осуществляется непосредственно на объекте;
- значительное снижение транспортных расходов (возможность погрузить в один и тот же транспортный объем в 3–4 раза больше продукции);
- простота сборки воздуховодов с периметром более 1150 мм из заготовок;
- снижение затрат на складские помещения.

Вам всего лишь нужно:

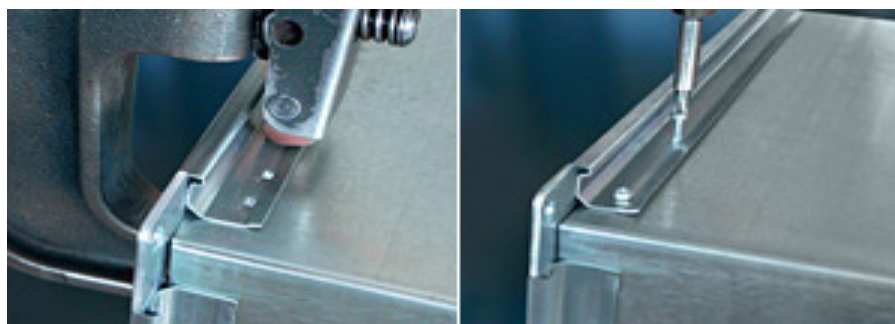
1. Освободить заготовки от упаковки.



2. Вставить подобранные части воздуховода друг в друга и защелкнуть до упора.



3. Установить собранные фланцы на выровненные торцы воздуховода с обеих сторон.



4. Прикрепить фланцы к воздуховодам механически с помощью саморезов, вытяжных саморезов, вытяжных заклепок или специального инструмента с шагом 50...75 мм.

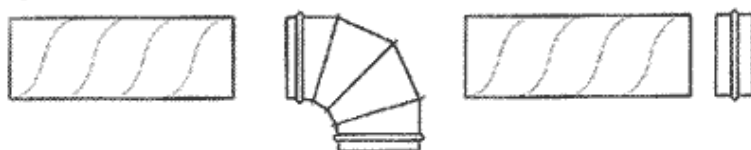
Прямоугольные воздуховоды, собранные с применением технологии Snap Lock, соответствуют классу плотности «Н». Для достижения повышенной плотности воздуховодов (класс «П») нужно нанести перед сборкой в швы воздуховодов герметик. Воздуховоды прямоугольного сечения с применением технологии Snap Lock обладают столь же высокими потребительскими свойствами, что и с обычным фальцевым швом, и не уступают им ни по прочности, ни по износостойкости, ни по коэффициенту минимальной утечки воздуха. При этом они собираются непосредственно на объекте у заказчика, что решает проблему перемещения воздуховодов сквозь стандартные дверные проемы. Соответственно, при транспортировании они не подвергаются деформированию и за-

нимают сравнительно мало места при хранении на складе. Все это особенно высоко ценят клиенты удаленных городов и поселков РФ, т. к. теперь сложности дальней транспортировки им не страшны.

5.8.2. Ниппельное соединение воздуховодов

Любая фасонная деталь или сетевое оборудование (шумоглушители, дроссель-клапаны и т. п.) может быть соединительным ниппелем. Сам ниппель используется для соединения только прямых участков. Последовательность операций выглядит следующим образом:

1. Подобрать необходимые детали.



2. Нанести на край шейки фасонной детали или ниппеля тонкую (2 мм) полоску герметика.



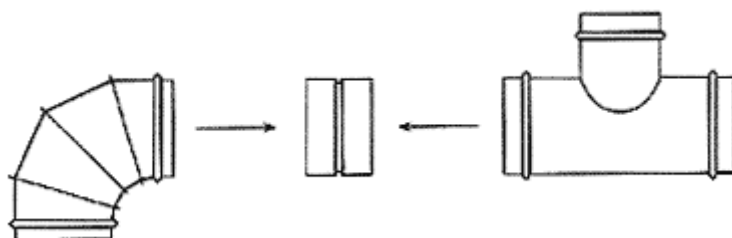
3. Вставить фасонную деталь или ниппель в прямой участок. При этом герметик равномерно распределится по всей поверхности соединения.



4. Зафиксировать стык саморезами или заклепками.



5. Для соединения двух фасонных деталей использовать муфту, иногда называемую внешним ниппелем.



6. Монтаж вентиляции, используя более герметичное соединение – велодукт (www.lissant.ru).

Элементы крепятся друг к другу механически с помощью саморезов или заклепок. Заклепки устанавливаются равномерно по диаметру воздуховодов с шагом ~150 мм. Данная конструкция обеспечивает прочность соединения элементов круглого сечения и, кроме того, непроницаемость соединения между каналами и элементами.

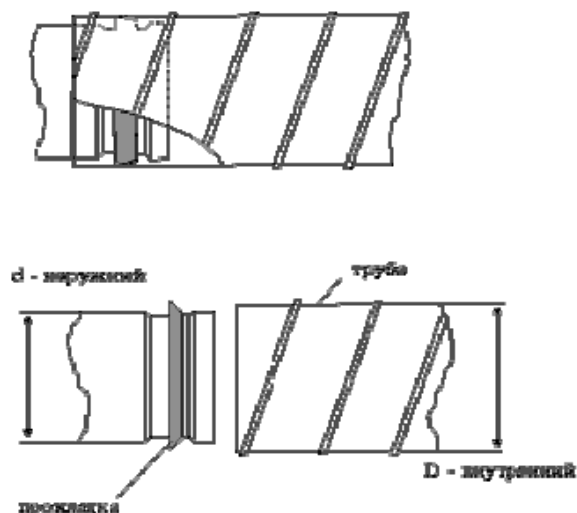


Рис. 5.24. Соединение элементов газохода – велодукт

5.8.3. Соединение воздуховода с вентилятором

Существуют общие рекомендации по монтажу вентиляторов:

- Между выходным патрубком вентилятора и воздуховода всегда рекомендуется помещать антивибрационную прокладку (мягкую, или гибкую вставку). Она предотвращает передачу вибрации от вентилятора к каналу.
- Вентиляторы устанавливаются на виброизоляторах, в некоторых случаях на виброизоляторах устанавливается и плита, на которой располагаются вентиляционные установки.
- Рекомендуется также предусматривать прямой участок воздуховода сразу же после места его подсоединения к вентилятору. Длина этого участка (рис. 5.25, участок А) должна быть по крайней мере в 1,5 раза больше максимального диаметра выходного патрубка вентилятора (размер Б), и внутри него должна быть звукоизоляция толщиной не менее 25 мм. Прямой участок воздуховода позволяет снизить турбулентность и связанные с ней шум и вибрации.

• На выходе воздуха из вентилятора должны быть предусмотрены расширительные патрубки с углом не менее 300° , при заборе воздуха они должны быть не менее 600° . Это правило является общим для всего вентиляционного контура системы. Резкое изменение сечения каналов почти всегда приводит к появлению эффекта «гула».

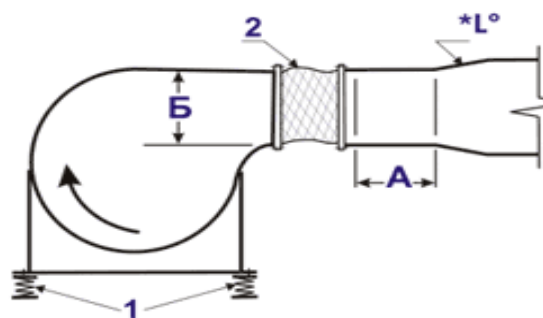


Рис. 5.25. Установки вентилятора:
1 – виброизоляторы; 2 – гибкая вставка

- Не рекомендуется параллельная работа нескольких вентиляторов без элементов сети.
- Не допустима работа радиальных вентиляторов вне вентиляционной системы (без нагрузки).
- Свободные входные и выходные сечения вентилятора не должны быть затенены близко расположенными стенками и громоздким оборудованием. Расстояние до ближайших стенок и панелей от рассматриваемых сечений должно быть не менее одного калибра.

Схемы верного и неправильного подсоединения вентилятора к газоходу показаны на схемах рис. 5.26.

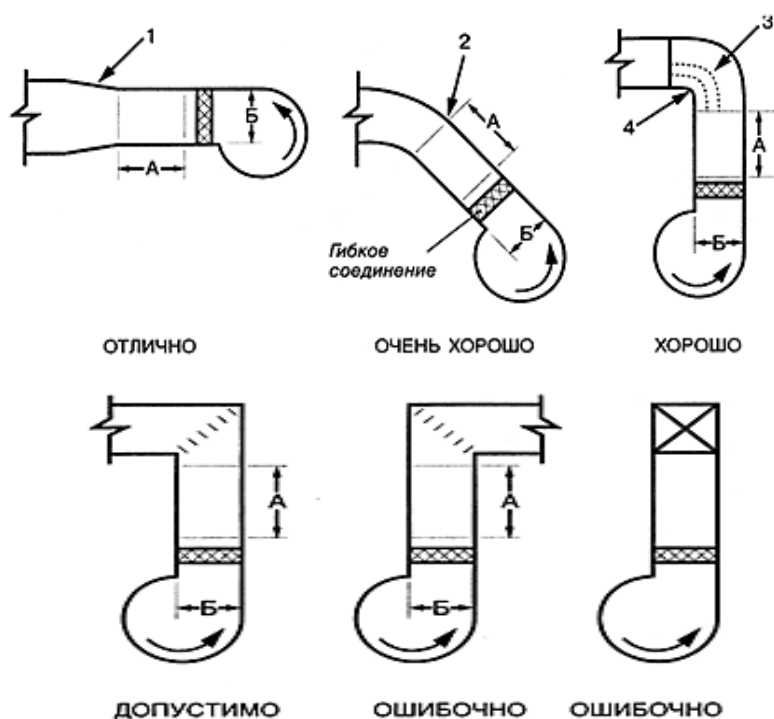


Рис. 5.26. Варианты подсоединения вентилятора к газоходу (Отрезок воздуховода А должен быть хотя бы в 1,5 раза больше, чем Б)

Поскольку на выхлопе центробежного вентилятора и так наблюдается большое поле скоростей, то его подсоединение к газоходу должно быть достаточно плавным, чтобы избежать причин, которые вызывают шум и неравномерное распределение воздуха.

5.8.4. Присоединение заборников и распределителей воздуха

Воздуховод можно соединить с воздухораспределительной решеткой (см. рис. 5.27) одним из трех способов:

- непосредственной установкой отвода в отверстие на корпусе воздуховода;

- отводом от главного воздуховода с распределением потока по нескольким воздуховодам. При этом на стенке воздуховода нужно проделать круглое или прямоугольное отверстие и наложить переходник, соединенный с помощью фланца, заканчивающегося подсоединением к распределительной решетке;

- с применением круглых гибких воздуховодов. Гибкий рукав крепится к фланцу на основном воздуховоде с помощью гибкого хомутка. Другой конец рукава соединяется таким же хомутиком с решеткой. При этом рукав не должен иметь изгиб более 90° , чтобы не было турбулентности потока и повышения шума.

При неправильном подсоединении воздухозаборников и воздухо-распределителей к основному воздуховоду систем кондиционирования и вентиляции могут возникать дополнительные шумы, достигающие 15...17 дБ. Их источники:

- неотцентрированное размещение воздухозаборников и распределителей воздуха;
- слишком высокая скорость воздуха (при удвоении скорости воздуха шум растет на 16 дБ!);
- отсутствие направляющих заслонок;
- неправильное размещение заслонок (нельзя размещать вплотную к воздухоприемникам, шум зависит от степени открытия заслонки).

Проанализируем схему (рис. 5.27):

а) если присутствует изоляционная решетка, то шум не возрастает;

б) изоляционная решетка отсутствует, повышение шума до 12 дБ;

в) распределитель размещен соосно, шум не возрастает;

г) сильное смещение оси распределителя, повышение шума до 12...16 дБ.

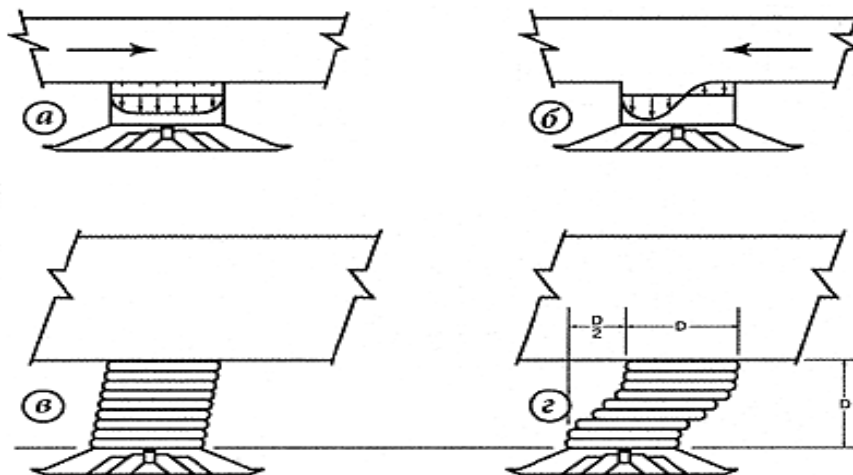


Рис. 5.27. Варианты подсоединения воздухо-распределителей

Если требования к уровню шума особо строгие, можно заказать холодильную, вентиляционную установку и прочие компоненты системы в специальном шумопонижающем исполнении.

Например, при снижении скорости вращения вентилятора на 20 % уровень шума снижается на 5 дБ, а при снижении скорости вращения на 30 % – на 8 дБ.

Если установка забирает воздух, то поглощающие шум прокладки нужно устанавливать как на входных, так и на выпускных воздуховодах.

Шум, производимый установкой, зависит и от ее размещения. Отражение звука от стен и вибрация, передаваемая через опоры, могут сильно увеличить уровень шума.

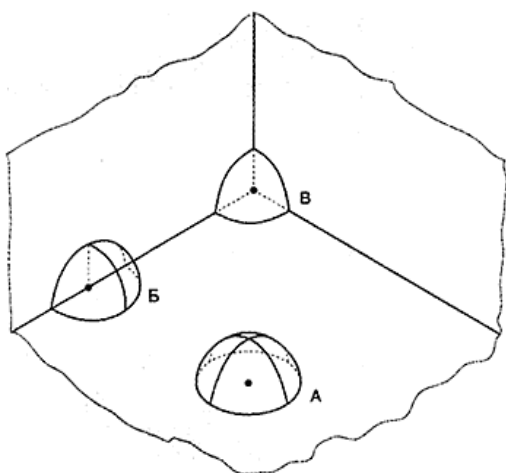


Рис. 5.28. Возможные места расположения воздухораспределителей

Если установка монтируется рядом со стеной или в углу помещения, нужно учесть отражение звуковой волны от стен. При монтаже распределителей и воздухозаборников они могут располагаться различным образом (рис. 5. 28). Во всех указанных случаях звуковые волны будут отражаться от стен, при этом показатели шума будут увеличиваться, но по-разному.

Точка А. Таким образом часто монтируют распределители под потолком помещения или холодильные блоки с внешней стороны. Шум распространяется по полусфере, отражаясь от стены. При этом шум на 3 дБ больше, чем если бы распространялся в открытом пространстве.

Точка Б. Установка смонтирована на стыке двух стен. Так обычно располагают фанкойлы, вентиляционные агрегаты, холодильные блоки небольшой мощности. Шум распространяется по четверти сферы, отражаясь от двух стен. При этом шум увеличивается на 6 дБ.

Точка В. Установка смонтирована в углу помещения. Шум отражается от 3 стен, распространяясь в 1/8 части сферы, и увеличивается на 9 дБ.

Многие установки имеют участки поверхности с различными показателями шума, поэтому можно уменьшить шум, правильно располагая установку и оградив наиболее шумные части поверхности.

Если установка монтируется с внешней стороны здания (например, Roof-Тор или холодильный блок с воздушным охлаждением), нужно предотвращать обратное проникновение шума в помещение.

Чтобы вибрация, передаваемая установкой на опорную конструкцию, не передавалась зданию, нужно использовать противовибрационные материалы и эластичные крепления.

5.8.5. Установка глушителей шума

Шум вентиляторов и других элементов систем кондиционирования и вентиляции распространяется в основном по воздуховодам. Для снижения аэродинамического шума в воздушном потоке применяют шумоглушители. Шумоглушитель – элемент системы вентиляции, имеющий большую площадь поверхности и покрытый звукопоглощающим материалом. Шумоглушители используют как в вытяжных, так и в приточных системах. Обычно их устанавливают:

- между вентилятором и магистральным воздуховодом;
- на воздуховоде, пересекающем шумное помещение, – сразу за этим помещением;
- перед воздухораспределителем или за вытяжной решеткой;
- чтобы снизить шум не только в помещениях, но и снаружи, в вытяжной системе ставят два шумоглушителя – до и после вентилятора.

Расположение шумоглушителя сильно влияет на уровень шума. Ниже приведены примеры (рис. 5.29) верной и не верной установки глушителя шума.

1. Шумоглушитель расположен в стене. Это оптимальный вариант; возникший в воздуховоде и внешний шум поглощаются максимально.

2. Шумоглушитель расположен непосредственно перед стеной. Неплохой вариант, если в стене установлена противопожарная перегородка.

3. Шумоглушитель расположен внутри аппаратной. Поглощается только часть шума, однако шум проникает в воздуховод уже после шумоглушителя.

4. Шумоглушитель расположен вне аппаратной. Это неверное расположение. Возникший шум полностью проникает в другие помещения, где лишь малая его часть гасится в шумоглушителе.

В помещениях с особо высокими требованиями к бесшумности покрывают внутреннюю поверхность воздуховодов звукопоглощающими материалами. Наибольшая вероятность шума от работы вентиляторов наблюдается на частоте звуковых волн 250...1000 Гц. При использовании звукопоглощающих материалов могут возникать проблемы: отслоение волокон

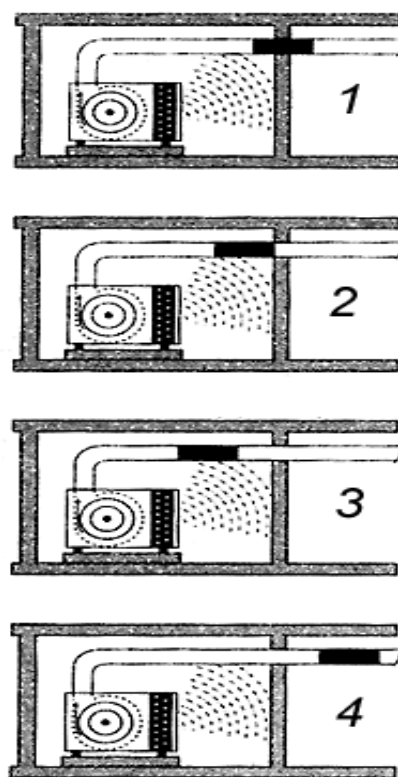


Рис. 5.29. Варианты размещения глушителей

стекловаты, образование плесени на других материалах, поэтому рекомендуется обработка покрытия или применение эластичной защитной пленки.

5.8.6. Монтаж раструбного соединения

Асбестоцементные короба и фасонные части соединяют следующим образом. В муфту (рис. 5.30, а) или раструб (рис. 5.30, б) укладывают пеньковую прядь (соответственно в четыре или два ряда), смоченную в казеиново-цементном растворе. При заделке муфтового соединения вертикального воздуховода муфту закрепляют кляммерами (крючками) из кровельной стали. Кляммеры удерживают муфту от падения и обеспечивают равенство зазоров между коробом и муфтой. Пространство между наружными стенками короба и внутренними стенками муфты или раструба заполняют набивкой.

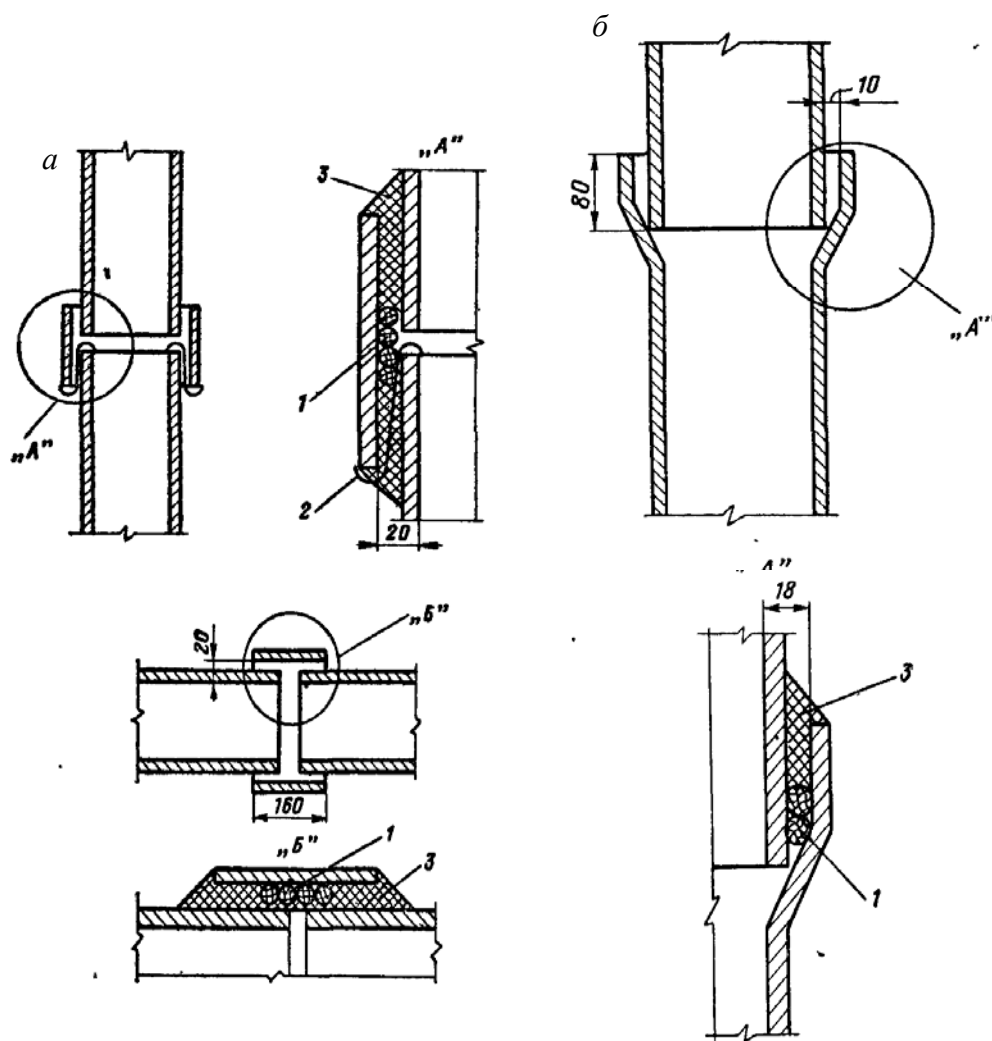


Рис. 5.30. Соединение асбестоцементных коробов: а – заделка стыков муфтовых коробов горизонтальных и вертикальных воздуховодов; б – заделка стыка раструбных коробов; 1 – пеньковая прядь; 2 – кляммер; 3 – мастика

5.8.7. Стеновые проходы воздухопроводов

В ограждающей строительной конструкции (рис. 5.31, 5.32) необходимо предусмотреть проем (мм), который должен быть не менее

$$B = A + 2C + 30.$$

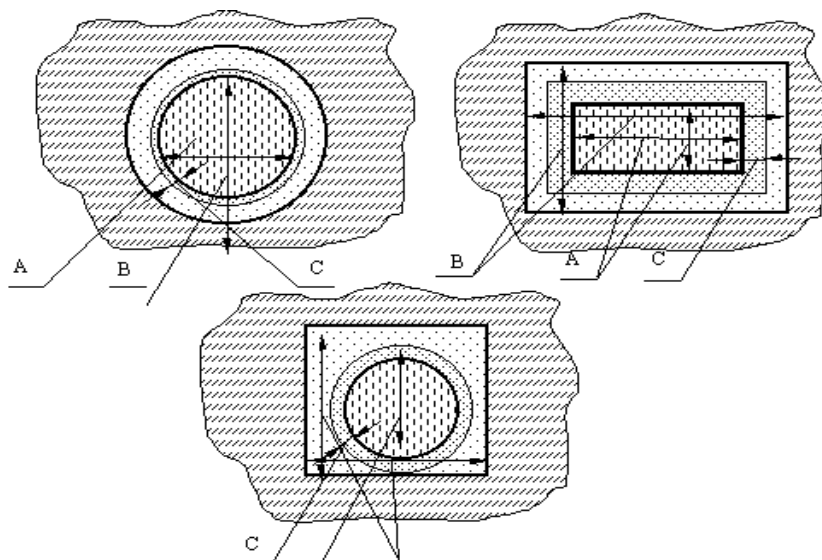


Рис. 5.31. Переход: А – размеры поперечного сечения воздуховода; В – размер поперечного сечения проема; С – размер полки монтажного уголка

В соответствии со СНиП ограждающая строительная конструкция должна обладать следующими требованиями:

- огнестойкость узла крепления строительной конструкции должна быть не ниже требуемой огнестойкости самой конструкции;
- место прохода воздуховода через ограждающую конструкцию должно быть легкодоступно для периодической ревизии, восстановления или замены огнезащитного покрытия;
- конструкция узла пересечения воздуховода с ограждающей конструкцией не должна снижать требуемых пожарно-технических показателей конструкции.

Конструкция узла пересечения воздуховода с ограждающей конструкцией должна соответствовать схеме (см. рис. 5.32).

В соответствии с требованиями СНиП по пределам огнестойкости транзитных воздухопроводов и коллекторов при прокладке их через помещения во встроенно-пристроенных помещениях воздухопроводы вентиляционных систем из негорючих материалов должны проектироваться:

- для транзитных участков или коллекторов систем кондиционирования воздуха и воздушного отопления;
- для прокладки в пределах помещений вентиляционного оборудования, а также в технических этажах, чердаках и подвалах;
- для помещений и кладовых категорий А, Б и В.

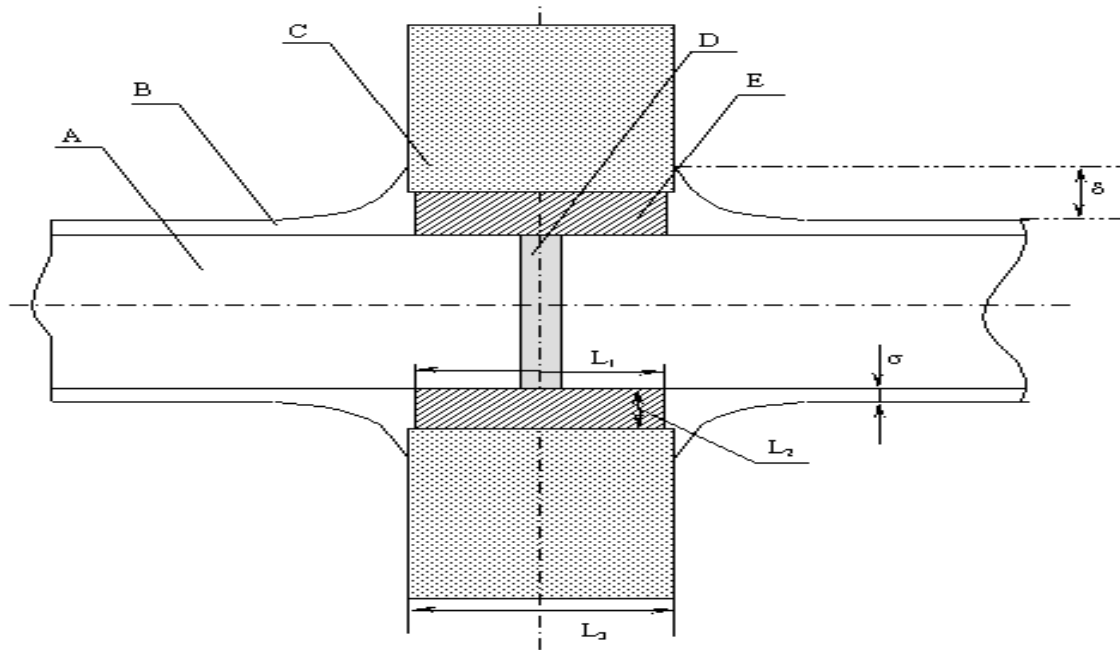


Рис. 5.32. Разрез стенового прохода: *A* – металлический воздуховод; *B* – огнезащитное покрытие толщиной σ (нахлест на ограждающую конструкцию δ должен быть не менее 50 мм); *C* – ограждающая конструкция толщиной L_3 ; *D* – сварная рама (изготовленная из металлического уголка с размером полки, соответствующим размеру фланца), приваренная точечной сваркой внутри или снаружи воздуховода (если $L_3 > 400$ мм, следует установить две рамы); *E* – цементно-песчаный раствор ($L_2 = 30$ мм)

Воздуховоды из трудногорючих материалов допускается проектировать:

- в одноэтажных зданиях;
- в помещениях категорий Г и Д, кроме коллекторов и транзитных участков;
- в пределах обслуживаемых производственных помещений.

Предел огнестойкости воздуховодов и коллекторов систем вентиляции, прокладываемых в пределах помещений для вентиляционного оборудования и снаружи зданий, не нормируется, кроме транзитных воздуховодов и коллекторов, прокладываемых через помещения для вентиляционного оборудования.

Транзитные воздуховоды для систем вентиляции тамбуров-шлюзов при помещениях категорий А и Б следует проектировать с пределом огнестойкости 0,5 ч.

Для обеспечения требуемой огнестойкости воздуховодов широко применяются минераловатные маты.

5.8.8. Устройство теплоизоляции

Теплоизоляционные работы – устройство тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий и сооружений, трубопроводов, промышленного оборудования, средств транспорта и др.

Для качественного монтажа теплоизоляции необходимо, чтобы теплоизоляционный материал плотно прилегал к изолируемой поверхности, например к ребрам жесткости газохода или направляющим (рис. 5.33).



Рис. 5.33. Варианты установки теплоизоляционных матов

Также необходимо избегать так называемых «мостиков холода», т. е. наличия металлических деталей, проходящих от изолируемой поверхности через теплоизоляционный слой наружу (рис. 5.34).

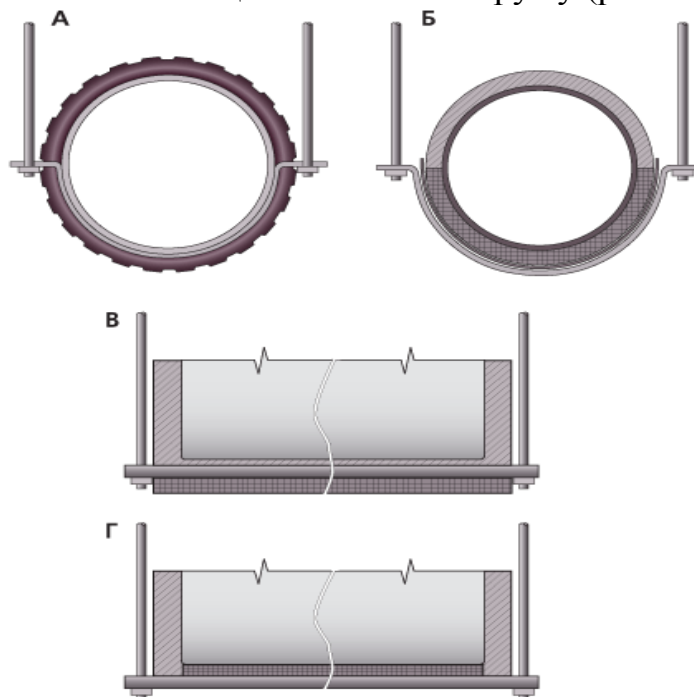


Рис. 5.34. Неправильное (А и В) и правильное (Б и Г) соединение секций воздухопроводов круглого или прямоугольного сечения в целях предотвращения образования мостиков холода

Рулонные теплоизоляционные материалы после укладки на изолируемую поверхность можно скрепить проволочными хомутами, скрепками, скотчем и т. д. При укладке теплоизоляционных материалов в виде матов обычно к изолируемой поверхности приваривают или приклеивают «кусы» (проволока, стержень), на которые и нанизывают маты.

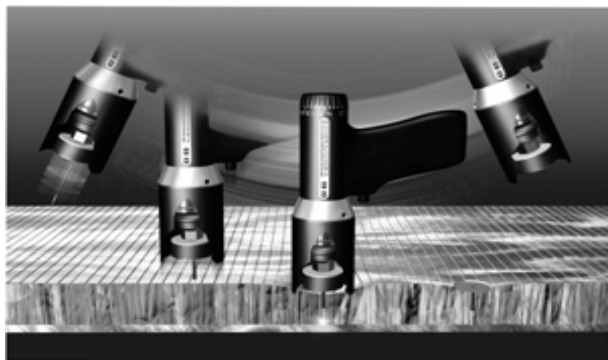


Рис. 5.35. Пистолет для сварки

В настоящее время вместо обычной сварки предпочитают сварку такого крепежа (изоляционные гвозди) конденсаторным разрядом с помощью специального пистолета (рис. 5.35).

Пистолет с вставленным крепежом прижимают к рабочей детали (рис. 5.36, а). Под действием пружины привариваемый

метиз плотно прижимается к поверхности заготовки. Когда ножки пистолета и крепеж установлены на деталь в месте сварки, оператор нажимает на курок, замыкая тем самым электрическую цепь, и запускает сварочный цикл. Через кончик метиза (специально выполняется малого размера) начинает протекать накопленный заряд конденсаторной батареи. Большой ток разрядки плюс малые размеры зоны контакта приводят к тому, что кончик метиза плавится и испаряется. Процесс происходит настолько быстро, что носит взрывообразный характер и сопровождается характерным звуком – хлопком. Ионы металла (кончика метиза) заполняют зазор между фланцем метиза и поверхностью заготовки, обеспечивая необходимые условия существования электрической дуги в зазоре (рис. 5.36, б). Под действием пружины метиз движется вниз, а возникшая сварочная дуга занимает всю поверхность фланца метиза и расплавляет ее одновременно с поверхностью заготовки (рис. 5.36, в). Как только фланец метиза опускается в расплавленный металл заготовки, сварочная дуга гаснет. Под действием пружины метиз погружается в сварочную ванну и остается прижатым к поверхности заготовки до полного затвердевания. Образуется надежное сварочное соединение по всей поверхности фланца метиза (рис. 5.36, г).

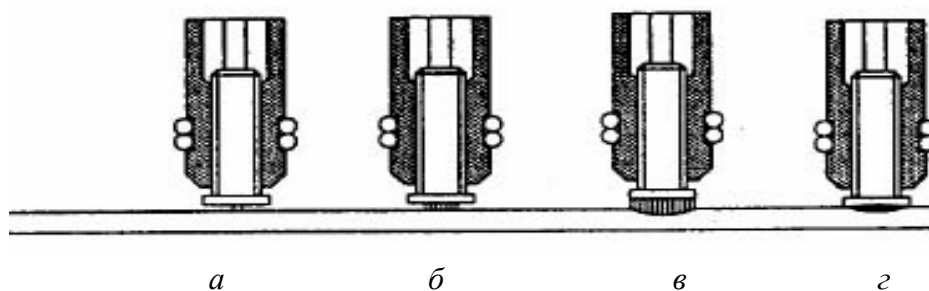


Рис. 5.36. Стадии сварки «усов» конденсаторным разрядом

Еще более удобным вариантом (рис. 5.37) для монтажа является использование самоклеющихся шипов типа FDI. Они предназначены для установки теплоизоляционных материалов на гладкие поверхности, например воздуховодов. Использование данного крепления гарантирует быструю и качественную установку, исключающую коррозию.

Высокое качество двухстороннего скотча и фиксирующей пластины обеспечивают высоконадежную сборку. В ассортименте представлены шипы различной длины. Шипы изготавливаются из оцинкованной стали. К нижней части опорной пластины приклеен двухсторонний скотч. Фиксирующие пластины поставляются в комплекте с шипами. Теплоизоляционный материал может быть прикреплен и зафиксирован пластинами немедленно, но максимально надежное прикрепление достигается через 24 часа.

Эффективным также считается в настоящее время напыление полиуретана. Принцип работы оборудования для напыления пенополиуретана (ППУ) основан на дозировании в определенном соотношении компонентов А и Б, поступающих из расходных емкостей по шлангам в смесительную камеру пистолета-распылителя, где компоненты смешиваются, а образующаяся смесь распыляется на изолирующую поверхность (рис. 5.38).

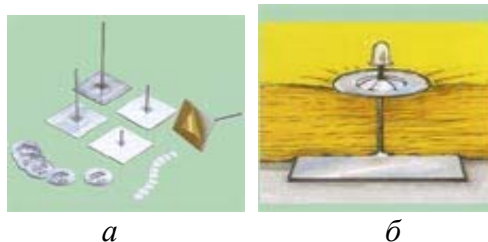


Рис. 5.37. Шипы самоклеющиеся: *а* – общий вид; *б* – в теплоизоляционной конструкции

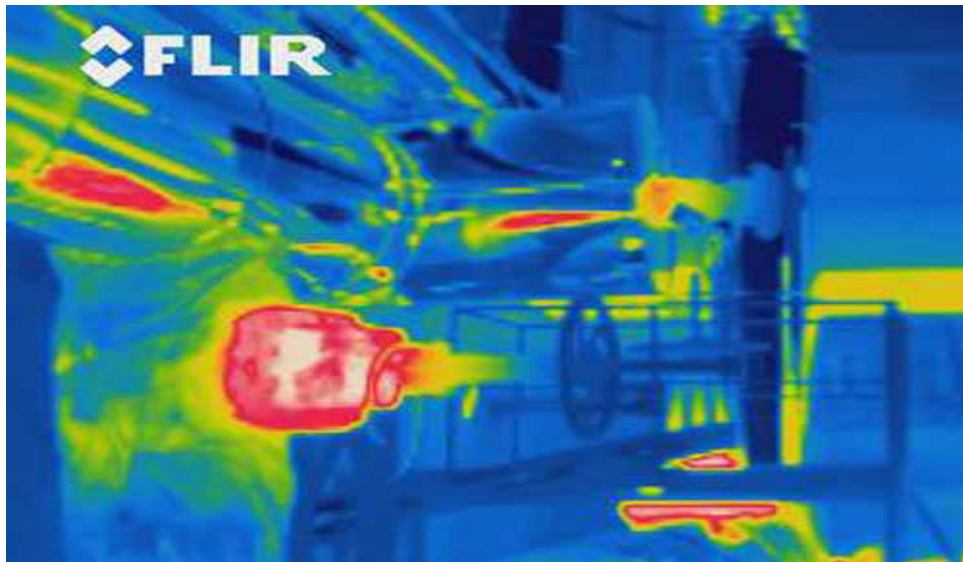


Рис. 5.38. Напыление полиуретана: *а* – пистолет для напыления; *б* – процесс напыления

В настоящее время принято при сдаче объекта пользоваться данными съемки тепловизора (см. рис. 5.39), которые позволяют оценить уровень и места тепловых потерь, т. е. дать достоверную характеристику качества работы нанятой фирмы.



а



б

Рис. 5.39. Теплоизоляция труб:

а – общий вид объекта; *б* – съемка объекта тепловизором (www.teplov.ru)

5.9. Основы пусконаладочных работ

В данном разделе пособия использована статья А. А. Мельникова и В. В. Иванова (С.О.К. 2004. №10).

Задачи вентиляции и кондиционирования многообразны, и для их решения заказчик должен наиболее исчерпывающе поставить задачу, проектировщик – обеспечить ее эффективное решение, монтажник – с минимальными отклонениями выполнить проект. Последней стадией работ перед сдачей их заказчику является пусконаладка. Ее минимальной задачей является выяснение, обеспечиваются ли проектные параметры работы воздушных сетей.

Здравый смысл подсказывает, что в пусконаладке заинтересованы все: заказчику нужен объективный контроль качества проведенных работ; проектировщику нужен самоконтроль, иначе проектные ошибки станут кочевать от проекта к проекту; монтажнику нужно подтвердить качество своих работ и освободиться от ответственности (если вентиляторная установка выдает проектные характеристики, то за возможные проблемы с неудовлетворительным решением задач заказчика отвечает проектировщик).

Но тем не менее проведение пусконаладки даже в минимальном объеме является скорее исключением, чем правилом, особенно для относительно небольших фирм. Пусконаладка, конечно, требует ясного понимания основных явлений аэродинамики, но не является тайной за семью печатями: любой специалист, особенно с профильным образованием, может освоить этот вид работ.

Очень немногие работы по пусконаладке можно выполнить без приборов. Для того чтобы хотя бы сделать вид, что проводится пусконаладка, необходимы, как минимум, анемометр и термометр. Для настоящей пусконаладки потребуются еще несколько приборов: микроманометр или дифференциальный манометр вентиляционного диапазона, пневмометрические трубки, барометр, тахометр.

Пусконаладка должна выполняться монтажной организацией, т. к. она неразрывно связана с монтажом. Возможно выполнение пусконаладки независимой специализированной организацией.

Все главные требования к пусконаладке изложены в СНиПе «Внутренние санитарно-технические системы». К сожалению, требования этих документов даже в неплохих вентиляционных фирмах почти не выполняются – требуется высокий уровень профессиональной подготовки наладчика, опыт и много приборов, включая настоящий шумомер, а не тот, который встроен в некоторые модели сотовых телефонов. Но элементарная наладка по упрощенной программе вполне посильна каждому.

Первым элементарным действием при пусконаладке является проверка вентилятора включением. В идеальном случае нужно проверять все поступающие вентиляторы на специальном стенде, который нетрудно сделать самостоятельно. В этом случае можно сразу проверить характеристику вентилятора, чтобы избежать работ по переустановке негодного вентилятора.

Если отечественный вентилятор поступает сразу на объект, то его можно включать после установки на место, но до присоединения к сети воздуховодов. До включения необходимо проверить зазор между всасывающим конусом и колесом вентилятора. Он не должен превышать 1 % от диаметра колеса. Зазор должен быть ровным, без перекоса. При необходимости зазор нужно отрегулировать. Если это невозможно сде-

лать, то нужно заменить конус. Вентилятор с большим зазором принципиально не способен выдать требуемое давление.

Сразу после подключения вентилятора к постоянному электропитанию необходимо проверить правильность направления вращения рабочего колеса. Неправильное вращение при первом подключении встречается очень часто. Более того, иногда выявляются вентустановки, проработавшие при неправильном подключении несколько лет.

Вращающийся в обратном направлении центробежный вентилятор продолжает создавать небольшой напор, так что в коротких сетях с малым сопротивлением обеспечивается расход 20...30 % от проектного.

У трехфазных канальных вентиляторов направления вращения не видно. Так что если движение воздуха подозрительно слабое, нужно поменять фазы и проверить, не стало ли лучше.

При некоторых типах крепления рабочего колеса при неправильном вращении крепежные детали откручиваются, колесо начинает болтаться на валу, что может привести к его полной поломке. Новый вентилятор должен быть хорошо сбалансирован: шум вентилятора должен быть ровным, вибрация – минимальной. Если есть заметная вибрация, то, скорее всего, она вызвана погрешностями монтажа или дисбалансом рабочего колеса вентилятора. Если у монтажной организации нет приспособлений для статической балансировки, то нужно менять рабочее колесо.

Импортные вентиляторы крупных производителей без сети обычно работают удовлетворительно и в тщательной проверке не нуждаются. Если такие вентиляторы начинают сильно шуметь после присоединения к сети воздуховодов, обычно это связано с проектными ошибками – рабочая точка перемещается в зону низкого КПД и высокого шума.

Предпусковые испытания. Провести настоящую пусконаладку можно тогда, когда воздуховоды еще не закрыты какой-либо облицовкой. Если этот момент упущен, то возникает множество дополнительных трудностей.

Таким образом, наиболее подходящий момент для пусконаладки наступает тогда, когда система полностью смонтирована и желательно подключена к источникам энергоснабжения по постоянной схеме.

В современном строительстве воздухораспределители часто ставятся в последнюю очередь, после завершения отделки. Это не является большой проблемой. Если без воздухораспределителей система работает нормально, то и установка всех распределителей ее в большинстве случаев не разбалансирует.

Если испытания и регулировка вентсистемы проводились без воздухораспределителей, то это просто отмечается в протоколе. После завершения всех отделочных работ и установки воздухораспределителей

необходимо проверить их расходы, скажем, анемометром. При обнаружении дисбаланса можно немного подрегулировать систему, меняя сопротивление воздухораспределителей.

Условия проведения. Проведение испытаний в реальных условиях эксплуатации обычно невозможно, т. к. объект на момент испытаний еще не введен в строй. Но следует по возможности смоделировать эксплуатационный режим: как минимум, открыть те двери, которые будут открыты, закрыть те, которые будут постоянно закрыты.

При более сложной и не рассматриваемой здесь наладке на санитарно-гигиенический эффект замеры проводятся в середине рабочего цикла или в другой момент, характеризующийся наибольшей нагрузкой на вентиляцию.

Бесприборный контроль. В практике встречаются несколько методов бесприборной пусконаладки. Вытяжные устройства проверяют бумажкой. Если бумажка прилипает к решетке, то вентиляция вроде бы работает. Этот метод является формой обмана. Бумажку удерживает не расход воздуха, а ничтожная разница давлений. Даже при выключенном вентиляторе перепада давлений за счет гравитационного напора может быть достаточно, чтобы удержать тонкую бумажку. Более качественная проверка осуществляется дымом. Курящий человек становится под воздухоприемным устройством и дымит. Если дым тянется к вентиляции, а не расходится по помещению, то вентиляция считается работающей удовлетворительно.

Приточные решетки проверяют рукой: если ощущается заметный напор, то система считается пригодной.

При всех своих недостатках бесприборный контроль лучше, чем отсутствие любого контроля. Если тот или иной воздухораспределитель не дает никаких признаков движения воздуха, то необходимость наладки становится совершенно очевидной.

Инструментальный контроль. Применение приборов позволяет в пределах погрешности метода измерения назвать реальную производительность всей установки и отдельных воздухораспределителей, сравнить их с проектными. Во многих случаях становится возможным назвать причину неудовлетворительной работы системы и, при необходимости, произвести балансировку.

Анемометры предназначены для определения подвижности воздуха. Конечно, им можно найти применение в практике вентиляционной фирмы, например для определения подвижности воздуха в зоне действия приточной струи, но в целом для пусконаладки они являются непригодными. Причина – большая ошибка метода измерения. Анемометр изменяет сечение измеряемого потока, так что погрешность определения расхода обычно превышает $\pm 25\%$.

Если выбора нет, то при использовании анемометра требуются следующие ухищрения: прежде всего, нужна насадка, представляющая собой патрубок, одну сторону которого плотно прижимают к воздухораспределителю, а в другой – устанавливают анемометр. Если проверяется популярный щелевой воздухораспределитель, то насадка должна быть достаточно длинной, чтобы выходящий или входящий через щель поток обрел подобие равномерности.

Термоанемометры вносят меньше искажений в поток, так что больше подходят на роль устройств для облегчения труда наладчика. При замерах производительности воздухораспределителей им тоже требуется насадка, стабилизирующая поток.

Для настоящей наладки и паспортизации необходимы точные приборы. Если испытания проводятся на улице в любое время года, то подойдет микроманометр; если вся работа проходит в отапливаемом помещении, то годятся цифровые дифманометры вентиляционного диапазона 0...2000 Па. Правила использования приборов изложены в инструкциях. Если приборы импортные, то нужно проверить их на соответствие нашим ГОСТам.

Приборы используются с пневмометрическими трубками. Главной особенностью применения манометров является то, что они определяют давление – главную характеристику вентилятора и потери давления – главную характеристику сети. Таким образом, можно проверить вентилятор и сеть. Кроме того, становится возможным определить направление движения струи с точностью около 10° .

Пусконаладку можно проводить непроверенными приборами, но в паспорт вентустановки должен быть вложен протокол замера, выполненного по всем правилам с помощью проверенных приборов и трубки. Так что на практике встречается ситуация, когда наладку выполняет своими силами монтажная организация, а на контрольный замер приглашается специализированная аккредитованная лаборатория.

Первая наладка (упрощенная). Первым действием по наладке является максимально точное определение расхода. Для этого выбирается ровный и длинный (не менее шести диаметров) участок сети: на расстоянии не менее четырех диаметров от ближайшего местного сопротивления делается отверстие достаточного диаметра, чтобы плотно вошла пневмометрическая трубка. Нет никакой необходимости устанавливать типовые питометражные лючки, вполне достаточно пробойником аккуратно сделать отверстие требуемого диаметра. Если диаметр воздуховода невелик, то после проведения замеров отверстие стоит закрыть пробкой, скотчем или хомутом (в зависимости от типа воздуховода). Если воздуховод большой, то тут дело вкуса. Утечка воздуха через отверстие очень мала, так что на промышленных объектах их обычно не закрывают.

Следует убедиться, что поток в выбранном сечении устойчив; для этого можно плавно водить трубкой от стенки до стенки и наблюдать изменение динамического давления. Если профиль динамических давлений симметричен, то сечение пригодно для замеров.

Точно замерить расход в местах с несимметричным профилем вблизи от местных сопротивлений можно, но это требует высокой квалификации исполнителя, т. к. необходимо спрогнозировать и затем фактически определить поле скоростей. Если в точке замера скорость потока изменяется со временем (пульсирует), то точный замер невозможен, нужно искать более подходящее сечение.

Расход определен, что дальше? Идеальный вариант. Все регулирующие устройства должны быть полностью открыты, а вентилятор – работать на максимальной мощности.

Сам замер желательно произвести максимально близко к ГОСТовской методике. Получившуюся величину расхода нужно сравнить с проектом. Если расход равен или незначительно больше проектного, то нужно определить расходы на главных ответвлениях. Если расходы на ответвлениях равны или немного больше проектных, то можно переходить к воздухораспределителям. Графически работу идеальной системы можно изобразить так, как показано на рис. 5.40.

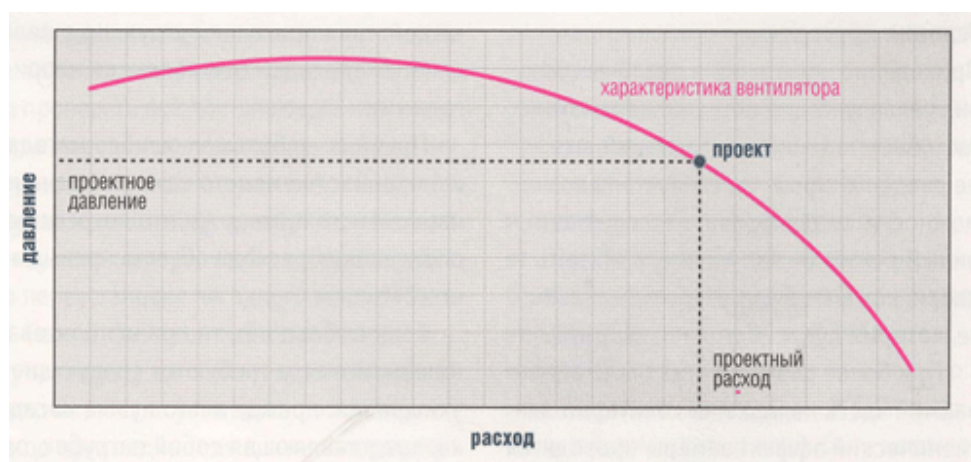


Рис. 5.40. Работа идеальной системы

Есть много способов определения расхода в воздухораспределителях. Высокую точность замера получить трудно, да и, вообще говоря, не требуется. Если расход в ветке определен точно, то нужно просто убедиться, что расходы в воздухораспределителях пропорциональны проектным. Для этой цели вполне подойдет анемометр. Нужно однообразно промерить скорости у каждого воздухораспределителя и по полученным величинам сделать вывод о сбалансированности сети. Так как расход в ветке уже определен, то его можно в полученной пропорции разделить по воздухораспределителям и сопоставить с проектным.

Реальные варианты. Избыточная производительность. Встречаются вентсистемы, в которых на максимальной мощности вентилятора производительность намного больше проектной. Естественно, работа таких систем обычно сопровождается аэродинамическим, а иногда и механическим шумом (от вибрации воздуховодов).

В этом случае первым делом следует проверить нагрузку двигателя: при перегрузке он может быстро сгореть. Если перегрузки нет, то следует попытаться понять, является ли избыточная мощность ошибкой или умыслом. Возможна ошибка при комплектации, когда устанавливают вентилятор с непроектным количеством оборотов. Хорошие проектировщики обычно делают запас на наладку и износ, но его величина не больше 10...20 %. Для установок обычного режима эксплуатации это обеспечивает лет пять бесперебойной работы в проектом диапазоне расходов при постепенном износе вентилятора и воздуховодов.

Если производительность намного больше проектной, то до начала наладки ответвлений ее следует уменьшить путем прикрытия шиберов или другим способом увеличения сопротивления сети. Нужно понимать, что при начале эксплуатации шибер сразу откроют, а могут и диафрагму вынуть, поэтому положение шиберов и наличие диафрагмы должно быть задокументировано в паспорте вентустановки с подписью ответственного за эксплуатацию лица.

Недостаточная производительность. Если замеренная производительность меньше проектной, то придется перейти к замерам по полной программе.

Прежде всего нужно определить фактический режим работы вентилятора. Для этого требуется максимально точно определить основные параметры потока (полное и динамическое давление) до и после вентилятора, как можно ближе к нему, и посчитать расход воздуха. Если разница расходов до и после составила менее требуемых 5 %, то можно считать, что вам крупно повезло. В реальных условиях получить такую точность почти невозможно.

Получившиеся расходы складываем и делим пополам. Это будет фактический расход вентилятора. Затем складываем модули полного давления до и после вентилятора. Получившуюся точку наносим на характеристику вентилятора. Рассчитав фактическую величину расхода, прежде всего, стоит решить, может ли такой расход удовлетворить интересы санитарных норм и заказчика. Если да, то полученную величину нужно утвердить как проектную. К сожалению, во многих вентиляционных фирмах нет специалистов, способных обоснованно принять столь ответственное решение. Так что перейдем к рассмотрению варианта, когда изменить проектный расход нельзя.

В расположении фактической точки относительно проектной есть несколько вариантов:

1. Вентилятор соответствует, сеть не соответствует (рис. 5.41).

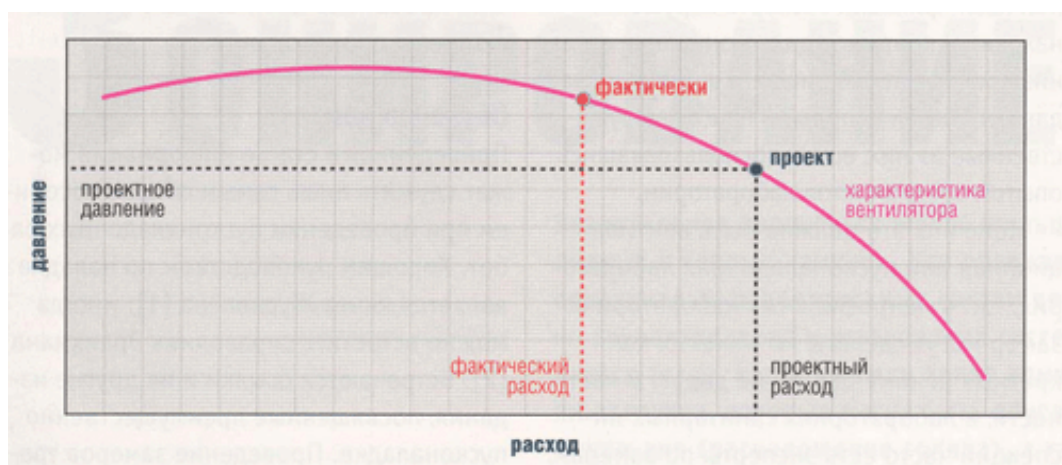


Рис. 5.41. Вентилятор соответствует, сеть не соответствует

Если проектная точка ложится близко (5 %) от характеристики вентилятора, то причину несоответствия расхода проектной величине следует искать в сети.

Необходимо визуально проверить соответствие сети проекту, определить соответствие схемы, диаметров, оборудования, типа воздухопроводов и воздухораспределителей. Если дефекты не выявлены, то с помощью микроманометра промерить сопротивления отдельных участков, выявить и устранить засоры. При наличии в пояснительной записке проекта величин местных сопротивлений нужно сравнить их с фактическими. Если система не стала работать лучше, то на основании собранной в ходе замеров и осмотра информации нужно решить, возможно ли изменить сеть таким образом, чтобы получить проектный расход; возможно ли получить проектный расход, используя другой вентилятор или изменив обороты существующего.

Вообще говоря, систему необходимо пересчитать в нескольких вариантах; и если один из вариантов дает требуемый расход, то определить смету и того, кто ее оплатит. Достаточно очевидно, что за неправильный монтаж отвечает монтажная организация, а за ошибки в проекте — проектная. Стоит заметить, что в каждом проекте присутствует субъективная составляющая проектировщика, обычно выраженная в выборе схемы и в некоторых особенностях расчетов и интуитивных допусков. И это не является ошибкой. Ошибкой проектировщика является неспособность правильно смонтированной вентиляции обеспечить проектные расходы в обслуживаемых помещениях. В вентиляционных трестах недавнего прошлого обычно была такая практика: молодой специалист начинал свой трудовой путь в группе пусконаладки под руко-

водством опытного наладчика и только потом, почувствовав работу вентсистем, переходил в проектные отделы.

Сейчас ситуация изменилась, и некоторые проектировщики, особенно не имеющие профильного образования, бессмысленно повторяя стандартные расчеты, неспособны обеспечить проектный расход даже в двух ответвлениях, не говоря уже о разветвленных схемах на 20–30 помещений. Фирмы работают годами и, при отсутствии приборного контроля, свято уверены в высоком уровне своих проектировщиков и монтажников.

2. Вентилятор не соответствует, сеть соответствует (рис. 5.42).

Во втором варианте фактическая точка обычно находится значительно ниже характеристики вентилятора. Сразу ясно, что вентилятор не соответствует характеристике, но нужно проверить и то, соответствует ли проекту сеть.

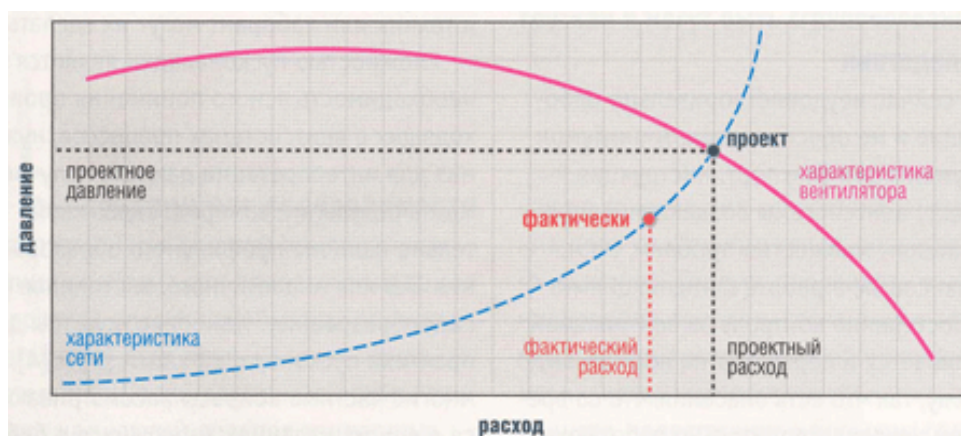


Рис. 5.42. Вентилятор не соответствует, сеть соответствует

Необходимо построить характеристику сети. В первом приближении графически это квадратичная парабола, представляющая зависимость давления в сети от расхода

$$p = k L^2,$$

для которой расход (L) и давление (p) уже известны, остается только определить коэффициент k и нанести параболу на характеристику вентилятора.

Если получившаяся кривая пересекает характеристику вентилятора в точке с проектным расходом, т. е. соответствует проекту, причину недостаточного расхода нужно искать в вентиляторе.

Нужно проверить тип вентилятора и его обороты. Отечественные вентиляторы довольно часто не соответствуют характеристике.

Если вентилятор не новый, то причиной может быть износ лопаток. Чтобы исправить создавшееся положение, вентилятор можно заменить на хороший или увеличить обороты имеющегося.

3. Все не соответствует (рис. 5.43).

Если фактическая характеристика сети не пересекает характеристику вентилятора вблизи от проектного расхода, то непригодны ни сеть, ни вентилятор. Нужно отыскать и устранить причину плохой работы вентиляционной системы.

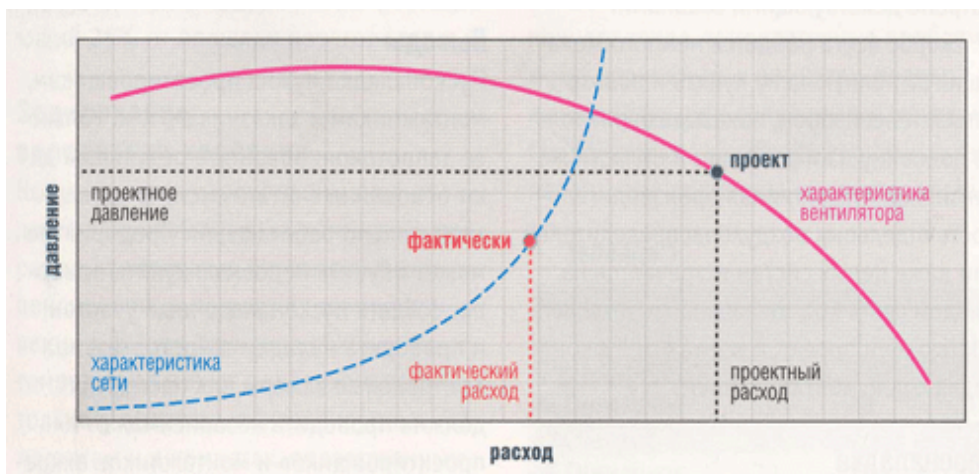


Рис. 5.43. Все не соответствует

Проверка на герметичность. Испытания на герметичность — дело довольно хлопотное, но если нормы требуют и заказчик настаивает, то следует заглушить все приточные (или вытяжные) отверстия, к началу испытываемого участка присоединить небольшой центробежный вентилятор со специальным воздухопроводом, в котором и нужно тщательно замерить скорость, из нее получить расход, который сравнивается с допустимой величиной утечки. Хотя на словах все просто, на деле для проведения подобной проверки требуются опыт и точные приборы, причем воспроизводимость результатов обычно мала.

Если расход больше допустимого, а видимых и ощущаемых рукой неплотностей нет, то испытываемый участок наполняют дымом, а выявленные неплотности устраняют.

Независимый контроль. Когда система прошла пусконаладку, приходит время заполнения паспорта. Нет ничего плохого в том, что паспорт делает монтажная организация. Плохо то, что в наших условиях у заказчика или генподрядчика нет никаких оснований доверять монтажникам. Да, вентиляторы гудят, воздух дует, но производительность может быть больше требуемой (это неэкономично), меньше требуемой (это вредно), в помещениях может отсутствовать проектный воздушный баланс.

Даже если монтажники знают о нарушениях, то, скорее всего, предпочтут скрыть их в надежде, что система никогда не будет проверяться или что нарушения никогда не проявят себя.

Контрольные замеры должна производить независимая, желательно аккредитованная лаборатория. Это платная услуга, так что стоит решить, кто же должен платить. Если объект сдается под ключ, то логичнее всего, что заказывает замеры и оплачивает их генподрядчик. Это позволяет ему проверить вентиляционщиков.

Если сдается только вентиляция, то замеры может заказать сам заказчик (к сожалению, это самый редкий в практике случай). Заказчики приходят в лабораторию только тогда, когда выясняется, что вентиляция работает неудовлетворительно. Замеры подтверждают это, но деньги уже уплачены и акты подписаны.

Довольно часто за замерами и паспортизацией обращаются монтажные фирмы: они понимают, что сами не могут сделать точные замеры, да и доверия со стороны заказчика к независимой лаборатории больше будет. Это решение представляется наиболее правильным. Дело в том, что, при достаточной квалификации эксперта, нарушения найдутся почти всегда и монтажная организация может без лишнего шума и урона для репутации исправить наиболее существенные из них, еще и воспользовавшись опытом специалистов лаборатории.

Конечно, это должна быть вентиляционная или пусконаладочная лаборатория, т. к. в непрофильных лабораториях замеры могут сделать, но никаких конкретных рекомендаций не дадут. В частности, в лабораториях санитарных инспекций часто есть эксперты по замерам, но очень редко – по вентиляции. Что толку с такого замера, если никто не может сказать, что же нужно сделать для исправления положения?

Последствия. Уже сейчас неудовлетворительно работающие и не обеспеченные минимумом документации (паспорт, инструкция, проект) вентсистемы создают предпринимателям множество проблем, в т. ч. финансовые, при работе с различными инспекциями.

Постепенно контроль за вентиляцией усиливается и переходит на нормативную основу, так что есть опасения, что со временем неудовлетворительно работающие системы будут отключаться инспекторами с последующим закрытием объекта, на котором они установлены, как это предусмотрено действующими законами.

Скорее всего, найдется немного желающих за полную цену купить и пользоваться телевизором, показывающим только половину изображения. В области же вентиляции половинная производительность отдельных воздухораспределителей или даже целых систем встречается на каждом шагу, хотя оплачена система полностью – и проект, и монтаж, и пусконаладка с документированием.

Переналадка. В соответствии с требованиями санитарной, пожарной, экологической, а иногда и других инспекций эффективность работы вентиляции должна периодически проверяться. Частота проверок за-

висит от многих причин, но в общем можно сказать, что если жалоб на вентиляцию нет, то вытяжные установки нужно проверять ежегодно, приточные – раз в три года. Если при проверке выявляется несоответствие проекту, то установка должна пройти наладку, а в случае необходимости – капитальный ремонт для восстановления ее функциональности. Переналадка сложнее пуска наладки: оборудование уже старое, воздуховоды часто негерметичны и скрыты. Не всегда появляется возможность обеспечить проект без капитального ремонта и замены оборудования.

Проведение замеров требует старания и внимания, иначе трудно получить воспроизводимые результаты. Для замеров не требуется особо высокая квалификация; не только инженер, но и техник или лаборант могут их сделать.

Сложностью пуска наладки является необходимость ясного понимания происходящих в вентсистемах процессов, нужная для интерпретации данных, получаемых в результате замеров. Здесь желательно наличие профильного образования ТГВ или аналогичного, постоянное самообразование. Установки вентиляции и кондиционирования воздуха до их испытаний должны непрерывно, исправно проработать в течение четырех часов. После окончания работ по предпусковым испытаниям и регулировке установок следует составить приемочный акт, приложением к которому должны быть следующие документы:

- комплект рабочих чертежей с надписями, сделанными лицами, ответственными за производство монтажных работ, о соответствии выполненных в натуре работ этим чертежам или внесенным в них изменениям;
- акты освидетельствования скрытых работ и промежуточной приемки конструкций;
- акт о результатах предпусковых испытаний и регулировки установок вентиляции и кондиционирования воздуха;
- паспорт на каждую установку.

При приемке установок вентиляции и кондиционирования воздуха следует определить:

- соответствие выполненных работ проекту, а именно: правильность изготовления и монтажа воздуховодов, установки вентиляционного оборудования и регулирующих устройств; надежность крепления устройств; степень звукоизоляции вентиляционных агрегатов, устройство вентиляционных камер и шахт и др.;
- исправность состояния воздуховодов и действия вентиляционного оборудования, кондиционеров и регулирующих устройств.

6. КОНСТРУКЦИИ УЗЛОВ АППАРАТОВ

Химические аппараты предназначены для осуществления в них химических, физических или физико-химических процессов (химические процессы, теплообмен, разделение, измельчение, дозирование, испарение, фильтрация, абсорбция, адсорбция, природоохранные и т. д.). К химическим аппаратам обычно относят также емкости для хранения различных сред, перемещающие машины и другое оборудование, используемое в химической промышленности.

В зависимости от назначения химические аппараты (чаще всего по протекающему в них основному технологическому процессу) называются: реактор (нитратор, хлоратор, гидратор, эфиризатор, сульфуратор), теплообменник, испаритель, конденсатор, абсорбер, адсорбер, печь, ректификационная колонна, сепаратор, дозатор, фильтр, кристаллизатор, очистной аппарат и т. д.

Характер работы аппаратов бывает периодический и непрерывный, а установка их может быть стационарной (помещение, улица) и передвижной (переносная).

Условия работы химических аппаратов меняются в широких пределах: температура от минус 250 °С до плюс 1500 °С и давление (разрежение) от 10^{-2} н/м² до 300 Мпа/м².

Промышленная аппаратура, предназначенная для работы под избыточным давлением свыше 0,07 Мн/м², а также емкости для хранения и транспортировки сжиженных газов, давление паров которых при температуре 50 °С превышает указанное давление, должны отвечать соответствующим нормативно-техническим требованиям для сосудов (аппаратов), работающих под давлением, и подлежать периодическим испытаниям контролирующими организациями (пока Ростехнадзор).

Аппараты обычно могут иметь корпус, крышку, днища, а также устройства ввода и вывода материальных потоков, люки, лазы, опоры, такелажные устройства, теплообменные и перемешивающие устройства, обтюрацию, компенсаторы, различные внутренние устройства, узлы и элементы и т. д.

Эти устройства чаще всего являются типовыми конструкциями и нормализованы соответствующими документами. Все узлы аппаратов, кроме корпуса, носят название *гарнитура*.

Гарнитура (франц. garniture, от garnir – снабжать, снаряжать) котла (аппарата) – устройства для обслуживания котла (аппарата): лазы для чистки газоходов, гляделки для наблюдения за работой котла, патрубки, лазы, лючки для установки контрольно-измерительных и обдувочных приборов, шибера, а также детали, на которые опираются элементы котла (аппарата).

6.1. Обечайка

Большинство аппаратов и машин в технике имеет корпус.

Корпус (от лат. *corpus* – тело, сущность, единое целое) – деталь машины (аппарата), обычно служащая её основанием и несущая все основные механизмы, узлы и элементы (рис. 6.1).

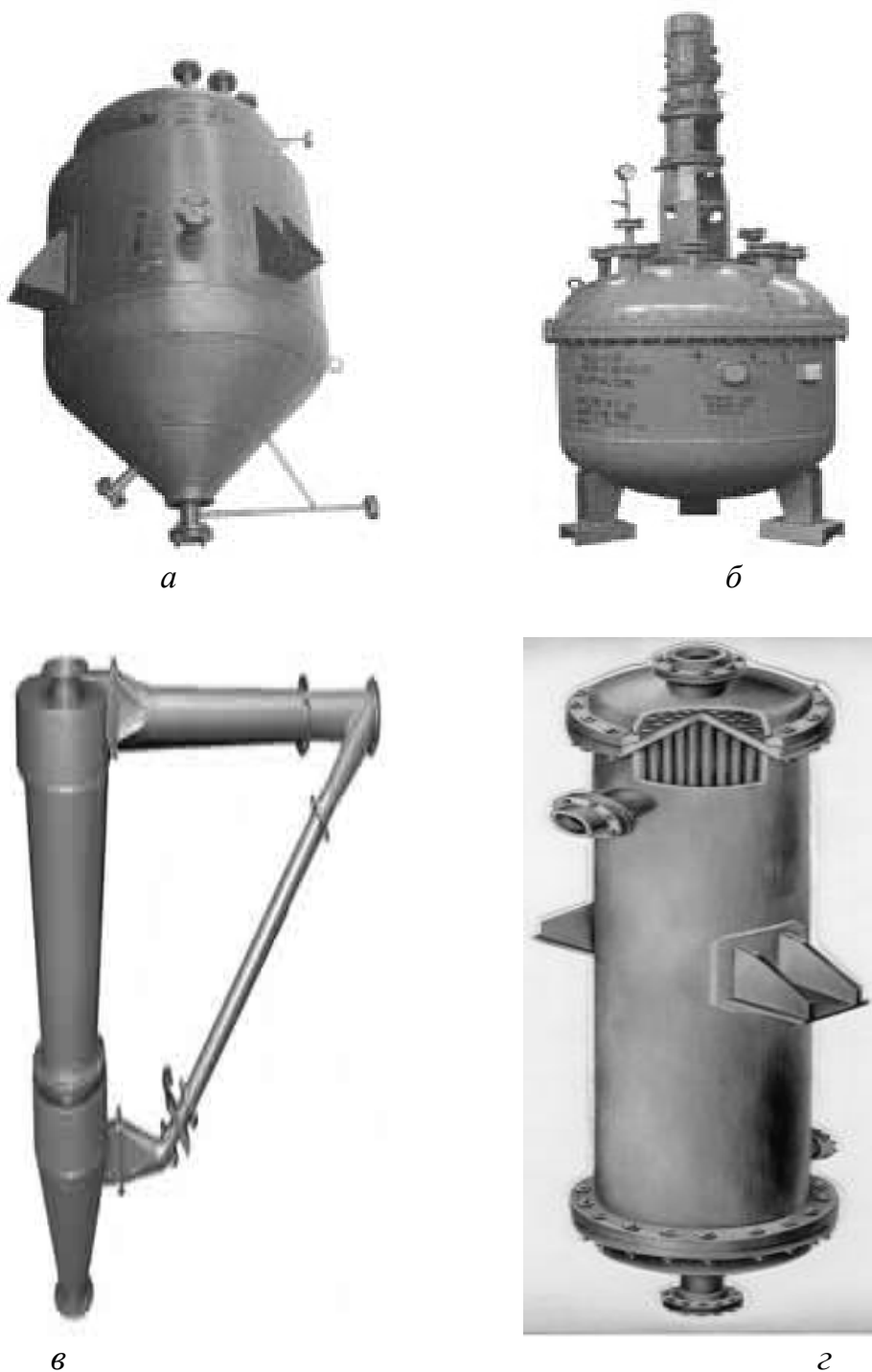


Рис. 6.1. Общий вид аппаратов: *а* – гуммированная емкость для агрессивных жидкостей; *б* – реактор емкостной с мешалкой; *в* – аппарат пылеулавливающий ВЗП; *г* – теплообменник

Главным составным элементом корпуса химического аппарата является обечайка. Это наиболее ответственный и материалоемкий узел химического аппарата.

Обечайка – конический или цилиндрический барабан из листового материала (рис. 6.2), открытый с торцов (без днищ). Является корпусом или же заготовкой для котлов, резервуаров, аппаратов и трубопроводов большого диаметра и пр.

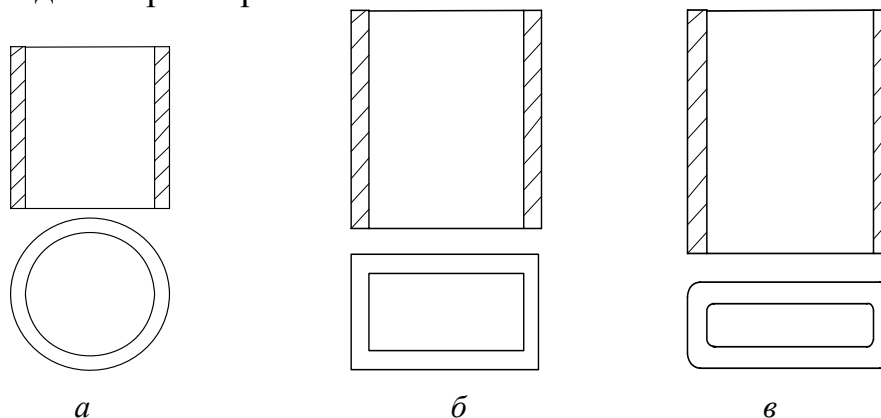


Рис. 6.2. Формы обечаек:

a – цилиндрическая; *б* – прямоугольная; *в* – коробчатая

Царга – часть корпуса колонных аппаратов, представляющая обычно обечайку с аппаратным фланцем или с однотипными узлами.

Аппараты (реактора) в зависимости от конструкции и материала могут иметь различную форму обечайки: цилиндрическую, прямоугольную; коническую, коробчатую (прямоугольная с закругленными углами), сферическую и др. Чаще всего используется цилиндрическая форма корпуса аппарата (рис. 6.2), причем предпочтение следует отдавать вертикальному исполнению, особенно для тонкостенных аппаратов. В этом случае исключаются дополнительные изгибающие напряжения в корпусе.

Цилиндрические обечайки из пластичных материалов (сталь, цветные металлы и их сплавы, термопласты) для аппаратов, работающих при избыточном давлении до 10 Мн/м^2 , изготавливаются обычно вальцовкой из листов с последующей сваркой стыков.

Для химических аппаратов, работающих при избыточном давлении более 10 Мн/м^2 , обечайки из пластичных материалов изготавливаются из поволоки, а также используются многослойные, витые и т. д.

Обечайки аппаратов из хрупких материалов (чугун, бронза, стекло, кварц и т. д.) изготавливают литьем, обычно совместно с днищем, с последующей обработкой поверхности.

6.2. Днища

Днищем называют узел или элемент аппарата, который ограничивает корпус сверху, снизу или с боков (в зависимости от положения аппарата). Соединение днища с корпусом может быть неразъемным и разъемным. Чаще всего днища крепят к корпусам неразъемно (сваркой, пайкой), реже – разъемно на фланцах. Иногда днища отливают заодно с корпусом (например, чугунные аппараты). Применяют стандартные или нормализованные днища (крышки):

- эллиптические;
- сферические – неотбортованные;
- тарельчатые;
- отбортованные коробовые;
- полушаровые;
- плоские отбортованные и неотбортованные;
- конические отбортованные и неотбортованные.

Эллиптические днища (крышки) (рис. 6.3) получили наибольшее распространение благодаря рациональной форме и надежности в работе при изготовлении сосудов и аппаратов, работающих под наливом при давлении до 10 МПа или под вакуумом.

Стандартное днище (рис. 6.3, а) состоит из цилиндрической отбортованной части (высотой h), сопрягающейся с выпуклой; последняя в диаметральном разрезе представляет собой эллипс высотой $H = 0,25D$.

В эллиптических днищах вследствие непрерывного изменения кривизны характер распределения нагрузки по всей поверхности более благоприятен, чем в днищах других конструкций.

В зависимости от размеров днища можно изготавливать из цельных или сварных листовых заготовок. Днища больших размеров выполняют из штампованных лепестков и центрального сегмента, свариваемых между собой встык (рис. 6.3, б).

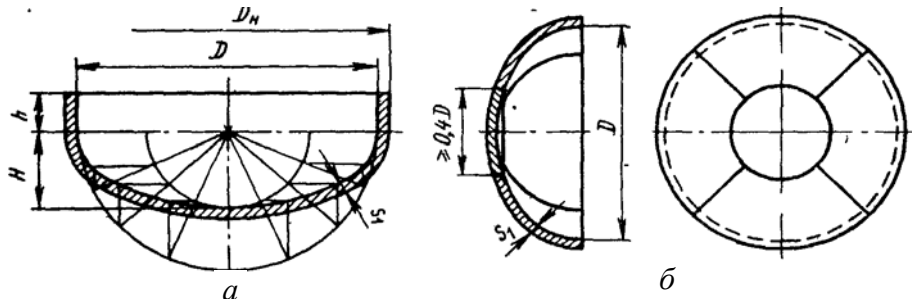


Рис. 6.3. Эллиптические днища с отбортовкой

В соответствии с ГОСТ изготавливают днища эллиптические отбортованные стальные с внутренним базовым диаметром от 400 до 4000 мм

(толщиной стенки $s_1 = 4 \dots 60$ мм) и с наружным базовым диаметром от 159 до 720 мм (толщиной стенки $s_1 = 4 \dots 32$ мм). Высоту борта днищ h принимают в зависимости от базового диаметра и толщины стенки из ряда величин (мм): 25, 40, 50, 70, 90, 100, 110.

Условное обозначение днища с внутренним базовым диаметром $D = 400$ мм, $S_1 = 6$ мм и $h = 25$ мм из стали марки 09Г2С: «Днище 400 × 6–25–09Г2С ГОСТ 6533–68». Для днищ из алюминия, латуни, меди, винипласта и фаолита также имеются соответствующие ГОСТы и нормали.

Расчет эллиптических днищ под давлением вакуумом выполняют по стандартным методикам.

Сферические днища. Полушаровые днища применяют в аппаратах больших диаметров $D > 4000$ мм), работающих под избыточным давлением свыше 0,07 МПа или без давления.

Конструктивно днище состоит из сваренных между собой шарового сегмента и шаровых лепестков (рис. 6.4, а). В соответствии с нормалью изготавливают стальные полушаровые днища с внутренним базовым диаметром от 3600 до 12 000 мм и толщиной стенки от 10 до 36 мм.

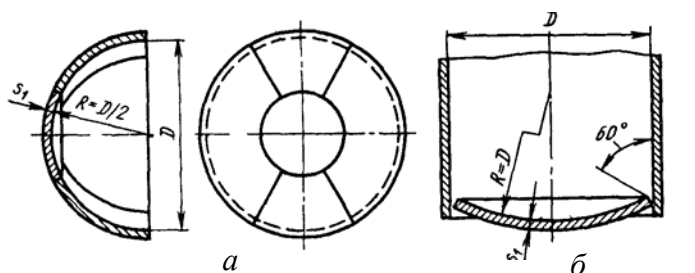


Рис. 6.4. Сферические днища:
а – под отбортовку; б – неотбортованное

Пример условного обозначения днища $D = 4000$ мм, $S_1 = 10$ мм из стали марки 20К: «Днище 4000–10–20К МН 4704–63».

Тарельчатые, или сферические неотбортованные, днища представляют собой сферический сегмент, приваренный без всякой отбортовки к цилиндрической обечайке или к фланцу (рис. 6.4, б). При соединении тарельчатого днища и обечайки имеет место перелом меридиональной кривой, благодаря чему возникают значительные краевые моменты и силы. По этим причинам такие днища не применяются в ответственной аппаратуре, работающей под давлением свыше $0,07 \text{ н/мм}^2$ (0,7 ати) и подлежащей контролю Гостехнадзора. Такие днища применяют для изготовления вертикальных и горизонтальных аппаратов, работающих под налив, а также в качестве элемента фланцевых крышек диаметром до 800 мм аппаратов, работающих под давлением при условии, что радиус сферы днища не превышает внутренний диаметр D .



Рис. 6.5. Тарельчатая крышка

Сферические отбортованные (коробовые) днища в настоящее время применяют редко. В отличие от эллиптических днищ выпуклая часть их в сечении представляет овал.

Плоские днища (крышки) представляют собой круглые пластины (отбортованные или неотбортованные), приваренные по контуру к обечайке корпуса или присоединенные другими способами (рис. 6.6). По условиям работы на прочность они менее совершенны, чем описанные выше днища. Поэтому плоские днища применяют в конструкциях тонкостенных аппаратов, работающих под налив при атмосферном или близком к нему давлении, а также в качестве люков и заглушек для аппаратов, работающих при значительных избыточных давлениях.

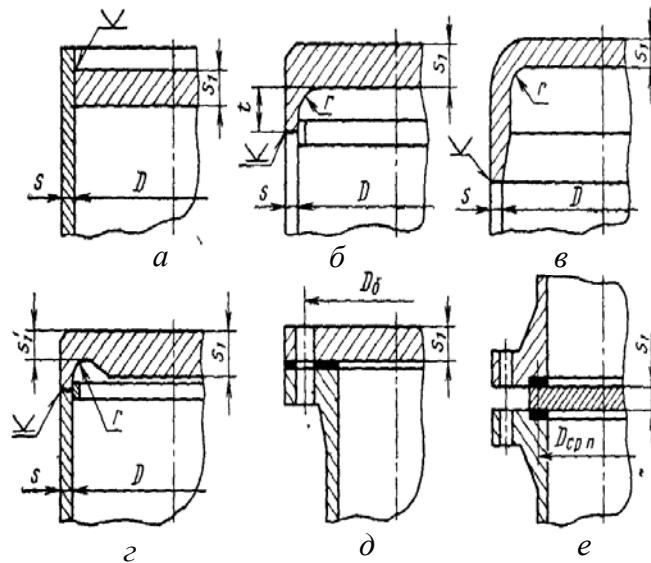


Рис. 6.6. Типы плоских днищ

По экономическим и технологическим соображениям плоские днища (крышки) применяют в конструкциях толстостенных аппаратов высокого давления.

Пример условного обозначения плоского неотбортованного днища (крышки) с внутренним диаметром 2000 мм, толщиной 8 мм, изготовленного из стали марки ВСтЗсп4 «Днище 2000 × 8 – ВСтЗсп4 ГОСТ 12626–67».

Плоские днища больших диаметров при необходимости укрепляют элементами жесткости (ребрами).

Конические днища (переходы) конструктивно представляют собой усеченные конические обечайки, привариваемые расширенной частью к цилиндрической части корпуса. Применяют две конструкции таких днищ (переходов): неотбортованные (рис. 6.7, а), отбортованные (рис. 6.7, б), у которых коническая часть плавно переходит в цилиндрическую отбортовку. Днища изготавливают вальцовкой и сваркой.

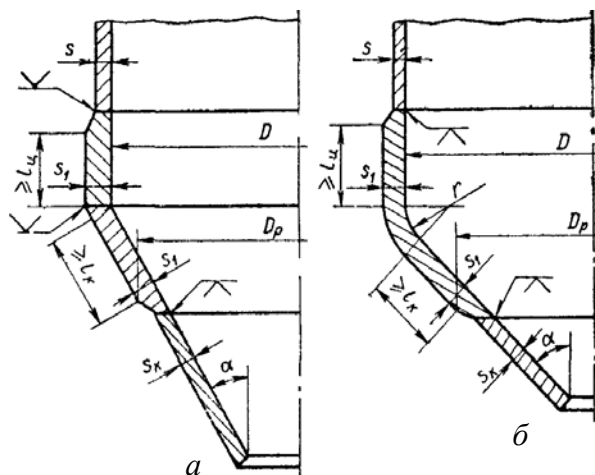


Рис. 6.7. Конические днища

Стандартные конические днища выпускают с углом при вершине 2α , равным 60, 90, 120 и 140° (α – угол между образующей и осью конуса).

Конические днища применяют чаще всего в конструкциях вертикальных аппаратов, из нижней части которых необходимо по условиям технологического процесса выводить сыпучие, кусковые или вязкие жидкие среды. Конические переходы применяют для соединения цилиндрических частей разных диаметров.

В аппаратах и сосудах, работающих под избыточным давлением более 0,07 МПа, используют (в соответствии с Правилами Ростехнадзора) отбортованные конические днища (переходы), в остальных случаях – неотбортованные.

Изготавливают днища стальные отбортованные с углом при вершине соответственно 60 и 90°, толщиной стенки от 4 до 30 мм для аппаратов диаметром от 273 до 3000 мм, работающих под давлением.

Условное обозначение днища (отбортованного или неотбортованного) с $D = 600$ мм, $s_1 = 10$ мм, изготовленного из стали марки 16ГС: «Днище 600 × 10 – 16ГС ГОСТ 12621–67».

6.3. Фланцевые соединения

Фланцевые соединения – наиболее широко применяемый в химическом машиностроении вид разъемных соединений, обеспечивающий

герметичность, прочность, быструю разборку и сборку, технологичность изготовления. Их применяют для присоединения к аппаратам и машинам трубопроводов, запорных устройств, КИП, а также для соединения между собой отдельных частей машин и аппаратов.

Фланец (от нем. Flansch) – соединительная часть труб, арматуры, резервуаров, валов и т. д., представляющая собой обычно плоское кольцо или диск (рис. 6.8) с равномерно расположенными отверстиями для прохода болтов или шпилек. В трубах и резервуарах фланцы с уплотнением обеспечивают герметичность внутренних полостей. Фланцы валов и аналогичных вращающихся деталей – надлежащую прочность для передачи усилий.

Фланцевое соединение состоит (рис. 6.9) из двух симметрично расположенных фланцев, уплотнительного устройства и крепежных элементов (болтов или шпилек, гаек, шайб). Шпильки обычно применяют при условном давлении свыше 1,6 МПа. По ОСТ 26-291–71 болты разрешается применять при условном давлении до 2,5 МПа и температуре до 300 °С.



Рис. 6.8. Фланцы стальные, плоские, приварные

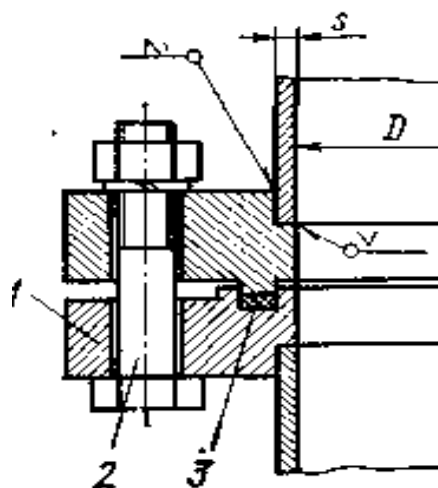


Рис. 6.9. Фланцевое соединение: 1 – фланцы; 2 – болт; 3 – прокладка

Конструкция уплотнительных поверхностей. Наиболее ответственной частью фланцевого соединения является узел уплотнения. Различают уплотнения прокладочные и беспрокладочные. Беспрокладочные уплотнения применяют в основном для малых диаметров при высоких давлениях и при невозможности применить прокладки по температурным или каким-либо другим условиям. Герметичность прокладочного фланцевого соединения обеспечивается за счет пластической деформации прокладки, происходящей при затягивании фланцев. Прокладка деформируется и заполняет все неровности на привалочной поверхно-

сти. Герметичность соединения возрастает с увеличением удельного давления, действующего на прокладку. Чем меньше ширина прокладки, тем больше удельное давление при одной и той же силе сжатия, поэтому прокладки для фланцевых соединений высокого давления стараются делать возможно более узкими.

Фланцы с плоской уплотнительной поверхностью (рис. 6.10, *а*) являются конструктивно наиболее простыми, однако они не всегда обеспечивают необходимую герметичность соединения. На плоской поверхности иногда делают несколько кольцевых канавок треугольного сечения глубиной 1 мм.

Некоторое применение находят фланцы с выступом-впадиной (рис. 6.10, *б*). Это соединение не имеет перед фланцами с плоской уплотнительной поверхностью существенных преимуществ и применяется в основном, когда необходимо обеспечить соосность соединения. Более надежным является соединение «шип – паз» (рис. 6.10, *в*), которое используют при повышенных давлениях, работе с ядовитыми веществами и глубоком вакууме, т. е. в самых ответственных соединениях. В соединении «шип – паз» прокладка укладывается в кольцевую канавку и уплотняется сверху кольцевым выступом другого фланца. Она не имеет возможности сильно деформироваться и выдерживает значительные удельные давления. По действующим нормам соединение «шип – паз» применяется для давлений до $6,4 \text{ н/мм}^2$ (64 ати) и диаметрах до 600 мм, а при более низких давлениях – для аппаратов значительно большего диаметра.

Соединение «в замок» можно рассматривать как вариант соединения «шип – паз». Его применяют обычно при высоких давлениях. Преимуществом этого соединения является большее удобство для смены прокладки. Извлекать прокладку из канавки соединения «шип – паз» довольно трудно. Для неядовитых, малоагрессивных сред при давлениях не более $0,1 \text{ н/мм}^2$ (1 ати) используют соединения с прокладкой в пазу (рис. 6.10, *г*). Это уплотнение применяют в основном в узлах, подвергающихся частой разборке, например в люках. Паз фиксирует прокладку и не дает ей выпасть.

Из соединений с жесткими металлическими прокладками наиболее широко распространены линзовые с прокладкой из качественной угле-

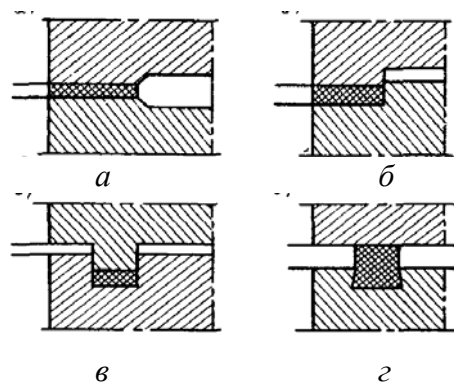


Рис. 6.10. Типы привалочных поверхностей фланцев:

- а* – соединение с плоским фланцем;
- б* – соединение «выступ – впадина»;
- в* – соединение «шип – паз»;
- г* – соединение с прокладкой в пазу

родистой или легированной стали. Соприкосновение шаровой поверхности линзы с коническими поверхностями уплотняемых деталей происходит по кольцевой линии. Под действием осевых сил в месте касания возникает узкий пояс деформации материала, который обеспечивает уплотнение. Уплотнения с упругой деформацией обеспечивают многократную сборку и разборку. Линзы и соприкасающиеся с ней поверхности тщательно обрабатывают и шлифуют. Такие соединения применяют для оборудования с диаметрами до 300 мм и давлением до 80 н/мм^2 (800 кг/см^2). Они широко используются в технике высоких давлений.

В нефтеперерабатывающей промышленности применяют соединения с овальными металлическими прокладками (см. рис. 6.11). Их изготавливают на давление до 16 н/мм^2 (160 ати).

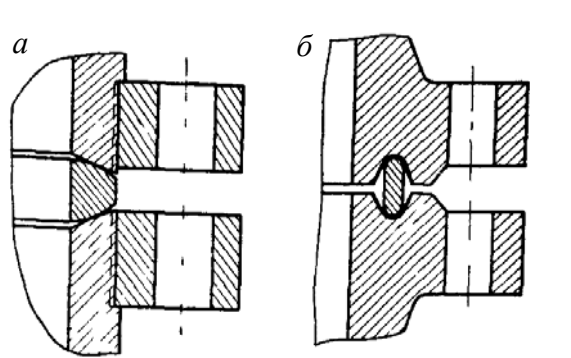


Рис. 6.11. Фланцевые соединения с упругими прокладками:
а – линзовое соединение; *б* – соединение с овальными прокладками

Фланцы также классифицируют по следующим признакам:

- по внешней форме;
- конструкции уплотнительной поверхности;
- способу установки;
- конструктивным особенностям;
- материалам.

По внешней форме различают *круглые, квадратные, овальные, прямоугольные и фигурные фланцы*. Наиболее распространены фланцы круглой формы из-за простоты их изготовления.

По конструкции уплотнительной (привалочной или присоединительной) поверхности различают стальные фланцы с уплотнительной поверхностью: гладкой (см. рис. 6.12, *а*), в виде соединительного выступа (см. рис. 6.12, *б*), типа «выступ – впадина» (см. рис. 6.12, *в*), типа «шип – паз» (см. рис. 6.12, *г*), под металлическую прокладку овального сечения (см. рис. 6.12, *д*), конической под линзовую прокладку (см. рис. 6.12, *е*), под металлическую прокладку восьмиугольного сечения.

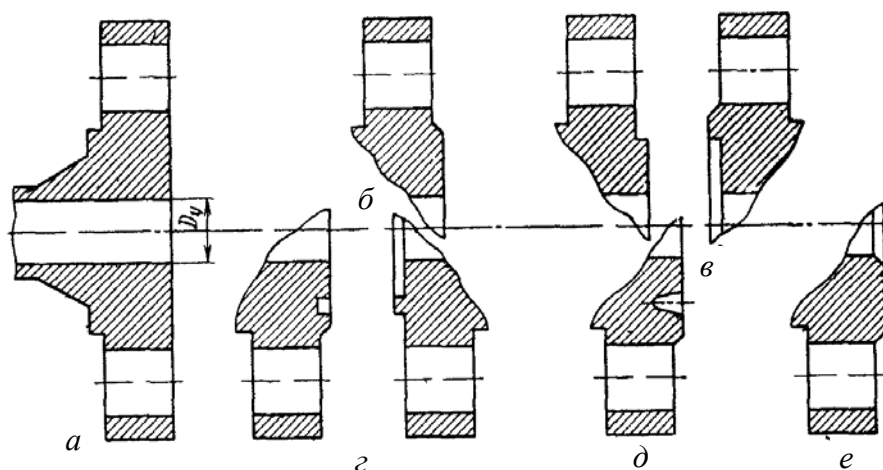


Рис. 6.12. Фланцы стальные литые

В зависимости от назначения по месту установки различают:

- фланцы аппаратные облегченные, которые служат для соединения отдельных частей емкостей и аппаратов;
- фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов, которые устанавливают на трубопроводах, штуцерах машин, аппаратов, емкостей и на трубопроводной арматуре с диаметром условного прохода $D_y = 10 \dots 800$ мм.

Фланцы первой группы имеют для одних и тех же рабочих параметров меньшие размеры и металлоемкость. По конструкции и способу соединения с трубой или обечайкой различают: фланцы литые или кованные заодно с трубой или корпусом аппарата; плоские приварные фланцы, фланцы с шейкой, привариваемые к трубе встык; фланцы свободные на приварном кольце или на отбортовке. Чаще всего применяют фланцы литые из серого или ковкого чугуна, литые стальные, стальные приварные и реже – фланцы из других материалов.

По материалам и способу соединения с трубой или обечайкой устанавливают следующие типы фланцев, арматуры, соединительных частей и трубопроводов:

- литые из серого чугуна;
- литые из ковкого чугуна;
- литые стальные;
- стальные с шейкой на резьбе;
- стальные плоские приварные;
- стальные приварные встык;
- стальные свободные на приварном кольце;
- стальные свободные на отбортованной трубе.

Для каждой ступени условного давления и диаметра условного прохода независимо от типа определены присоединительные размеры фланцев: наружный диаметр фланца D_H ; диаметр болтовой окружности D_B , число n и диаметр d отверстий под болты (шпильки).

Фланцы литые из серого чугуна (рис. 6.13) применяют в литых чугунных аппаратах, рассчитанных на условное давление (P_y) от 0,1 до 1,6 МПа и температуру до 300 °С. Такой фланец представляет собой диск, основание которого с помощью конической шейки плавно переходит в патрубок или корпус аппарата.

Стандартные фланцы такого типа: с соединительным выступом, с выступом или впадиной, шипом или пазом отливают из серого чугуна.

Фланцы литые из ковкого чугуна применяют в штуцерах и узлах, отливаемых от ковкого чугуна марки КЧ 30–6. Конструктивно они напоминают фланцы типа I. Изготавливают их для работы при P_y 1,6; 2,5 и 4,0 МПа и температуре до 400 °С. Стандартными являются фланцы с соединительным выступом, выступом или впадиной, шипом или пазом.

Фланцы литые стальные (см. рис. 6.12) отливают заодно со стальными корпусами или патрубками.

Фланцы стальные с шейкой на резьбе (рис. 6.14) вытачивают из отливок или поковок. Конструкционно они представляют собой диск, поверхность которого плавно переходит в коническую шейку. Внутри отверстия нарезают трубную резьбу, которой фланец и соединяется с резьбовой частью патрубка.

Фланцы плоские приварные (см. рис. 6.15) представляют собой стальные диски, насаживаемые на конец патрубка или обечайки и привариваемые по периметру отверстия снаружи и внутри. Их рекомендуется применять на P_y от 0,1 до 2,5 МПа и температуру до 300 °С. Стандартные конструкции, изготавливаемые из ста-

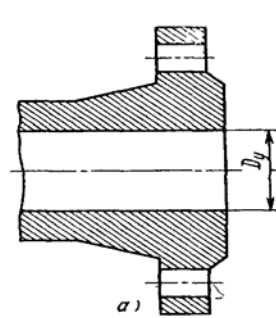


Рис. 6.13. Фланцы литые из серого чугуна

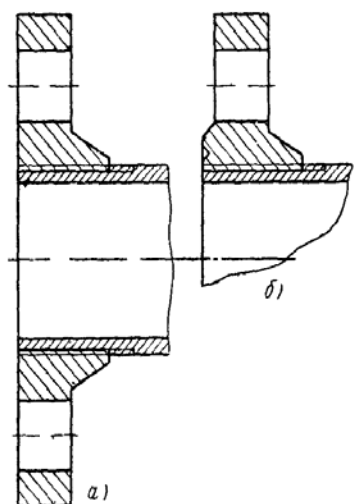


Рис. 6.14. Фланцы стальные с шейкой на резьбе

лей ВСтЗспЗ, имеют уплотнительную поверхность, гладкую, без выступа (рис. 6.15, а); с соединительным выступом или впадиной (рис. 6.15, б, в).

Фланцы стальные приварные встык (рис. 6.16) представляют собой диски, плоскости которых плавно переходят в конические втулки – шейки. Втулку фланца приваривают стыковым швом к патрубку или обечайке. Изготавливают эти фланцы из поковок литья, а при больших диаметрах из специального профильного проката – фланцевого угольника.

Стальные фланцы такого типа имеют уплотнительную поверхность следующих типов: без выступа на P_y от 0,1 до 4 МПа и температуру до 450 °С (рис. 6.16, а); с соединительным выступом на P_y от 0,1 до 20 МПа и температуру до 530 °С (рис. 6.16, б); с выступом или впадиной на P_y от 0,1 до 20 МПа и температуру до 530 °С; с шипом или пазом на P_y от 0,1 до 10 МПа и температуру до 530 °С (рис. 6.16, в); под прокладку овальной сечения на P_y от 6,4 до 20 МПа и температуру до 530° (рис. 6.16, г); под линзовую прокладку на P_y с 6,4 до 20 МПа и температуру до 530 °С (рис. 6.16, д).

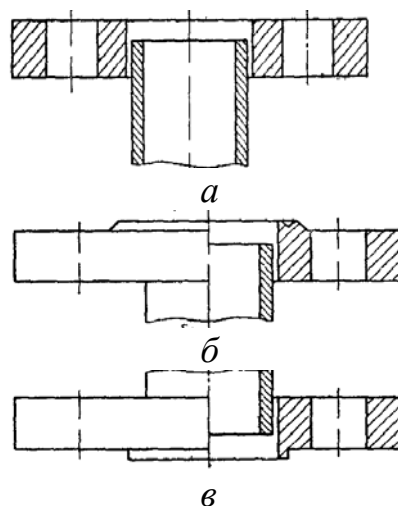


Рис. 6.15. Фланцы стальные плоские приварные

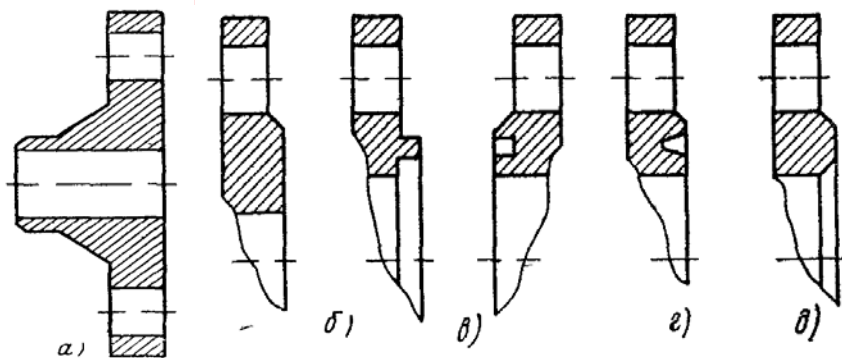


Рис. 6.16. Фланцы стальные приварные встык

Фланцы свободные на приварном кольце конструктивно представляют собой диск с отверстием. Диаметр отверстия несколько больше наружного диаметра трубы или обечайки, на которую свободно надевают фланец. При затяжке фланец упирается в кольцо, привариваемое на краю патрубка (обечайки). Благодаря свободной посадке на трубе последняя дополнительных нагрузок не испытывает. Такие фланцы применяют при P_y до 2,5 МПа и температуре до 300 °С главным образом в случаях, когда необходима экономия дефицитного конструкционного

материала. При этом патрубок и приварное кольцо изготавливают из дефицитного материала, а фланцы – из дешевых сталей Ст4сп или Ст6сп.

Фланцы свободные на отбортованной трубе по конструкции аналогичны предыдущим. Их применяют на P_y до 0,6 МПа в аппаратах и трубопроводах, изготавливаемых из мягких (медь, алюминий и др.) или хрупких материалов (ферросилид, антихлор, керамика, стекло и др.). Фланцы изготавливают из сталей Ст4сп или Ст6сп.

На рис. 6.17 показаны фланцы для крепления гильз термопар в аппаратах. В гильзы затем вворачиваются термопары.

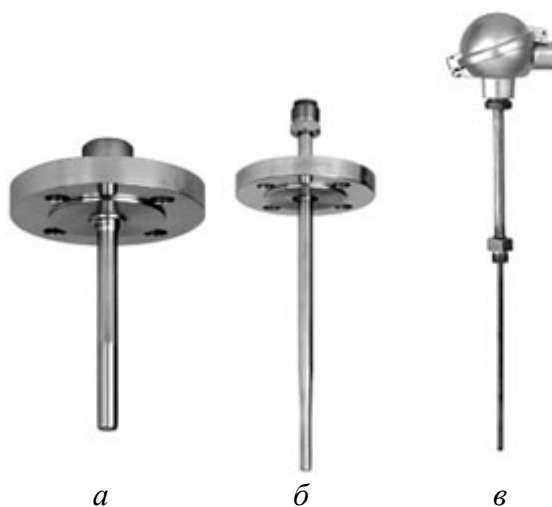


Рис. 6.17. Фланцы: *a, б* – с гильзой для термопары; *в* – термопара промышленная

Соединительные детали фланцев. Фланцы соединяют болтами (шпильками), гайками и шайбами. Болты применяют при давлении в аппарате до 2,5 МПа и температуре до 300 °С. В остальных случаях используют стандартные шпильки двух типов: А – с резьбой на всей длине; Б – с резьбовыми концами одинаковой длины и средней гладкой частью.

В соответствии с Правилами Ростехнадзора крепежные детали для соединения фланцев из аустенитной стали следует изготавливать из сталей того же класса. Установка крепежных деталей из аустенитных сталей на фланцах из углеродистой стали, а также иное сочетание допускаются лишь в случаях работы соединений при постоянной температуре.

Гайки и шпильки следует изготавливать из сталей разных марок; при изготовлении их из стали одной марки нужно использовать материалы с разными механическими свойствами (твердостью). Крепежные детали из легированной стали необходимо подвергать термической обработке.

При необходимости частого и быстрого открытия и закрытия крышек и люков иногда применяют фланцевые соединения с креплением так называемыми откидными болтами или хомутное.

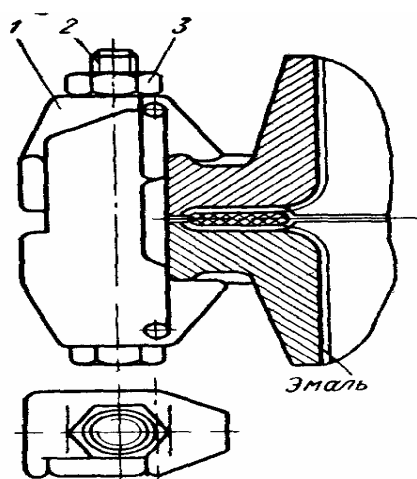


Рис. 6.18. Зажим для фланцев

Для соединения фланцев корпусов и крышек стальных эмалированных аппаратов применяют специальные зажимы (рис. 6.18). Зажим состоит из двух взаимозаменяемых траверс *1*, которые стягиваются болтом *2* и гайкой *3*. Специальные пазы и выступы в траверсах зажима исключают возможность изгиба болта. Зажимы рекомендуется применять при избыточном давлении в аппаратах до 1,6 МПа и температуре от минус 30 до плюс 250 °С.

Уплотнение фланцевых соединений.

В зависимости от рабочего давления, температуры и вида рабочей среды применяют прокладочное и беспрокладочное уплотнение (обтюрацию) фланцевых соединений. Наиболее распространено прокладочное уплотнение; герметичность соединения достигается за счет деформации прокладки, уложенной между привалочными поверхностями фланцев и сжатой ими при затяжке шпилек (болтов).

Форму, размеры и материал прокладок выбирают в зависимости от вида привалочных поверхностей и рабочих параметров.

По форме прокладки бывают плоские (прямоугольного или квадратного сечения), круглого сечения, гофрированные, профильные, линзовые, овального или восьмиугольного сечений.

Применяют прокладки металлические, неметаллические и комбинированные (смотри первую часть пособия).

Материал прокладки выбирают в зависимости от давления, температуры и свойств уплотняемой среды. Прокладка должна обладать достаточной пластичностью, химической стойкостью и термостойкостью и сохранять свои качества, допускающие ее повторное использование при многократных разборках соединения. Форма и размеры прокладок определяются конструкцией уплотняемого соединения и размером листовых прокладочных материалов.

Металлические прокладки применяются при повышенных и высоких давлениях. Для них используют металлы, обладающие достаточной пластичностью: чаще – медь, алюминий, мягкое (малоуглеродистое) железо, реже – никель и свинец. Металлические прокладки делают иногда фасонными, зубчатыми или гофрированными, чтобы уменьшить поверхность контакта прокладки с привалочной поверхностью фланца. Линзовые и овальные прокладки изготавливают из качественной углеродистой или легированной стали.

Бобышки по конструкции представляют собой фланцы, отлитые заодно с его крышкой или корпусом (рис. 6.19) или приваренные к стенке аппарата (рис. 6.20). Трубопроводы или другие элементы крепят к бобышкам шпильками. Поэтому бобышки конструктивно сходны с фланцами, но имеют большую толщину. Стальные бобышки крепят к аппаратам двумя способами (рис. 6.20, исполнения А и Б).

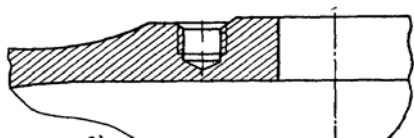


Рис. 6.19. Бобышка, отлитая с корпусом

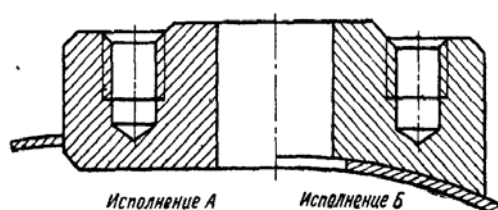


Рис. 6.20. Приваренные бобышки

На медных и алюминиевых аппаратах применяют стальные бобышки, защищенные цветным металлом (рис. 6.21).

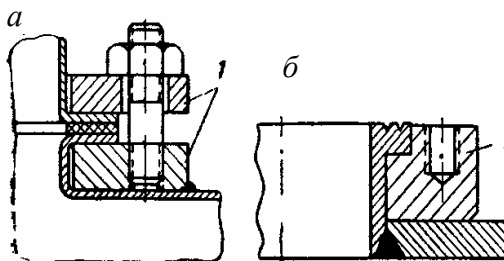


Рис. 6.21. Бобышки на аппаратах:
а – бобышка на медном аппарате;
б – бобышка на алюминиевом аппарате

6.4. Штуцера

Присоединение трубной арматуры к аппарату, а также технологических трубопроводов для подвода и отвода различных жидких или газообразных продуктов производится с помощью штуцеров или вводных труб, которые могут быть разъемными и неразъемными. По условиям ремонтоспособности чаще применяются разъемные соединения (фланцевые штуцера). Неразъемные соединения (на сварке) применяются при блочной компоновке аппаратов в кожухе, заполненном тепловой изоляцией, где длительное время не требуется осмотра соединений.

Патрубок – короткая труба для отвода газа, пара или жидкости из основного трубопровода или из резервуара. Патрубок называют переходным, когда он имеет неодинаковые по размеру или форме концы.

Патрубки – также соединительные трубопроводы, служащие для транспортировки рабочих тел под действием разности давлений.

Штуцер (от нем. Stutzen) – соединительный патрубок, обычно с резьбой на концах. Штуцер приваривают, припаивают или привёртывают к трубам или выходным патрубкам резервуаров или аппаратов. В трубопроводах штуцером называют отрезок трубы небольшого диаметра (10...20 мм) для выпуска воды или воздуха, а также для отбора жидкости из трубопровода с целью измерения её давления.

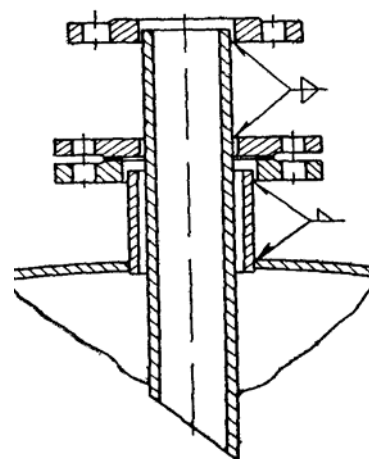


Рис. 6.24. Штуцер с патрубком наполнения

В аппаратостроении стальные фланцевые штуцера стандартизованы и представляют собой патрубки из труб с приваренными к ним фланцами или кованые заодно с фланцами (рис. 6.23). В зависимости от толщины стенок патрубки штуцеров бывают тонкостенные и толстостенные, что вызывается необходимостью укрепления отверстия в стенке аппарата патрубком с разной толщиной его стенки.

Соединение люков и штуцеров с корпусами аппаратов может быть осуществлено четырьмя способами: посредством укрепляющего кольца (рис. 6.23, а), утолщенного патрубка (рис. 6.23, б), приварки к вытянутой в корпусе горловине (рис. 6.23, в) и приварки вваренному в корпус торовому воротнику (рис. 6.23, г).

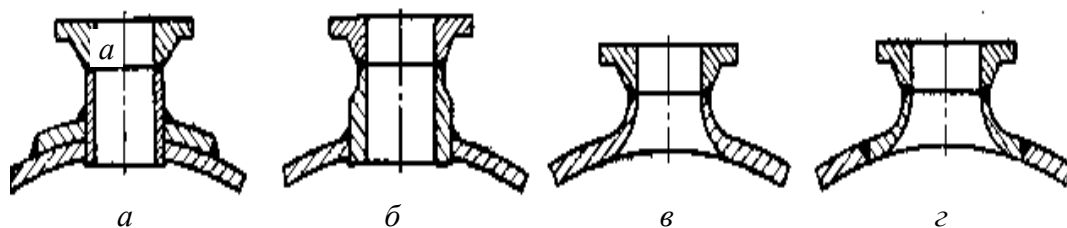


Рис. 6.23. Способы соединения люков и штуцеров с корпусами аппаратов

Расстояние от привалочной поверхности фланца до поверхности соответствующего элемента аппарата называется вылетом штуцера. Штуцер должен иметь достаточную длину для удобства сборки и разборки фланцевого соединения даже при наличии теплоизоляции аппарата. Поэтому при наличии у аппаратов теплоизоляции вылет штуцера должен быть увеличен на ее толщину.

Некоторые аппараты для их наполнения и удаления переработанных продуктов снабжают специальными вводами и выводами, присоединяемыми к штуцерам или бобышкам (рис. 6.24).

Вводы и выводы, изготавливаемые из стали и цветных металлов, нормализованы. Все штуцера, бобышки, вводы и выводы после изготовления аппарата снабжают парными (ответными) фланцами или заглушками.

Штуцера, работающие с застывающими жидкостями, снабжают рубашками для обогрева (рис. 6.25). Наиболее простой обогреваемый патрубком изготавливают по типу I. Если аппарат имеет обогревающую рубашку, то к ней присоединяют патрубок (тип II).

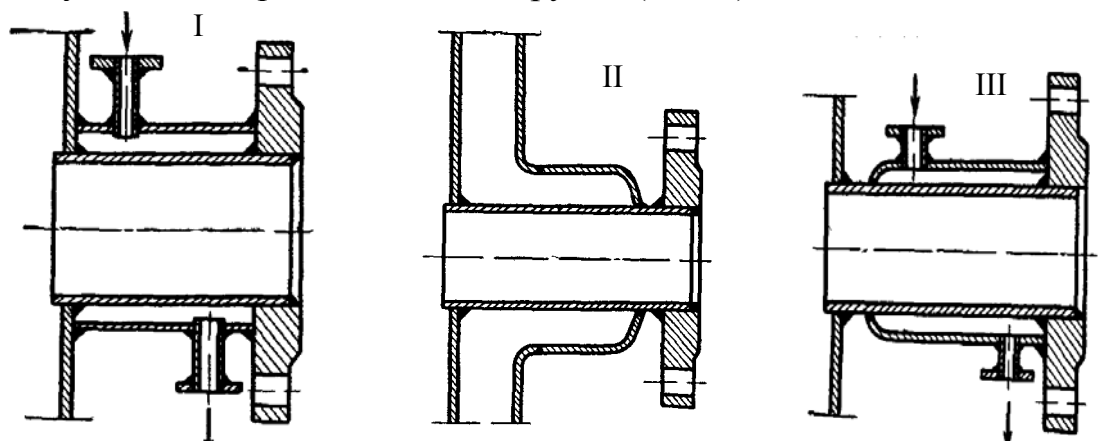


Рис. 6.25. Варианты исполнения обогреваемых штуцеров

Штуцера, предназначенные для слива жидкости или шлама, должны обеспечивать полное удаление жидкости из аппарата. На рис. 6.26 показаны варианты приварки сливных патрубков к днищу. Варианты *a* и *б* являются наилучшими, но они не всегда осуществимы.

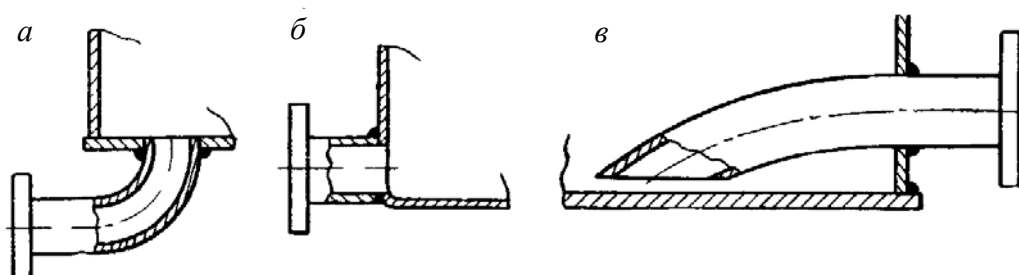


Рис. 6.26. Приварка сливных патрубков: *a* – приварка патрубка к днищу аппарата; *б* – приварка патрубка вровень с днищем; *в* – изогнутый патрубок

Отверстия (патрубки, люки, лазы) в аппарате не только уменьшают несущую площадь материала корпуса, механически ослабляя конструкцию, но и вызывают высокую концентрацию напряжений вблизи края отверстия. Как показывают эксперименты, максимальные напряжения быстро уменьшаются по мере удаления от края отверстия, т. е. прирост напряжений носит локальный характер. Таким образом, при проектировании аппаратуры необходимо решать задачу о снижении повышенных

напряжений в области отверстий до допустимых значений за счет компенсации ослабления, вызванного наличием выреза.

Компенсация ослабления может производиться двумя способами:

- увеличением толщины стенки всей оболочки, исходя из максимальных напряжений у края отверстия;
- укреплением края отверстия добавочным материалом, вводимым по возможности ближе к месту распределения максимальных напряжений.

Первый способ применяется очень редко и не может быть признан рациональным, т. к. область повышенных напряжений незначительна. Варианты укрепления отверстий показаны на рис. 6.27.

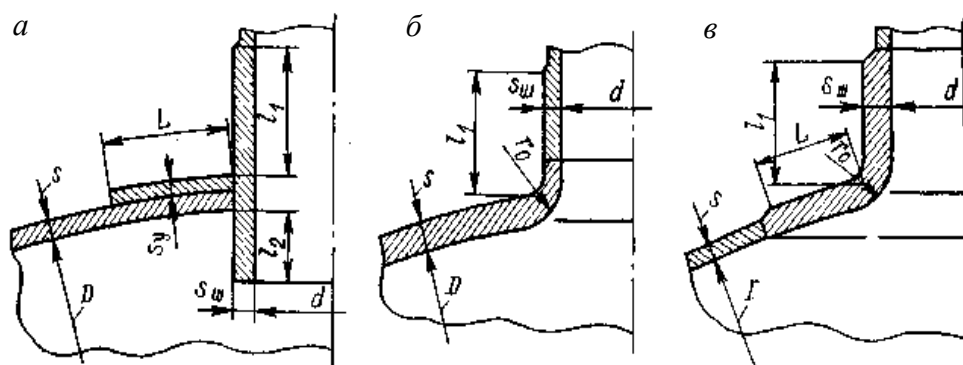


Рис. 6.27. Конструкции укрепления отверстий: *a* – накладным кольцом и утолщением стенки штуцера; *б* – отбортовкой; *в* – торообразной вставкой

При использовании давления в аппарате и наличии нескольких рядом расположенных отверстий в стенке (крышке) аппарата требуется проводить поверочный расчет на необходимость укрепления отверстий.

6.5. Смотровые окна

При необходимости визуального контроля за протеканием процесса в аппаратах или трубопроводах предусматривают специальные смотровые окна. Обычно на аппарате располагают два окна и на одном из них помещают светильник. Диаметр смотровых окон обычно находится в интервале от 50 до 150 мм.

Основной деталью смотрового окна является стекло. В типовых смотровых окнах применяют толстые иллюминаторные стекла, рассчитанные на давление до $0,6 \text{ н/мм}^2$ (6 ати) и температуру не более $150 \text{ }^\circ\text{C}$. Устройство смотровых окон для аппаратов, работающих при более высокой температуре, бывает затруднительно из-за трудности выбора термостойкого стекла. Если поверхность стекла во время работы сильно загрязняется, устанавливают патрубki для промывки окон. Для наблюдения за уровнем жидкости устанавливают мерные стекла (рамки). Пространство рамки соединяется с аппаратом через два отверстия в стенке

аппарата. Для удобства наблюдения за уровнем жидкости стекло делают рифленным.

Смотровое окно аппарата (рис. 6.28) обычно состоит из бобышки 1 и прижимного кольца 2. В кольцевых проточках между прокладками 3, шпильками 5 и гайками 6 зажато стекло 4. Смотровые окна изготавливают по нормальям круглыми или продолговатыми.

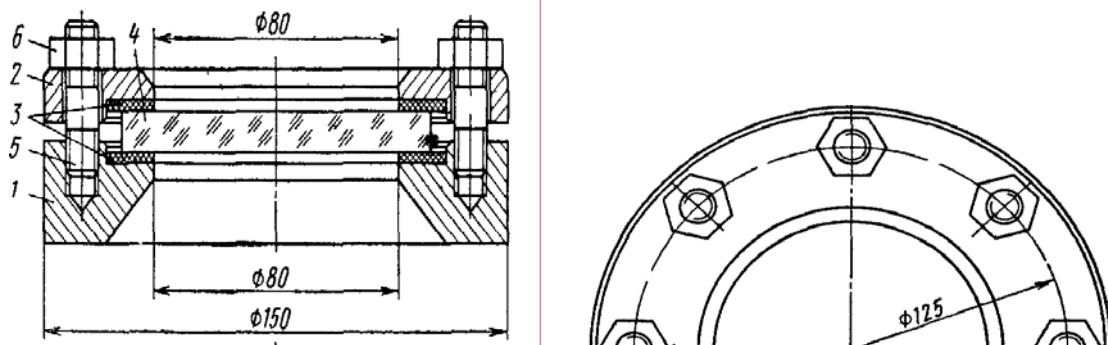


Рис. 6.28. Конструкция смотрового окна

Окна смотровые фланцевые, предназначенные для визуального контроля наличия потока жидких и газообразных сред в трубопроводах технологических процессов, показаны на рис. 6.29.



Рис. 6.29. Общий вид фланцевых смотровых окон для трубопроводов

6.6. Люки

Люки используют в аппаратах для внутреннего осмотра, монтажа, ремонта внутренних устройств, загрузки сырья, чистки аппаратов. Они могут быть круглыми и овальными (см. рис. 6.30).

Аппараты с внутренним диаметром более 800 мм, подведомственные Ростехнадзору, должны иметь прямоугольные люки, а аппараты

с внутренним диаметром 800 мм и менее – круглые или овальные люки. Конструктивно люки состоят из штуцера с укороченным патрубком и крышки, присоединяемой болтами (шпильками) или другим способом.

Люки изготавливают в соответствии с нормами. В нормализованных люках применяют плоские, эллиптические и тарельчатые (сферические неотбортованные) крышки, крепление которых может быть фланцевым, бигельным, байонетным.

Конструкции люков и лазов зависят от условий работы и давления в аппарате. Если лазом пользуются редко, то крышку его делают в виде заглушки на болтах (см. рис. 6.30, тип I).

При необходимости частого открывания крышку делают на откидных болтах, которые отвертываются значительно быстрее, чем обыкновенные (см. рис. 6.30, тип II).

Люки и лазы, которые необходимо постоянно открывать, выполняют с поворотной скобой, на конец которой накидывается петля, а уплотнение крышки осуществляется с помощью нажимного винта, закрепленного в центре скобы (см. рис. 6.30, тип III).

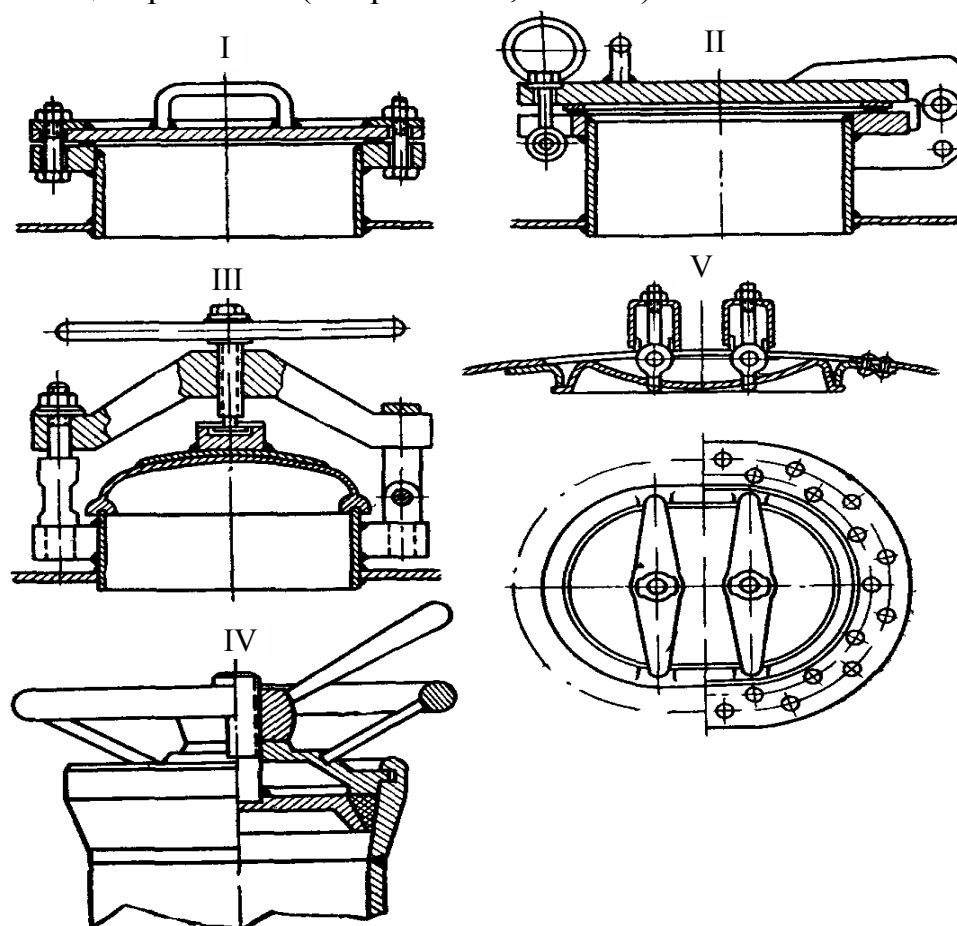


Рис. 6.30. Люки и лазы: I – люк с глухими болтами; II – люк с откидными болтами; III – люк со скобой; IV – люк с байонетным затвором; V – овальный люк

Люки со скобой очень удобны в работе, но они должны быть рассчитаны с большим запасом прочности и постоянно находиться под надзором. Их применяют на давления до $0,6 \text{ н/мм}^2$ (6 ати) и диаметр до 400 мм.

В нормали НИИхиммаша приведена конструкция самоуплотняющегося люка с байонетным затвором (см. рис. 6.30, тип IV). Горловина люка имеет кольцевой паз, в верхней кромке которого имеются четыре прорези, а на крышке – четыре выступа. Выступы входят в прорези горловины и при повороте крышки люк запирается. Уплотнение люка производится с помощью треугольной прокладки, которую предварительно зажимают диском, связанным с винтом. Люк рассчитан на давление до $1,6 \text{ н/мм}^2$ (16 ати) и диаметры до 250 мм.

Овальные люки (см. рис. 6.30, тип V) устанавливают в местах, где их редко открывают, например в котлах и ресиверах. Такая форма придается им для того, чтобы крышку можно было занести в аппарат. Внутреннее давление прижимает крышку люка к гнезду и повышает его герметичность.

Тяжелые крышки люков большого диаметра подвешивают на укосине или закрепляют на петлях, легкие крышки снимают руками. Расчет люка сводится к определению осевого усилия, действующего на крышку, и расчета на прочность элементов, несущих давление.

Люк-лаз устанавливается на вертикальной стенке стального резервуара и приваривается к корпусу через усиливающую накладку.

Люки замерные ЛЗ предназначены для отбора проб и замера уровня нефтепродуктов в резервуарах нефтебаз и АЗС (рис. 6.31).

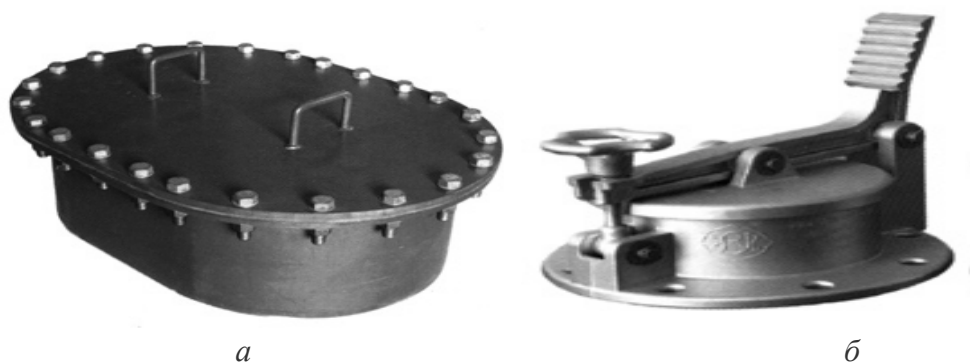


Рис. 6.31. Общий вид: *а* – люк-лаз ЛЛ; *б* – люки замерные ЛЗ–80

Корпус люка в нижней части имеет фланец, которым он устанавливается на монтажный патрубок резервуара.

6.7. Опоры аппаратов

Для установки аппаратов и сосудов на фундаменты или несущие конструкции предусматривают опоры. Конструкция опор зависит от ви-

да, рабочего положения и массы аппарата, а также способа и места его монтажа.

Вертикальные аппараты с плоскими днищами, работающие под налив, устанавливают непосредственно на фундамент без опор, т. е. их опорами являются днища. Остальные аппараты снабжают опорами, конструкции которых нормализованы и делятся на опоры вертикальных и горизонтальных аппаратов.

Опоры вертикальных аппаратов. Для сварных стальных аппаратов колонного типа диаметром 400...6000 мм применяют типовые опоры цельносварной конструкции (рис. 6.32), состоящие из цилиндрической или конической опорной обечайки (юбки) 1, фундаментного кольца 2 и укрепляющих элементов (косынок 3, стоек 4 или опорного пояса 5). Опору приваривают верхней частью к аппарату (узел А), а нижней с помощью анкерных болтов крепят к фундаменту.

Для внутреннего осмотра сварных швов и обслуживания фланцевых соединений в обечайке опор предусматривают лазы 6 или окна 7, представляющие собой круглые или продолговатые вырезы с укреплением в виде вваренных коротких патрубков. Подобным образом, но меньших размеров устраивают вентиляционные отверстия. Для колонн диаметром 800 мм и более лазы в опорах должны иметь диаметр не менее 500 мм; в остальных случаях выполняют окна меньших размеров.

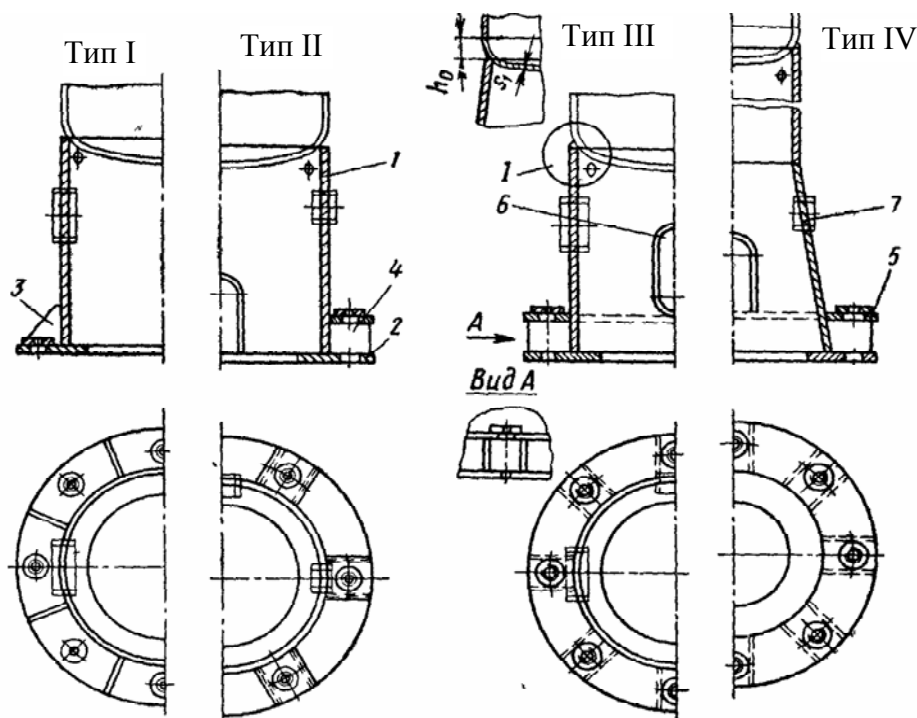


Рис. 6.32. Типы опор вертикальных аппаратов

Косынки 3 представляют собой вертикальные ребра, привариваемые к опорной обечайке и опорному кольцу для придания последним большей жесткости. Стойка 4 представляет собой два вертикальных ребра, к которым сверху приваривают накладку с отверстием под фундаментный болт. Опорный пояс 5 приваривают к опорной обечайке в виде внешнего кольца. Между опорным поясом и опорным кольцом варивают вертикальные ребра.

Под аппараты колонного типа (см. рис. 6.32) изготовляют четыре типа опор: I – цилиндрические с местными косынками; II – цилиндрические с местными стойками под болты; III – цилиндрические с кольцевым опорным поясом; IV – конические с кольцевым опорным поясом.

При проектировании аппаратов тип и размеры опор выбирают по таблицам ОСТА, в зависимости от диаметра D аппарата и величины нагрузки на опору. Для вертикальных аппаратов с отношением высоты к диаметру $H/D < 5$, устанавливаемых в помещениях и на открытом воздухе на фундаментах, применяют в качестве опорных устройств типовые стойки (рис. 6.33).

Стойки применяют в двух исполнениях – гнутые (рис. 6.33, а) и сварные (рис. 6.33, б).

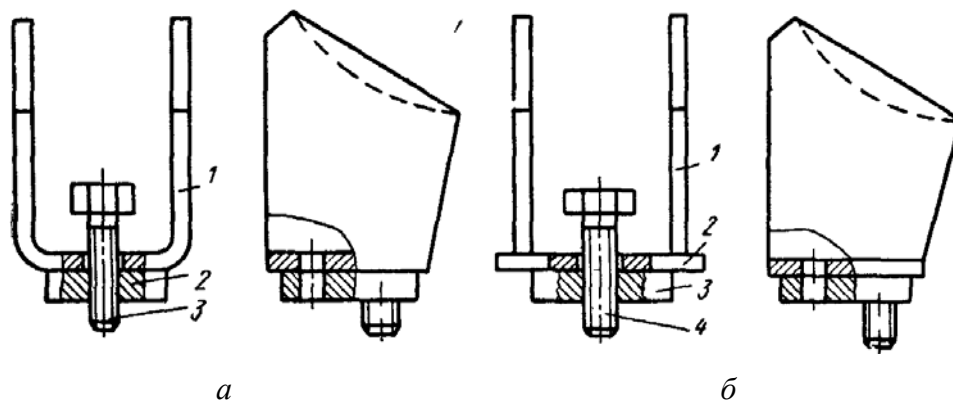


Рис. 6.33. Стойки для вертикальных аппаратов

Гнутая стойка включает опору 1 и подкладной лист 2 с регулировочным винтом 3. Сварная стойка состоит из двух вертикальных косынок 1 и приваренного к ним снизу основания 2. К основанию приварен подкладной лист 3 с регулировочным винтом 4. Стойки (три-четыре штуки) приваривают к эллиптическому днищу аппарата.

Для аппаратов, устанавливаемых на междуэтажных перекрытиях, металлических этажерках, в качестве опорных устройств применяют подвесные лапы, которые также изготовляют гнутыми (рис. 6.34, а) и сварными (рис. 6.34, б). Гнутая лапа состоит из опоры 1, подкладного листа 2 и регулировочного винта 3. Сварная лапа состоит из двух верти-

кальных косынок 1 и приваренного к ним снизу основания 2. К последнему приварен подкладной лист 3 с регулировочным винтом 4, которым фиксируется положение аппарата. Лапы (две – четыре штуки) приваривают к боковым стенкам корпуса аппарата. Для небольших аппаратов приваривают две лапы, для средних и крупных аппаратов – три-четыре.

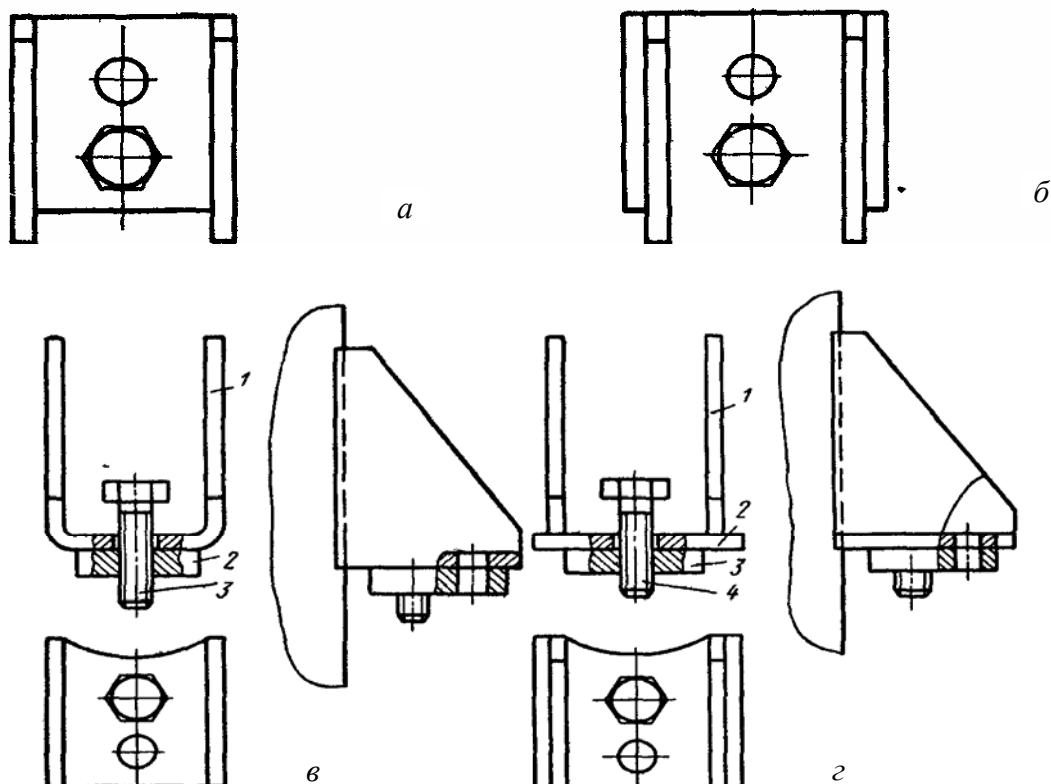


Рис. 6.34. Стойки и лапы

Изготавливают лапы трех типов: I – для вертикальных аппаратов без теплоизоляции; II – с увеличенным вылетом для вертикальных аппаратов с теплоизоляцией; III – с увеличенным вылетом для кожухотрубчатых теплообменников. Лапы типов I и II рассчитаны на допускаемую нагрузку от 0,0016 до 0,25 МН на одну лапу, а лапы типа III – соответственно от 0,004 до 0,1 МН.

При проектировании аппаратов выбирают типовые конструкции лап и стоек, в зависимости от приходящейся на них расчетной нагрузки.

При больших нагрузках на опоры между лапой (стойкой) и корпусом (днищем) приваривают сплошным швом накладной лист прямоугольной формы, который увеличивает жесткость корпуса (днища) в месте опоры. Например, лапа типа I исполнения I с допускаемой нагрузкой 0,01 МН и накладным листом толщиной $s = 8$ мм имеет сле-

дующие обозначение: «Опора I-I-1000–8 ОСТ 26-665–72». Аналогично обозначают стойки.

Опоры горизонтальных аппаратов. Для горизонтальных аппаратов применяют нормализованные конструкции опор в количестве двух и более, в зависимости от длины аппарата (рис. 6.35). Опоры состоят из сваренных между собой опорной плиты 1, двух боковых и одного или нескольких промежуточных ребер 2, стойки 3, подкладного листа 4 и двух лап 5. Лапы 5 к корпусу приваривают, а к опоре крепят с помощью болтов, посаженных в овальных отверстиях. Опоры выбирают по приходящейся на них нагрузке в количестве, обеспечивающем устойчивость аппарата.

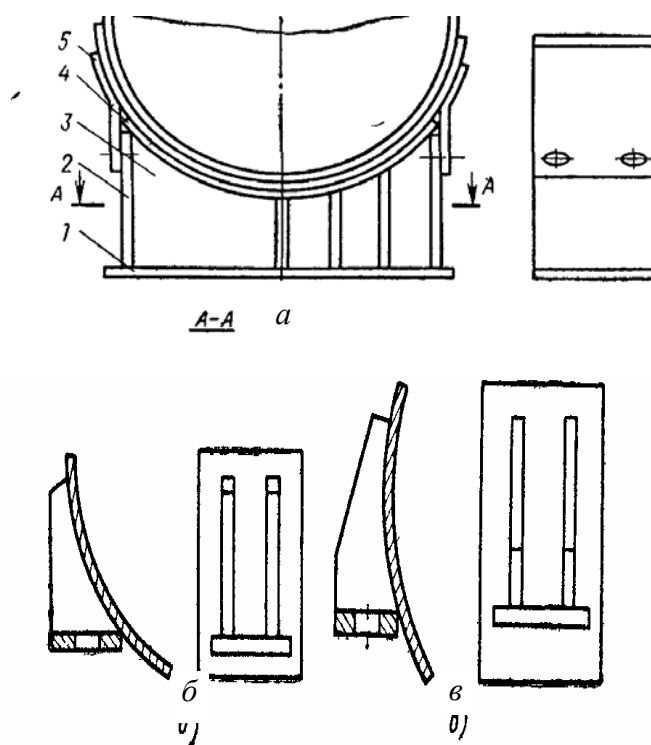


Рис. 6.35. Конструкции опор горизонтальных аппаратов

Общий вид стандартных и не типовых опор некоторых аппаратов показан на рис. 6.36.



Рис. 6.36. Общий вид опор различных аппаратов

6.8. Устройства для строповки аппаратов

Для подъема и перемещения аппаратов при монтаже и ремонте в их конструкции предусматривают специальные строповые устройства – крюки (см. рис. 6.37, *а*), ушки (см. рис. 6.37, *б*), скобы, цапфы (см. рис. 6.37, *в*) и монтажные штуцера (см. рис. 6.37, *г*).

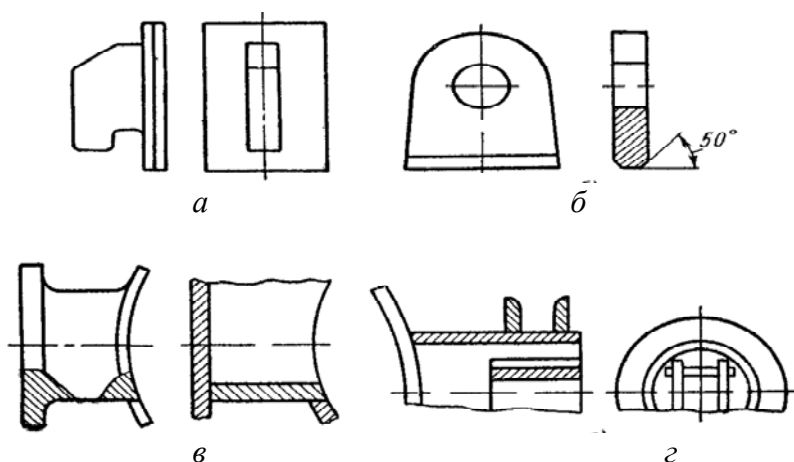


Рис. 6.37. Устройства для строповки аппаратов

Крюки и цапфы (обычно две штуки) приваривают на боковых стенках вертикальных аппаратов, а ушки – на верхних днищах или крышках аппарата. Монтажные штуцера применяют в аппаратах массой более 32 т. Горизонтальные аппараты строповыми устройствами обычно не снабжают.

6.9. Влияние свойств материалов на конструкцию аппаратов

Поскольку материалы, используемые в аппаратостроении, сильно отличаются по физико-химическим и механическим свойствам, естественно, имеются существенные различия в конструкциях узлов.

Конструктивные особенности аппаратов из высоколегированных сталей. При перегреве аустенитных сталей происходит выгорание легирующих компонентов. Сталь теряет химическую стойкость. Сварные соединения следует предусматривать такой конструкции, чтобы соединяемые части нагревались до температуры плавления одновременно, т. е. соединяемые детали должны быть одинаковой толщины и должны быть сварены встык.

На рис. 6.38 показано конструктивное оформление наиболее распространенных вариантов сварных узлов деталей из легированных сталей.

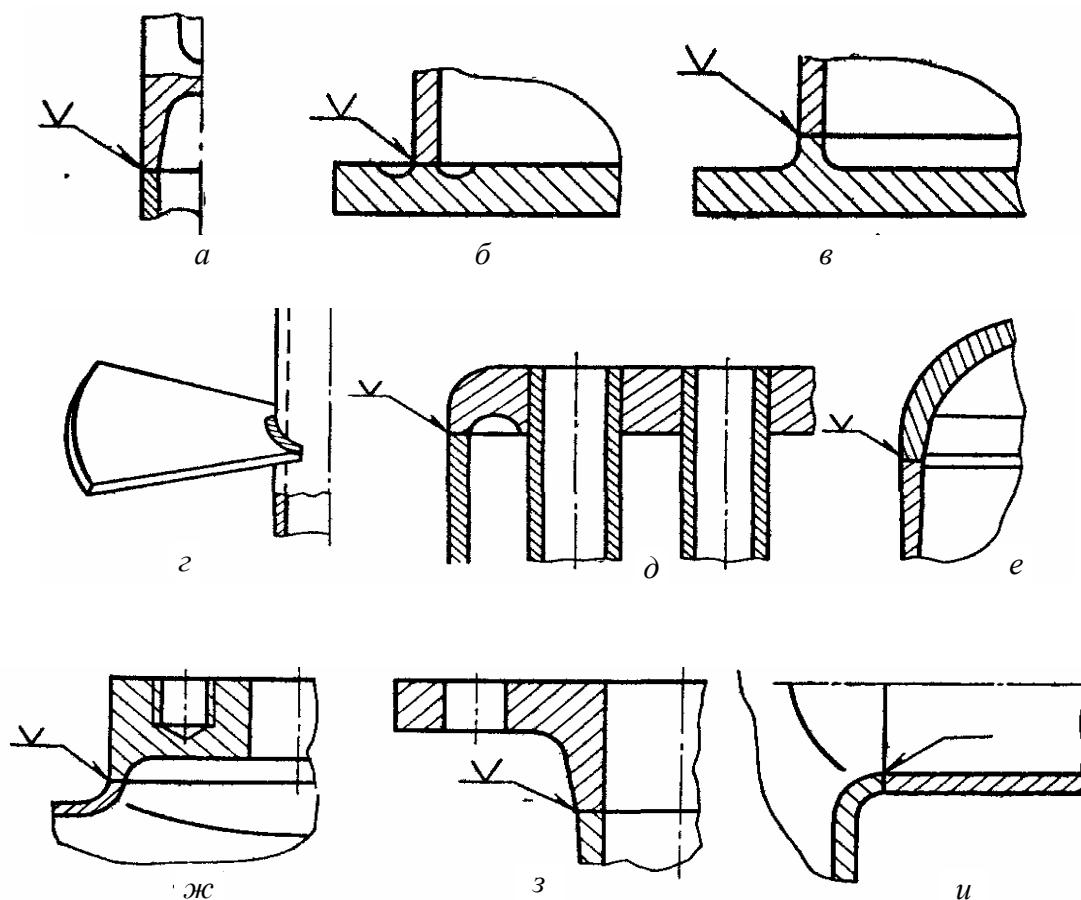


Рис. 6.38. Конструктивное оформление сварных узлов деталей из легированных сталей: *а* – полый вал; *б* – обечайка и трубная решетка (с проточкой канавок); *в* – обечайка и выступ трубной решетки; *г* – лопасти и полый вал; *д* – обечайка и трубная решетка; *е* – обечайка и днище (толщиной больше толщины обечайки); *ж* – бобышка и обечайка; *з* – фланец и обечайка; *и* – патрубок и корпус аппарата

При сварке тонкостенных деталей из разных сталей (высоколегированной и углеродистой) возможно изменение структуры и снижение коррозионной стойкости легированной стали в месте сварки. Для устранения такого явления между соединяемыми элементами устанавливают промежуточную деталь из легированной стали. На рис. 6.39 показано конструктивное оформление нескольких узлов из сталей Ст10 и Ст3 с использованием промежуточного кольца из стали 19Х18Н1ПТ.

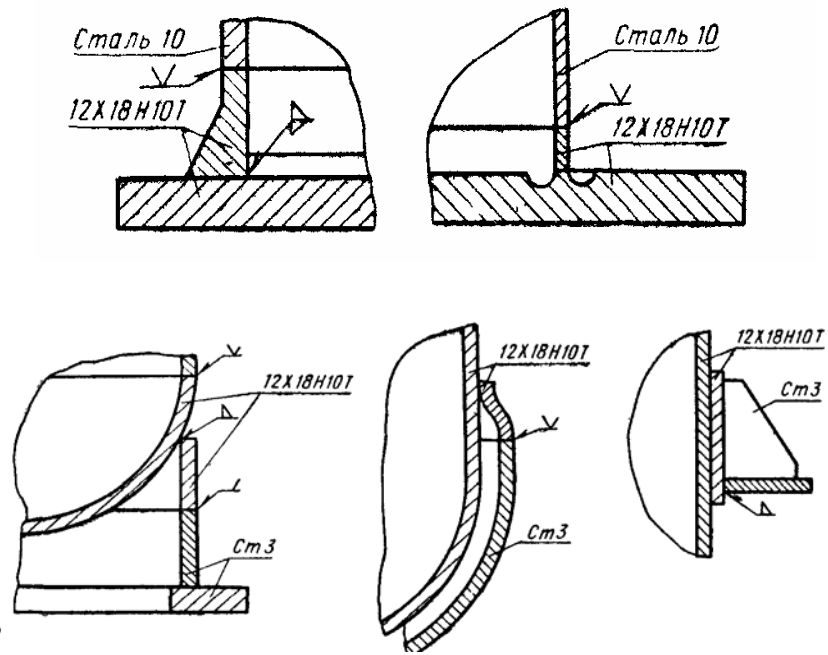


Рис. 6.39. Узлы сварки элементов из коррозионностойких и углеродистых сталей с промежуточными деталями

7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОЧИСТНЫХ УСТАНОВОК

В советские времена проектированием вентиляции занимались специализированные проектные организации.

Даже молодой проектировщик в небольшой организации перед началом работ находил соответствующий СНиП и выполнял работу по проектированию вентиляции в соответствии с его требованиями и под наблюдением опытных специалистов. В стандартных и простых проектных ситуациях это гарантировало стандартный результат.

При самых крупных организациях работали отраслевые институты. Их проектные группы могли качественно решить любую задачу, произвести проектирование вентиляции любой сложности.

Сейчас всё выглядит иначе:

Под впечатлением лёгкости сборки систем вентиляции из готовых комплектующих за проектирование сейчас взялись совершенно случайные люди (мнение www.l-com.ru). Они считают, что сделать систему вентиляции можно как бы из кубиков:

- прикинуть нужную производительность вентилятора;
- найти по каталогу вроде подходящий вентилятор;
- присоединить к нему сеть воздухопроводов и решётки.
- получить деньги с заказчика, а еще лучше ранее авансом.

Но такая схема удовлетворительно может работать только в очень короткой и симметричной сети. А после монтажа и пуска более сложных систем заказчик хватается за голову и с причитаниями бежит искать специалиста. Но, увы, иногда проще, надежнее и дешевле сделать все заново.

Поэтому хотелось бы сразу отметить следующее:

- В нашей стране до сих пор преимущественно проектированием, монтажом и эксплуатацией пылегазоочистных установок занимаются специалисты по отоплению и вентиляции, а аналогичной работой по очистке сбросов – специалисты по канализации. Поэтому, говоря и рассуждая про вентиляцию и канализацию, всегда имеются в виду и очистные установки.

- Системы газо-, пылеочистки в производственных помещениях обычно увязаны с системами вентиляции и кондиционирования воздуха. Поскольку при аспирации воздух удаляется из цеха, то это влияет на работу систем приточной и приточно-вытяжной вентиляции, тепловых завес и систем кондиционирования. При проектировании новых производств это сразу учитывается проектировщиком. Сложнее ситуация при реконструкции действующих производств или зданий под новые производства, когда может получиться, что из-за запроектированных очист-

ных установок придется реконструировать и существующие системы вентиляции и кондиционирования.

- Проектировщик хотя бы на уровне дилетанта должен знать специфику производств, для которых он проектирует очистные установки. Не даром ведь существуют различные деления вентиляции по заказчику (вентиляция рудничная, карьерная, шахтная, офисов, вентиляция машиностроительных, деревообрабатывающих, пищевых и других заводов, жилых и общественных зданий) и по процессам (дробильно-размольные, покрасочные, литейные, обрабатывающие, кузнечные, котельные и другие цеха, гаражи, бассейны, пневмотранспорт).

- При проектировании вентиляции в первую очередь решаются производственные проблемы, а проблемы выбора и размещения вентиляционного оборудования, компоновки, трассировки, монтажа, настройки, вопросы пожаро-, взрывоопасности, общения с контролирующими органами на уровне готового проекта – это головная боль проектировщика.

- Необходимость в проекте поиска путей и технологий хранения и обращения с получаемыми на очистных установках отходами.

- Наличие и необходимость знания большого количества нормативно-технической и справочной литературы. Не говоря уже о том, что всё, начиная с материалов и кончая какими-то болтиками или шайбочками, унифицировано и имеет соответствующие ГОСТы, ОСТы, ТУ, а границы и правила использования оборудования и отдельных узлов регламентированы СНиПами, СанПиНами, НПБ, ПБ и различными инструкциями.

- В современных условиях необходимо комплексно решать вопросы энергосбережения, автоматизации и экологии.

- Соблюдение паритета интересов производства, хозяина, обслуживающего персонала и населения, проживающего рядом с проектируемым производством.

Наиболее типичными ошибками проектировщика даже для наиболее простых систем вентиляции являются:

- Неправильное определение требуемой производительности вентиляции, неспособность обосновать выбранную схему и производительность.

- Неправильный выбор типа пылегазозаборных устройств и требуемых скоростей отсоса воздуха.

- Не полный учет свойств аспирируемых материалов, что может приводить к различным производственным пакостям для заказчика.

- Игнорирование необходимости обеспечения воздушно-теплого баланса помещения.

- Несимметричная усложнённая сеть с неподходящей для наладки и эксплуатации схемой.

- Неправильный подбор типа и номера вентилятора, а также другого оборудования.

- При удлинении сети вентилятор гудит, но воздух не гонит. Если сеть короткая, но несимметричная, то воздух идёт через одно из ответвлений. Такую сеть еще обычно можно отрегулировать.

- Несоблюдение условий комфортности работающего персонала.

Последствия ошибок проектирования вентиляции:

1. Вентиляция не справляется с выделениями вредных веществ, и их концентрация в воздухе увеличивается до недопустимо высокой. Это превышение фиксируется санитарными лабораториями, и возникает вопрос о наладке системы на санитарный эффект, обычно невозможный для «беспроектной» вентиляции, или требуется замена существующей системы вентиляции на более эффективную.

2. Рабочий персонал заказчика долго привыкает (помяная при этом нехорошими словами проектировщиков, монтажников, своё начальство и их родственников) к гудящей, не освежающей, капающей, не уносящей пыль и дующей где не надо вентиляции.

3. Мощность вентиляции определяется не по расчёту, а по рекомендуемой кратности. В большинстве случаев мощность таких систем избыточна.

4. В помещениях не обеспечивается воздушный баланс. Если есть вытяжная вентиляция, но не организован приток, то вся мощность вытяжки идёт на понижение давления в обслуживаемом помещении на несколько паскалей. Небольшой воздухообмен обеспечивается только инфильтрацией (сквозняками). Иногда приходится видеть, как в помещениях с «евроремонтом» подрезают двери и прибегают к другим маленьким хитростям, оборачивающимся потерей звуковой и воздушно-запаховой изоляции тихих комфортных помещений от шумных и ароматных соседей.

5. Не все системы пригодны для регулирования и наладки. Самопальные системы вентиляции иногда нельзя заставить работать без замены осевого вентилятора на радиальный. Но иногда даже этого оказывается недостаточно, нужно перекладывать воздуховоды, т. е. речь идёт уже не о наладке, а о замене системы, причем не все детали от старой системы пригодятся.

6. Даже если система пригодна для наладки, то не всегда в нужных местах есть фланцевые соединения, не говоря уже про лючки для замеров.

Для сотрудников заказчика дилетанство проектировщика и монтажника проявляется в следующем:

- Надоедливый шум в воздуховодах и вибрация системы.

- Отсутствие притока или вытяжки воздуха в нужных местах.
- Недостаток или избыток прокачиваемого воздуха.
- Сквозняки и повышенная заболеваемость персонала.
- Подача холодного воздуха зимой на рабочие места.
- Перетоки и распространение неприятных запахов по помещениям.
- Капающие воздуховоды и элементы вентсистем.
- Свистящие утечки воздуха из трассы воздуховодов.
- Преждевременные нарушения работы агрегатов вентиляции.
- Заключение специалиста: «Вам не повезло. Проще и дешевле сделать новую систему вентиляции и кондиционирования».

Под впечатлением нескольких неудач такие горе-проектировщики начинают искать компьютерные программы для расчёта вентиляции. Но такого рода программами может пользоваться с пользой для дела только тот, кто может прекрасно обойтись и без них.

Проектирование промышленных систем вентиляции отличается от проектирования бытовой вентиляции тем, что необходимо поддерживать и технологические параметры воздушной среды (температура, влажность, скорость воздушных потоков, содержание вредных веществ), делающие технологический процесс максимально эффективным и комфортным для персонала, учитывать всю специфику производства, а также решать вопросы энергосбережения и экологии.

Таким образом, получается, с одной стороны, что описание полностью всех этапов процесса проектирования очистных установок требует много места. С другой стороны, представьте, как скучно выглядят только перечисления требований к выбору, расчету и монтажу даже простого элемента установки. А в результате читать все это студенту, наверное, просто утомительно. Совсем другое дело, когда сам непосредственно столкнешься с процессом проектирования, экспертизой проектов или, более того, – аудитом. Поэтому, исходя из вышесказанного, предлагается рассмотреть технологию, последовательность, этапы проектирования и согласований на простейшем варианте.

7.1. Основы проектирования вентиляции общественных и индивидуальных жилых зданий

Поскольку в общественных, офисных и жилых зданиях, магазинах и т. п. обычно определяющими факторами при расчете вентиляции является жизнедеятельность человека, при которой используется офисная техника (компьютеры, сканеры, ксероксы, принтеры, чайники и т. д.), бытовая техника (плиты, холодильники, телевизоры и др.), а также специализированные помещения (кухня, ванная, туалет, каминная, курительная комната, сауна, тренажерная и т. д.), то проектирование таких

типовых систем значительно упрощается. А поскольку строительство зданий в целях удешевления осуществляется конструктивно по типовым проектам, то аналогично используются типовые проекты вентиляции.

Этапы проектирования. Проектирование таких систем вентиляции – это странная и удивительная смесь простых и сложных задач. Дело в том, что почти всегда при первом же взгляде на объект становится понятным, какое именно оборудование понадобится и какую принципиальную схему вентиляции требуется проектировать. С этой точки зрения проектирование системы вентиляции – вещь очень простая, фактически доступная неспециалисту. Достаточно просто подсмотреть готовую, уже спроектированную систему для аналогичных помещений и сделать примерно такую же.

Сложности начинают возрастать по мере детализации проекта. Гораздо сложнее рассчитать теплоприток в помещение, подобрать необходимые тип и мощность вентиляторов, сечение воздухопроводов. И совсем уж трудная задача, часто вообще не формализуемая – это правильно расположить вентиляционное оборудование на объекте. Именно здесь и проявляется опыт специалиста в проектировании систем вентиляции. Система вентиляции, созданная профессионалом, использует меньшие мощности, но работает гораздо стабильнее, чем спроектированная «чайником». Воздуховодам всегда хватает сечения, а вентиляторам – напора, ниже уровень шума и дешевле сама система в целом. Именно это и называется искусством проектирования, которое включает обычно следующие этапы:

1. Определение целей и задач заказчика.
2. Расчет требуемого воздухообмена.
3. Выбор принципиальной схемы вентиляции.
4. Расчет теплопритоков в помещениях.
5. Учет дополнительных требований и пожеланий заказчика.
6. Выбор оптимального проектного решения (самый трудный этап).
7. ТКП (технико-коммерческое предложение), 2–3 варианта.
8. ТЭО (технико-экономическое обоснование), 2–3 варианта.
9. Согласование с заказчиком выбранного оборудования и принятие решения заказчиком.
10. Рабочий проект.
11. Проведение необходимых согласований проекта в контролирующих организациях.
12. Передача рабочей документации монтажникам.

Определение целей и задач заказчика. Для эффективной взаимовыгодной работы с заказчиком необходимо прояснить вопросы:

- Какие запросы заказчика решаются вложениями капитала в проект?
- Полностью или в какой части и когда будет реализован проект?

- До какой степени совершенства заказчик готов инвестировать средства в энергоэффективность?
- Какие использовать комплектующие и материалы?
- Как максимально экономично использовать имеющиеся ресурсы?
- Насколько проект будет согласован с другими инженерными системами?

Проектирование общей схемы вентиляции. Как уже говорилось, – это самый простой этап. Отталкиваемся прежде всего от типа вентилируемых помещений. Сразу становится понятным, в какие помещения нужно запроектировать приточную вентиляцию, а в какие – вытяжную, какую создать кратность воздухообмена в различных помещениях здания. Вытяжную вентиляцию проектируем для тех помещений, в которых выделяется больше всего загрязнений, тепла и влаги. Приточную – для тех, где необходимо обеспечить повышенное качество воздуха. Кратность воздухообмена грубо регламентируется Строительными Нормами и Правилами (СНиП) и уточняется по требованиям заказчика.

Вообще, для систем отопления, вентиляции и кондиционирования существует обширная нормативная документация.

Таким образом, из трех основных источников, таких, как:

- 1) набор известных для этого здания схем вентиляции;
- 2) нормативная документация (ГОСТы, СНиПы и т. д.);
- 3) специфические требования заказчика

практически однозначно выводится принципиальная схема вентиляции помещений и нормативные кратности воздухообмена.

Обратите особое внимание на то, что вам пока даже не требуется рассчитывать теплопритоки в помещении. Это будет сделано на этапе приблизительного расчета производительности системы вентиляции. Вам, например, просто достаточно знать, что в здании есть кафе и кухня, требующие организации вытяжной вентиляции и повышенной кратности воздухообмена, но точные величины тепловыделений пока не важны. Модульность оборудования для систем вентиляции позволит нам всегда подобрать требуемую производительность вентиляторов и размер воздуховодов.

Расчет теплопритоков для проектирования вентиляции. Второй этап проектирования вентиляции – точный расчет теплопритоков в помещении. Он также еще не требует от проектировщика высокого инженерного искусства. Здесь нужно, скорее, проявить аккуратность в том, чтобы определить все поступления и потери тепла в помещении. Категорий тепловых нагрузок всего две:

- Наружные тепловые нагрузки, которые возникают снаружи помещения. Они могут быть как положительными, так и отрицательными.

- Внутренние тепловые нагрузки, создаваемые людьми и техникой. Они, напротив, всегда положительные.

Наружные тепловые нагрузки, в свою очередь, представлены следующими составляющими:

- теплопоступления или теплопотери (в результате разности температур снаружи и внутри здания) через стены, потолки, полы, окна и двери. Эта разность температур летом является положительной, в результате чего имеет место приток тепла вовнутрь помещения, а зимой – отрицательной, и направление теплопотока меняется;

- теплопоступления через застекленные площади от солнечного излучения, которое всегда создает положительную нагрузку. Летом она должна быть компенсирована, а зимой она незначительна и интегрируется с теплом, вырабатываемым установкой искусственного климата;

- наружный вентиляционный и проникающий в помещения воздух (за счет инфильтрации) может иметь также различные свойства, которые, однако, почти всегда контрастируют с метеорологическими требованиями помещений. Летом наружный воздух горячий и влажный (что существенно влияет на работу установки, охлаждающей и осушающей атмосферу), а зимой – холодный и сухой, что вызывает необходимость его подогреть и увлажнить. И только в промежуточный период наружный воздух в какой-то мере может быть использован в качестве бесплатного «охладителя» помещений.

Следует отметить, что наружные тепловые нагрузки могут быть положительными и отрицательными в зависимости от времени суток. Внутренние тепловые нагрузки в жилых, офисных или относящихся к сфере обслуживания помещениях слагаются в основном:

- из тепла, выделяемого людьми;
- тепла, выделяемого лампами, осветительными и электробытовыми приборами: холодильниками, плитами и т. д. (в жилых помещениях);
- тепла, выделяемого работающими приборами и оборудованием: компьютерами, печатающими устройствами, сканерами, медийным оборудованием, ксероксами и пр. (в офисных и других помещениях).

В производственных и технологических помещениях различного назначения дополнительными источниками тепловыделений могут быть:

- нагретое производственное оборудование;
- горячие материалы, в том числе жидкости и различного рода полуфабрикаты;
- продукты сгорания и химических реакций.

Так как внутренние тепловые нагрузки являются всегда положительными, то в летний период они должны быть компенсированы кон-

диционированием, а зимой за их счет снижается нагрузка на установки обогрева.

Существует два подхода в методологии этих расчетов – полный и упрощенный расчет. Упрощенный расчет применяют, если расчет производится для небольших помещений, и планируется система вентиляции и кондиционирования на основе простого оборудования (например, сплит-система). В таком случае нет необходимости в долгих и сложных расчетах теплотерь и теплопоступлений.

Например, при полном расчете поступления тепла от солнечного излучения приходится учитывать в той или иной степени следующие факторы:

- род и структуру материалов ограждения;
- состояние поверхности (например, через тонированное или грязное стекло пройдет меньше излучения);
- площади оконного переплета;
- угол, под которым солнечные лучи падают на поверхность;
- ориентацию помещения по сторонам света (теплопоступления от радиации через окна, выходящие на север, вообще не учитываются);
- цвет стен: коэффициент поглощения тепла достигает 0,9 для темного цвета наружных стен и лишь 0,5 – для светлых стен;
- тепловые характеристики стен: чем массивнее стена, тем больше задержка поступления тепла или холода в помещения. Тепловая нагрузка при нагреве массивной стены распределяется на более длительное время. Если же стены тонкие и легкие, то тепловые нагрузки повышаются и быстро изменяются при изменении внешних условий. При этом требуются более дорогие и мощные установки кондиционирования;
- наличие и тип светозаграждающих устройств (шторы, жалюзи).

Дополнительные требования к проектированию вентиляции.

Трудности в проектировании системы вентиляции начинаются на этапе учета разнообразных требований, которых существует настолько много, что непонятно, как вообще работают проектировщики, потому что учесть все из них, кажется, просто невозможно. Например, на рис. 7.1 показан результат мучений и попыток втиснуть требуемое «железо» в отведенное заказчиком место.

Санитарные требования. Собственно, это требования к метеорологическим параметрам воздуха, которые должна поддерживать спроектированная система вентиляции. Это температура, чистота, влажность, подвижность воздуха. Также следует помнить о том, что одни параметры воздуха поддерживать дороже, чем другие. Самым «дорогим» параметром является влажность, а самым «дешевым» – температура.



Рис. 7.1. Варианты размещения и трассировки газоходов (www.sotvent.ru)

Учет этих требований может влиять и на устройство и состав вентиляции, а именно:

- подавать в помещения свежий воздух естественным или механическим путем или же использовать рециркуляционные системы;
- удалять воздух через местные отсосы или с использованием общеобменной (в производственном корпусе) или естественной (в жилых помещениях) вытяжки.

Строительно-архитектурные требования. Это разнообразные ограничения на размещение того или иного оборудования в том или ином месте здания.

Наиболее критичными для проектирования вентиляции являются:

- ограничения на размещение крупногабаритного оборудования (приточных установок);
- ограничения на места прокладки воздуховодов, т. е. возможность проложить по зданию или помещению коммуникации воздуховодов, трубопроводов (особенно в реконструируемых зданиях, рис. 7.1);
- возможность установки наружного блока кондиционера на фасаде здания, а внутреннего – в помещении (шкафные кондиционеры) или в подшивном потолке (сплит-система с притоком свежего воздуха), либо центрального кондиционера на техническом этаже или крышного кондиционера (Roof-Top-руфтопа) на крыше здания.

Очень большим плюсом является наличие в здании технического этажа с подходящими подсобными помещениями и подвесные потолки, над которыми можно свободно располагать воздуховоды.

Противопожарные требования, соответствующие категориям помещений: «Д» (нормальные условия), «В» (пожароопасные) или «А» и «Б» (взрыво-, пожароопасные). Именно эти требования в основном влияют на появление в проекте вентиляции системы дымоудаления, взрывозащищенных вентиляторов, обратных и огнезадерживающих

клапанов, отдельных установок блоков оборудования, различных схем прокладки коммуникаций, противопожарных установок и т. п.

Эксплуатационные требования. Эти требования касаются режимов работы оборудования в системе вентиляции и проектирования системы автоматики и управления, т. е. на саму систему вентиляции, как таковую, оказывают меньшее влияние, а именно:

- допустимо ли обслуживание и управление системой с центрального пульта или необходимо регулировать параметры работы установки автономно (например, если одна часть помещений ориентирована на юг, другая – на север);
- обеспечение отдельных режимов работы оборудования на группы помещений.

Надежность системы – требования, которые при проектировании вентиляции заставляют обеспечивать такие вещи, как запас оборудования по мощности и дублирование оборудования. С другой стороны, некоторые части запроектированной системы вентиляции будут нести меньшие нагрузки и «ответственность», некоторые – большую. Требования к надежности особенно важны в прецизионном кондиционировании при точном поддержании микроклиматических параметров различных технологических процессов.

Естественно, что на наиболее ответственных участках лучше за проектировать установку более надежных агрегатов от известных производителей, а на менее ответственных – сэкономить. Но это уже скорее экономические требования.

Экономические требования – банальная оптимизация системы по критериям производительность/цена/качество. Учет этих требований требует от проектировщика системы вентиляции хорошего знания «матчасти», т. е. разнообразного оборудования многих производителей и различного класса, плюсов и минусов этого оборудования.

Для объекта необходимо разработать несколько принципиальных вариантов систем на базе разных типов оборудования и провести их сравнительную оценку.

ТКП и ТЭО в проектировании вентиляции. Учет всех требований к вентиляционной системе, т. е. нахождение оптимального проектного решения, – это самая квалифицированная и ответственная часть работы. Это дело для наиболее опытных проектировщиков. Необходимо заметить, что в любом случае готовится не одно принципиальное решение, а несколько (2–3). Принципиальная схема вентиляции у всех решений, как правило, одна и та же, но имеются нюансы.

На этом этапе пишется ТКП (техничко-коммерческое предложение) Заказчику с основными показателями проектных решений, приблизи-

тельным составом оборудования для проектируемой системы вентиляции и предварительной калькуляцией. Для выбранного варианта, или просто для варианта, который наиболее заинтересовал Заказчика, пишется ТЭО (технико-экономическое обоснование).

В практике проектирования систем вентиляции одни фирмы и проектные организации предпочитают объединять этапы ТКП и ТЭО, другие – разделяют эти два вида работ. На самом деле это не столь важно и принципиально, потому что ТЭО проекта вентиляции представляет собой просто следующий этап уточнения ТКП. Делить эти два этапа или нет – вопрос терминологии, результат – один и тот же.

Технико-экономическое обоснование проекта вентиляции. ТЭО – документ, в котором еще нет точного расчета проектируемой системы вентиляции, но уже записано:

- какая выбрана принципиальная схема вентиляции;
- каковы основные характеристики производительности;
- какое примерно предполагается установить вентиляционное оборудование;
- где предполагается расположить оборудование;
- сколько будет ориентировочно стоить такая система вентиляции.

На этом трудная часть работы проектировщика систем вентиляции как раз и заканчивается, потому что после одобрения ТЭО Заказчиком остаются практически только расчетные работы, такие, как точный выбор вентиляционного оборудования, точная привязка к плану здания и т. п. Это уже рабочий проект – логическое завершение проектирования вентиляции.

Рабочий проект системы вентиляции. Как уже было сказано, на этом этапе проектирования вентиляции проводятся окончательные точные инженерные расчеты. Основные виды чертежей – привязанные к поэтажным планам здания схемы сетей и принципиальные схемы наиболее важных узлов вентиляционной системы. В частности, в рабочий проект обязательно входят:

- точный состав оборудования;
- точная схема размещения вентиляционного оборудования;
- точные планы сетей воздухопроводов и трубопроводов.

Рабочий проект вентиляционной системы утверждается в согласующих организациях (СЭС, пожарная инспекция и т. д.), при необходимости по результатам экспертизы вносятся коррективы. Также следует отметить, что у опытного проектировщика система, приблизительно описанная в ТЭО, и система, окончательно рассчитанная в рабочем проекте, практически идентичны. Имеется в виду, что не возникает «подводных камней» при точных расчетах (вдруг оказалось, что нужен не

один мощный дорогой вентилятор, а два). Ну и согласование тоже происходит обычно с первой же итерации.

На этом стадия проектирования вентиляции заканчивается, и готовые чертежи передаются монтажникам.

Монтажники при этом также «не останутся в долгу» и составят исполнительные чертежи и исполнительные спецификации, по которым и будут устанавливать спроектированную систему вентиляции.

Рабочий проект систем вентиляции и кондиционирования. После утверждения заказчиком ТЭО происходит переход ко второму этапу (наиболее ответственной стадии проектирования) разработки рабочего проекта. Это делается на основании строительных и монтажных чертежей, планировок оборудования, теплотехнических характеристик строительных конструкций и технологического (подробного, со спецификацией) задания. Производится расчет тепло-, влаговыведений и на его основании – расчет воздухообмена, обеспечивающего требуемые параметры для каждого помещения, подбирается соответствующее оборудование (с определением всех его параметров). Окончательно выбираются тип и принципиальная схема системы и определяются ее характеристики, количество воздухораспределителей и т. д. Вычерчивается план расположения вентиляционного оборудования и разводки сетей воздухопроводов и трубопроводов.

Далее готовятся аксонометрические схемы сетей, выполняются аэродинамические и гидравлические расчеты, определяется уровень шума, а также заполняются спецификации по оборудованию, материалам, арматуре и т. д. с указанием фирмы-изготовителя и стоимости.

В рабочий проект обязательно входят:

- состав оборудования;
- схема размещения вентиляционного оборудования;
- планы сетей воздухопроводов и трубопроводов;
- сводные данные акустического расчета.

Условно работы по проектированию можно разбить на несколько уровней:

- техническое решение;
- изготовление рабочих чертежей вентиляции;
- изготовление полного проектного альбома;
- изготовление полного проекта.

Техническое решение включает:

- расчет воздухообмена вентиляции;
- тепловой расчет помещения (заказчику сообщается итоговый результат);
- изготовление чертежей вентиляции в «линию».

Рабочие чертежи представляют из себя чертежи, выполненные согласно проектным нормам, включая трассировки, аксонометрию, разрез и план венткамеры и т. д. Все чертежи вентиляции дублируются в электронном виде.

Полный проектный альбом вентиляции включает в себя:

- пояснительную записку;
- таблицы воздухообмена вентиляции;
- тепловой баланс;
- влажностный баланс;
- акустический расчет;
- рабочие чертежи;
- заказную спецификацию и т. д.

После этого проект согласовывается с заказчиком, органами санитарно-эпидемиологического надзора и пожарной инспекции, при необходимости проект корректируется.

На основе этой документации производится заказ оборудования. На этом стадия проектирования заканчивается и рабочие чертежи передаются монтажникам на объект. После окончания работ организациями-исполнителями составляются исполнительные чертежи и исполнительная сертификация.

Согласно ГОСТ 21.602–2003 «Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования» в состав рабочей документации не входят никакие расчёты.

Поэтому в случаях, когда в договоре (контракте) не обусловлены специальные требования о составе выдаваемой заказчику проектной документации, в ее состав не включаются расчеты строительных конструкций, технологических процессов и оборудования, а также расчеты объемов строительно-монтажных работ, потребности в материалах, трудовых и энергетических ресурсах. Не включаются также тепловые, гидравлические и иные расчеты, но по итогам этих расчетов представляются балансовые таблицы. Эти расчеты и материалы хранятся у разработчика проектной документации и представляются заказчику или органам государственной экспертизы по их требованию. Таким образом, при заключении договора подряда на выполнение различных стадий проектно-сметной документации заказчик и подрядчик должны установить состав передаваемой заказчику документации и стоимость ее разработки. В случае требований заказчика увеличить объем документации против оговоренного в договоре необходимо предложить заказчику заключить дополнительное соглашение (договор) на выполнение требуемой документации. Требование заказчика о представлении без дополнительной оплаты других проектных материалов (кроме материалов, предусмотренных п. 2.10 СНиП 11-01–95), разработка которых не была установлена договором, неправомерно.

7.2. Характеристики и расчет вентиляции

При выборе оборудования для системы вентиляции, в первую очередь необходимо рассчитать следующие параметры:

- производительность по воздуху ($\text{м}^3/\text{ч}$);
- рабочее давление (Па) и скорость потока воздуха в воздуховодах ($\text{м}/\text{с}$);
- допустимый уровень шума (дБ);
- мощность калорифера (кВт).

Производительность по воздуху. Подбор оборудования для системы вентиляции начинается с расчета требуемой производительности по воздуху или «прокачки», измеряемой в $\text{м}^3/\text{ч}$. Для этого необходим поэтажный план помещений с экспликацией (таблицей наименований каждого помещений с указанием его площади). Расчет начинается с определения требуемой кратности воздухообмена для каждого помещения. Кратность воздухообмена показывает, сколько раз в течение одного часа происходит полная смена воздуха в помещении (например, для помещения площадью 50 м^2 с высотой потолков 3 м объем составит 150 м^3 , двукратный воздухообмен соответствует $300 \text{ м}^3/\text{ч}$). Требуемая кратность воздухообмена зависит от назначения помещения, количества людей, мощности тепловыделяющего оборудования и определяется СНиП. Так, для большинства жилых помещений достаточно однократного воздухообмена, для офисных помещений требуется двух-, трехкратный воздухообмен.

Просуммировав расчетные значения воздухообмена для всех помещений, мы получим требуемую производительность по воздуху. Типичные значения производительности – $100 \dots 800 \text{ м}^3/\text{ч}$ для квартир, $1000 \dots 2000 \text{ м}^3/\text{ч}$ для коттеджей, $1000 \dots 10000 \text{ м}^3/\text{ч}$ для офисов.

Рабочее давление, скорость потока воздуха в воздуховодах. После расчета производительности по воздуху приступают к проектированию воздухораспределительной сети, которая состоит из воздуховодов, фасонных изделий (переходников, разветвителей, поворотов и т. п.) и распределителей воздуха. Расчет воздухораспределительной сети начинают с составления схемы воздуховодов. По этой схеме рассчитывают три взаимосвязанных параметра – рабочее давление, скорость потока воздуха и уровень шума. Требуемое рабочее давление определяется мощностью вентилятора и рассчитывается, исходя из диаметра и типа воздуховодов, числа поворотов и переходов с одного диаметра на другой, типа распределителей воздуха. Чем длиннее трасса и чем больше на ней поворотов и переходов, тем больше должно быть давление, создаваемое вентилятором.

От диаметра воздуховодов зависит скорость потока воздуха. Обычно эту скорость ограничивают $13 \dots 15 \text{ м}/\text{с}$. При больших скоростях воз-

растают потери давления и увеличивается уровень шума. В то же время использовать «тихие» воздуховоды большого диаметра не всегда возможно, поскольку их трудно разместить в межпотолочном пространстве. Поэтому при проектировании систем вентиляции часто приходится искать компромисс между уровнем шума, требуемой мощностью вентилятора и диаметром воздуховодов.

Допустимый уровень шума. Действующие в стране санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562–96 устанавливают классификацию шумов, нормируемые параметры и предельно допустимые уровни шума на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки (селитебной территории). Существуют московские городские строительные нормы МГСН 2.04–97 (более жесткие, чем другие НТД), в которых установлены требования к допустимому шуму для зданий трех категорий. Например, в жилых комнатах квартир, в домах категории А, допустимые уровни шума в ночное время ниже на 5 дБ, чем в помещениях категории Б (категории для массового строительства), и составляют 25 и 30 дБ (А) соответственно. В первом и втором нормативных документах введена поправка 5 дБ на шум инженерного оборудования и, в частности, вентиляционного (систем вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления).

Для удовлетворения таких весьма жестких требований (прежде всего, имеется в виду упомянутая поправка) расходуются большие средства, а иногда эти требования невозможно выполнить даже на стадии проектирования. Акустические условия существенно зависят от конструкции здания. Наиболее неблагоприятная ситуация создается в уникальных общественных зданиях (в храмах, музыкальных и драматических театрах, теле-, радиостудиях) и в элитных жилых зданиях из монолитного железобетона. Обеспечение допустимого уровня звука даже в 30 дБ (А) (часто это ниже уровня фона в крупном городе) уже связано с необходимостью снижения до минимума скорости потока воздуха в воздуховодах, а в итоге – увеличения их габаритов и длины глушителей шума. Снижение этого уровня на величину существующей поправки приводит к усложнению ситуации, а в целом по стране и к расходованию огромных средств на осуществление дополнительных мероприятий по шумоглушению с эффективностью в 5 дБ.

Мощность калорифера. Калорифер используется в приточной системе вентиляции для подогрева забираемого снаружи воздуха и доведения его до нужной температуры перед подачей в помещение. Температура приточного воздуха принимается в соответствии со следующими условиями:

- Если в вентилируемом помещении отсутствуют теплоизбытки, то приточный воздух прогревается до температуры, равной температуре

воздуха помещений. Потеря теплоты через ограждающие конструкции в этом случае восполняется системой отопления.

- При проектировании отопления, совмещенного с приточной вентиляцией, температура приточного воздуха должна быть выше температуры внутреннего воздуха, и определяется она с учетом потребностей отопления.

- Если в помещении имеются избытки явной теплоты, то температура приточного воздуха должна быть ниже температуры внутреннего воздуха помещения и обеспечивать его охлаждение.

Допустимый перепад температур приточного воздуха зависит от способа раздачи воздуха и определяется расчетом. Расчет допустимого перепада температур:

- при подаче воздуха в рабочую зону с обдуванием мест нахождения людей $\Delta t = 1 \dots 2 \text{ } ^\circ\text{C}$;

- при подаче воздуха в рабочую зону без обдувания мест нахождения людей $\Delta t = 4 \dots 6 \text{ } ^\circ\text{C}$;

- при подаче воздуха в верхнюю зону на высоте более 3,5...4,0 м разность температур может быть увеличена до 10...12 $^\circ\text{C}$.

Мощность калорифера рассчитывается исходя из производительности системы вентиляции, требуемой температуры воздуха на выходе системы и минимальной температуры наружного воздуха. Два последних параметра определяются СНиП. Температура воздуха, поступающего в жилое помещение, должна быть не ниже 16 $^\circ\text{C}$. Минимальная температура наружного воздуха зависит от климатической зоны и рассчитывается как средняя температура самой холодной пятидневки самого холодного месяца в 13 часов (для Москвы равна минус 26 $^\circ\text{C}$). Таким образом, при включении калорифера на полную мощность он должен нагревать поток воздуха на 40 $^\circ\text{C}$. Типичные значения расчетной мощности калорифера: от 1 до 5 кВт для квартир, от 5 до 50 кВт – для офисов.

7.3. Характеристика некоторых систем аспирации

(В разделе использовались материалы сайта erhf.ispu.ru и статья Созинова В. П. Аспирация в АПК. – Иваново: НПЦ «СТИМУЛ», 1996. – 424 с.).

Аспирационные системы, являющиеся разновидностью вентиляции, предназначены препятствовать поступлению локально выделяющихся отходов производства в виде пыли и более крупных частиц, вредных газов, избытков тепла, влаги в зону пребывания людей (их рабочих мест). Они улавливают отходы с помощью отсасываемого из технологической зоны воздуха и перемещают их за пределы производст-

венного помещения. Естественно, что выполнение этой работы требует затрат энергии. Поскольку затраты в масштабах отдельных предприятий и государства в целом значительны, их снижение может дать немалый экономический эффект.

К настоящему времени разнообразие конструкций систем аспирации, позволяющих экономно расходовать энергию, значительно. Системы, в наибольшей степени удовлетворяющие потребностям производства, показаны на рис. 7.2.

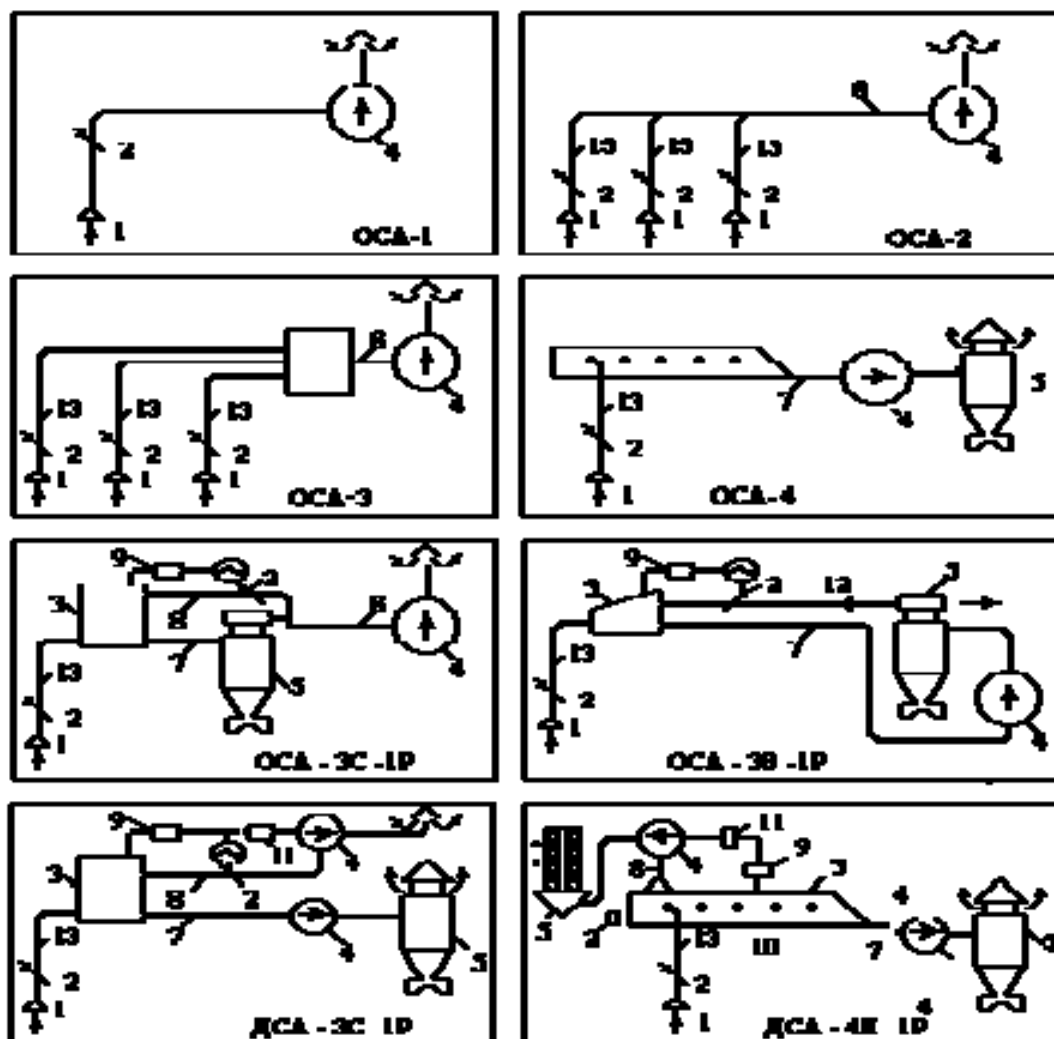


Рис. 7.2. Схемы систем аспирации: 1 – приёмник отходов; 2 – клапан (отсечной, регулирующий); 3 – коллектор; 4 – вентилятор; 5 – воздухоочиститель; 6 – магистральный трубопровод; 7 – транспортный трубопровод; 8 – трубопровод отбора воздуха; 9 – регулятор давления; 10 – транспортерная лента; 11 – регулятор частоты вращения рабочего колеса вентилятора; 12 – трубопровод возврата воздуха; 13 – всасывающее ответвление

Простейшая одновентиляторная система аспирации (OCA-1) состоит из приёмника, трубопровода, не имеющего ответвлений, и венти-

лятора. Такая система просто налаживается на заданную производительность, допускает перестановку технологического оборудования и значительное уменьшение количества отсасываемого воздуха, если в нём нет плотных частиц.

Система аспирации с магистральным трубопроводом переменного сечения (ОСА-2) имеет несколько приёмников, минимальные потери давления и металлоёмкость. Однако вносить изменения в её трубопроводную сеть чаще всего оказывается невозможно. Например, изменение места присоединения одного из ответвлений ведёт к разладке работы других ответвлений и восстановить экономически выгодный режим работы становится невозможно.

Одновентиляторная система аспирации с малогабаритным коллектором (ОСА-3) хорошо поддается наладке, допускает изменение трубопроводной сети до коллектора, т. к. все её ответвления находятся в равных условиях относительно величины разрежения в коллекторе. По этой причине срок службы такой системы нередко оказывается более продолжительным, чем у ОСА-2. Она рекомендуется к применению при «кустовом» расположении технологического оборудования и общем количестве приёмников отходов не более 10.

Система с магистральным коллектором постоянного сечения (ОСА-4) предназначена для обслуживания большего количества (более 10) продольно расположенного в производственном помещении технологического оборудования. Она имеет такие же достоинства, как и ОСА-3, поскольку расширение воздуха в коллекторе большое и разрежение по всей его длине почти одинаково. Кроме того, к коллектору системы, при необходимости, можно подключить ещё один вентилятор.

Для удаления от технологического оборудования плотных (твёрдых) отходов необходима определённая скорость воздуха в той части трубопроводной сети, по которой они транспортируются. Чтобы система аспирации при этом могла работать с переменным количеством включённых ответвлений, её приходится оснащать не только отсечными, регулирующими клапанами, но и средствами контроля. В каждой из последующих систем с помощью регулирующего клапана и датчика давления поддерживается определенное разрежение в коллекторе при изменении количества включённых ответвлений. Это даёт возможность удалять из помещения только минимальное количество воздуха.

Одновентиляторная система аспирации с малогабаритным сепарирующим коллектором (ОСА-1-1Р) может иметь до 10 ответвлений с общим количеством перемещаемого воздуха до 20 тыс. м³/ч. У одновентиляторной системы аспирации с малогабаритным коллектором (ОСА-3В-1Р), в которой возвращается очищенный воздух, при такой же производительности меньше капитальные затраты и потери давления в трубопро-

водной сети. Однако для предотвращения дополнительных потерь тепла зданием за счёт возврата в коллектор охлаждённого в холодный период года воздуха требуется теплоизоляция той части трубопроводной сети, которая будет находиться за пределами здания.

Двухвентиляторная система аспирации с малогабаритным сепарирующим коллектором (ДСА-3С-1Р) может выбрасывать в атмосферу или возвращать в помещение отделённый в коллекторе воздух без очистки в воздухоочистителе. Экономичность работы системы также может быть повышена, если регулировать количество отбираемого из коллектора очищенного воздуха не соответствующим клапаном, а изменением частоты вращения рабочего колеса вентилятора. При этом данный вентилятор может иметь более высокий коэффициент полезного действия, т. к. через него не проходят отходы. Производительность системы до 20 тыс. м³/ч. Она может достигать и 40 тыс. м³/ч, если будет иметь два коллектора.

Двухвентиляторную систему аспирации с ленточным транспортером в магистральном коллекторе (ДСА-4Л-1Р) можно эксплуатировать при наличии второго воздухоочистителя, но дополнительные капитальные затраты быстро окупаются при производительности более 40 тыс. м³/ч.

Пылеочистное устройство выбирают в зависимости от необходимой степени очистки воздуха; величины пылинок; свойств пыли (сухая, волокнистая, липкая, гигроскопичная и т. д.); начального пылесодержания; температуры очищаемого воздуха. При выборе типа очистного устройства учитывают ценность пыли.

Пылеочистные устройства, обеспечивающие грубую очистку воздуха, при которой задерживается максимальное количество пыли по весу (в процентах от начального пылесодержания), главным образом размерами пылинок более 100 мк, следует применять в тех случаях, когда остаточное пылесодержание воздуха не является важным, например в первой ступени при многоступенчатой очистке воздуха.

Пылеочистные устройства со средней степенью очистки, задерживающие пылинки размерами 10...200 мк и обеспечивающие остаточное пылесодержание очищенного воздуха не более 150 мг/м³, следует применять в тех случаях, когда воздух выбрасывается в атмосферу.

Пылеочистные устройства с тонкой степенью очистки, задерживающие пыль размером до 10 мк и обеспечивающие остаточное пылесодержание очищенного воздуха не более 2 мг/м³, следует применять для очистки наружного и рециркуляционного воздуха, а также для улавливания ценной пыли (цветных металлов, мучной, цементной и т. п.).

Таким образом, для расчета систем аспирации необходимо определиться с исходными данными для проектирования и произвести непосредственный расчет системы аспирации.

Технические требования к системе аспирации и исходные данные для проектирования, с учетом пожеланий и возможностей заказчика, слагаются из следующих данных:

- перспектив развития и реконструкции производства;
- финансовых возможностей заказчика;
- перечня источников образования загрязняющих веществ;
- характеристики здания и помещения;
- проекта санитарно-защитной зоны предприятия;
- карты-схемы размещения предприятия;
- тома ПДВ в случае действующего предприятия;
- раздела «Охрана окружающей среды и ОВОС» проекта;
- различных предписаний контролирующих органов, и в особенности экологического контроля;
- выбора площадки или места для размещения ПГУ;
- путей подъезда транспорта;
- плана размещения оборудования;
- места складирования сырья, заготовок и продукции и вариантов их перемещения;
- наличия и типа грузоподъемных устройств в цехе;
- типа перерабатываемого материала – древесина, ДСП, МДФ, цемент, зерно, удобрения и т. д.;
- используемых технологических процессов – пиление, фрезерование, шлифование, дробление, дозирование, пересыпка и т. д.;
- наличия и характеристики других систем вентиляции и отопления;
- очередности и времени работы каждого станка или группы станков;
- характеристики местных отсосов (диаметр и количество, скорость воздуха в отсосе);
- объема отходов, размеров и свойств удаляемых частиц;
- необходимости подвижных отсосов и величины их перемещения;
- вариантов обращения с отходами;
- типа транспорта для вывозки отходов.

Надо сразу отметить, что часть этих данных предоставляется заказчиком, а другая часть изыскивается проектировщиком.

Сам расчет системы аспирации может включать следующие этапы:

- выбор типа пыле-, газоулавливающего аппарата (или нескольких);
- выбор схемы сети газопроводов («елочка» или «паук», симметричная или асимметричная);
- выбор типа вспомогательных устройств (клапанов, регулирующих устройств, систем искрообнаружения и пожаротушения и т. д.);
- расчет пылеулавливающего аппарата;

- расчет объема и размера бункера;
- выбор, расчет постаментов и размещение на нем оборудования;
- трассировка газоходов с учетом всех требований и плана размещения технологического и очистного оборудования;
- вычерчивание аксонометрической схемы сети со всей фасониной и вспомогательными устройствами;
- выбор необходимых скоростей потока в различных частях сети;
- гидравлический расчет сети;
- выбор вентилятора и электродвигателя;
- механические расчеты бункера, подвесок газоходов, опор постаментов и всего другого – по необходимости и на все случаи жизни.

А предыдущие и последующие действия с проектом осуществляются, как описано в предыдущем разделе.

7.4. Характеристика пневмо- и гидротранспорта

Пневматический и гидравлический транспорт – вид трубопроводного транспорта для перемещения сыпучих материалов (реже – штучных грузов) под действием транспортирующего агента – соответствующего газа или жидкости.

В различных отраслях промышленности широко используется пневмотранспорт, причем не только для перемещения материалов, но и как составная часть технологических установок для осуществления химических, тепловых, массо- и ионообменных процессов в системах газ–твердое тело. Преимущества пневмотранспорта перед другими видами транспорта – простота, высокая производительность и надежность, возможность полной автоматизации.

Наиболее распространенный транспортирующий агент – воздух, но по технологическим соображениям могут использоваться и другие газы, например азот, – для транспортирования пожаро- и взрывоопасных материалов. Воздействие транспортирующего газа на сыпучий материал может быть прямым или косвенным. В первом случае транспортирование материалов в трубопроводах и аппаратах осуществляют в потоке газа за счет перепада давления последнего. Во втором случае транспортируемый материал перемещается («течет») по аэрожелобам и аппаратам в псевдооживленном (аэрируемом) состоянии под действием силы тяжести. Сочетание прямого и косвенного воздействия транспортирующего газа на материал используют при пневмотранспорте в плотном слое (когда сыпучая масса с высокой концентрацией твердой фазы перемещается в виде столба или «пористого поршня»).

Для осуществления перемещения материалов применяют комплексы устройств – пневматические транспортные (пневмотранспортные) установки периодического или непрерывного действия. Основным элементом в них – транспортный трубопровод, который может быть прямым или составленным из колен, располагаться горизонтально, вертикально и наклонно. Он состоит из стальных бесшовных труб с приварными фланцами. Толщина стенок труб колеблется от 1 до 10 мм, в зависимости от абразивного действия перемещаемого материала и давления в трубопроводе. Наибольшему эрозионному износу от абразивного действия транспортируемых материалов подвергаются колена трубопроводов.

Для характеристики действия пневмотранспортных установок обычно определяют следующие показатели:

1) производительность по твердой фазе – масса твердой фазы, переносимая через поперечное сечение трубы в единицу времени;

2) массовый или объемный расход транспортирующего агента – соответственно масса или объем газа, прошедшего через поперечное сечение трубы в единицу времени;

3) массовую расходную концентрацию m (в кг/кг) транспортируемого материала, равную отношению массового расхода твердой фазы к массовому расходу газа; различают установки с низкой ($m < 4$), средней ($m = 4 \dots 20$) и высокой ($m > 20$) концентрацией частиц материала; при транспортировании материалов в плотных слоях m может достигать 500...600 кг/кг;

4) скорость завала – скорость транспортирующего потока, при которой наступает завал (т. е. прекращение восходящего движения транспортируемых частиц в вертикальном трубопроводе), она связана со скоростью потока, при которой частица находится во взвешенном состоянии (скорость витания);

5) скорости транспортирующего агента и транспортируемого (перемещаемого) материала, равные отношениям соответствующих объемных расходов газа и твердой фазы к площади поперечного сечения трубы; скорость транспортирующего газа определяется порозностью (долей объема свободного пространства между частицами в единице объема, занятого слоем материала) и должна превышать скорость завала. Скорость перемещения материала в пневмотранспорте зависит от размера и плотности частиц, концентрации твердой фазы, плотности, вязкости и скорости газа. Скорость транспортирования пылевидных материалов низкой концентрации может приближаться к скорости движения газа; при пневмотранспорте в плотном слое скорость транспортирования обычно не превышает 4...7 м/с;

6) гидравлическое сопротивление – сопротивление движению газа, приводящее к потере механической энергии потока.

Так как теория пневмотранспорта разработана еще недостаточно, то для определения большинства названных величин используют обобщенные эмпирические зависимости, полученные в результате обработки экспериментальных данных для различных материалов. Эти зависимости приводятся в специальной литературе.

Конструкции пневмотранспортных установок различаются в зависимости от вида перемещаемых объектов и типа воздействия транспортирующего газа. Наиболее распространены установки для перемещения сыпучих материалов, в которых используется прямое или косвенное воздействие газа. В первом случае различают установки всасывающие, нагнетательные и всасывающе-нагнетательные, а во втором случае – аэрационные и аэротранспортные.

Конструктивные решения. Во всасывающей и всасывающе-напорной схемах между расходным бункером и приемной воронкой материалопровода необходимо оставлять разрыв 200...400 мм для формирования материало-воздушной смеси. Во всасывающе-напорной схеме материал проходит через вентилятор, что уменьшает диапазон применения подобных систем. В напорных схемах для ввода материала в материалопровод можно использовать эжекцию, но при этом повышается энергоемкость системы, поэтому следует добиваться максимальной герметизации дозатора, отсекающего материалопровод от атмосферы.

Вводить материал рекомендуется в вертикальный участок воздуховода. При вводе материала в горизонтальный участок следует применять специально разработанные узлы загрузки.

Одним из вариантов таких узлов может служить приемная коробка. Площадь живого сечения приемной коробки должна быть несколько меньше площади сечения материалопровода (на 8...12 %). На расстоянии 0,4 м от пола коробки крепится столик, на который падает материал, попадая сразу в часть струи, имеющей максимальную скорость. Уменьшение площади живого сечения коробки производится за счет толщины столика. Без применения приемной коробки материал падает на дно воздуховода и требуется дополнительная энергия для его подъема в воздух и разгона.

7.5. Рассуждения «зубра»

о проектировании аспирации столярных цехов

Приводимые здесь рассуждения специалиста по проектированию аспирации и пневмотранспорта деревообрабатывающих предприятий почти дословно взяты с сайта <http://stolventi.by.ru> с сохранением авторской стилистики, сленга, но исправлены явные грамматические ошибки. Надеюсь, что данный материал поможет студентам при проектировании пылегазоочистных установок.

7.5.1. О принципах расстановки станков в цеху

Некоторые пожелания по расстановке станков для эффективной вентиляции. Как известно, рейсмус царапается стружкой по заготовке, и, пожалуй, это самый засорный станок, ему нужно обеспечить зелёную улицу. Рейсмус размещают настолько близко к «пауку», насколько позволяют обстоятельства.

Шлифовальный, как известно, не засоряется вообще, и его лучше размещать как можно дальше к стене, и ещё лучше к двери или к окну, которое открывается и послужит дополнительной естественной вытяжкой летом и вынесет пыль в окно.

Фуганки размещают не в самом конце цеха, но можно и не близко к «пауку». У некоторых фуганков есть дурная манера «стрелять» по ходу движения заготовки. Это не смертельно, но может серьёзно доставать работающих недалеко, поэтому следующий станок желательно ставить в шахматном порядке.

Фрезеральный станок неприхотлив к вентиляции, он создаёт свой приличный ветер и, в принципе, может работать совсем без вентиляции, «по черному», но он опасно стреляет сучками и расколовшимися фрезами, поэтому его однозначно необходимо ставить к стене и чтобы по ходу были перегородка или простенок. Наверное, его иногда правильно ставят вдоль фуганка ступенькой. Но временами есть смысл несколько фрезерных станков ставить в каре, т. е. нерабочей стороной вместе, в центре по три четыре станка. Если заготовки не длинные, а технология предусматривает большое количество фрезерных операций, то тем самым выигрывается куча пространства, а место вдоль стен остаётся свободным.

Циркулярка тоже неприхотлива к вентиляции, но она шумная. И если можно выбирать, её ставят куда-нибудь подальше и лучше за перегородку. Если не хватает пространства у стен, то два фуганка можно ставить в центре нерабочими сторонами друг к другу, немного сместив их для обслуживания электрики.

Для других станков мы не видим особенностей расстановки. Применительно к столяркам, по законам Мэрфи и по нашему личному опыту, как станки ни расставляй и сколько ни думай – всё равно ошибёшься, и все до одного придётся переставлять или двигать. Поэтому ошибочно делать к ним сразу низовую подводку силовых кабелей в коробах или замуровывать в пол. Наверное, правильнее сначала делать верховую подводку, опускаясь вместе с воздуховодами, конечно хорошо заизолировав их. Но грубейшая ошибка – делать опалубку и замуровывать все намертво.

«Паук» ставится по центру цеха или по центру основного скопления станков.

7.5.2. О пользе пылеотсосников

Сравнительно недавно появился новый способ организации аспирации деревообрабатывающего производства, т. н. местные отсосы, в отличие от централизованной аспирации, которая использовалась широко с середины 50-х гг. Пусть джентльмены прочтут ниже и принимают правильное решение. Местные отсосы занимают дополнительно столько же места, сколько и станки, а, если учитывать шланги, которые до остервенения мешают, то и больше (см. рис. 7.3). Работа местных отсосов нестабильна и ухудшается по мере заполнения мешка, быстро стремясь к нулю. Площадь процеживания уменьшается пропорционально заполнению мешка и соответственно увеличивается сопротивление напора. Шланги местных отсосов недолговечны, их приходится часто восстанавливать и менять. Мешки тоже рвутся об острые края деревяшек и не сразу находится новый на замену, а пыль высыпается, и станок стоит. Местные отсосы способствуют сильному запылению цеха: мешки местных отсосов пропускают мелкодисперсные фракции, которые просачиваются через материю, они улавливают только опилки и стружку. Во время работы эта пыль бродит по цеху и не выносится наружу, как при централизованной вентиляции. Если делать фильтры из плотной материи, то резко увеличивается сопротивление и необходимо повышать мощность мотора, увеличивается шум, увеличивается потребление электричества. А ведь это электричество можно употребить с большей пользой на обогрев помещения, сделав мощный фирменный тёплый приток, электрический или какой угодно. Фирмы- «отсосники» нахраписто суют в нос клиенту, который растерянно чешет репу, цифры про сэкономленные килокалории. Как их считали? вспомните цифры о победном росте социализма, которые строчили седобородые академики, «честные независимые экономисты»! Да и кто их будет пересчитывать? В любых расчётах всегда можно сделать одну приятную для себя ошибочку, всего одну точку не там проставить. В нашем случае, если дело пойдёт, то на точку можно построить виллу, купить дорогой джип и т. д. Джентльмены, может вас хотят в очередной раз «обуть»? Но едем дальше по сабжу. Простирая руки к небу, с благородным пафосом наши друзья фирмы- «отсосники» у нас и за «пригорком» истерически кричат об экологичности отсосов, что они «всегда, везде и всем!». Но, джентльмены, давайте снова рассудим здраво: когда мешки пересыпают в ящики на улице, то от этой экологии все разбегаются на 50 метров и за стены. Далее: древесные отходы – это благородные отходы, особенно отходы хвойных деревьев, в них фенолы, убивающие микробов. Честно говоря, Столь-вент тащится от них, когда заходит в цех. И пусть они будут в каждом доме. Почему вам нравится бродить в хвойном лесу? Ядовиты только,

пожалуй, отходы деревоплиты. Но у той, очень мелкой пыли, которая процеживается через мешки местных отсосов и затем гуляет по цеху, особый въедливый запах. Стольвенту он не нравится, и у него против этой пыли очень сильные подозрения. И, наконец, правильно подобранный циклон и грамотно сделанный, прекрасно выполняет свою работу. Временами смотришь на работающий циклон ЦН-15 и сразу нельзя понять, а работает ли вообще вентилятор. Когда цех стоит в стороне от жилья и санитары далеко, то зачем она нужна – экология, если на вашем циклоне и бункере слой дорожной грязи, смешанной с автомобильным выхлопом толщиной с палец. Будет лучше, если её прикроют опилки. Так что про экологию тоже напрасное кипение: и вас, джентльмены, опять пытаются «обуть». При работе вместе с работающим станком появляется дополнительный шум, достигающий зачастую запредельного уровня. Это создаёт дискомфорт, который, в свою очередь, влияет на качество (как известно, от шума устают), да и не последняя причина текучести кадров в цехах с местными отсосами. В сумме общая мощность нескольких вентиляторов может превышать мощность отдельного вентилятора центральной вентиляции. В интенсивно работающем цехе требуется специальный работник по удалению мешков. За два, три года его зарплата в итоге может быть сравнима со стоимостью работ по установке и монтажу централизованной вентиляции. Местные отсосы пожароопасны: мелкие, незаметные искры, возникающие иногда при работе циркулярок с твердыми породами дерева попадают в мешок. Они горят очень коварным, т. н. бездымным, горением, т. е., профильтровываясь через опилки, дым становится прозрачным и потому невидимым, как в утреннем костре, который на удивление можно раздуть. Пыль с материей начинают тлеть и через 4...8 часов к вам придет красная казённая машина со страшным рёвом, чему Стольвент и был свидетель однажды. Но одного раза хватит на всю оставшуюся жизнь. При отсоединении мешка от отсоса, при выносе его появляется дополнительное запыление. Несколько вентиляторов (вместо одного централизованного) уменьшают надёжность и увеличивают расходы на обслуживание. Далее, говорят, что общая вентиляция уносит тепло, и это правда, с которой трудно спорить. Но давайте, джентльмены, снова встанем на точку зрения здравого смысла. Столярки существуют давно, и люди как-то жили с этой проблемой, делали прекрасную мебель, строили ракеты и коммунизм. Чаще всего столярки делили как бы на 2 части: станочную и отделочно-сборочную. В станочной, как вы догадываетесь, стояли станки и было не совсем тепло и всегда шумно. Но это была только часть цеха для обогрева. Столяр, отработав в ней на станках, перемещался в другую, лучшую половину, где было тихо, тепло и сухо и где у него по стенам висели всякие призывы. Напомним тем, кто не слышал или не хочет слышать: когда по-

мещение быстро остывает, то штатные обогревательные приборы по стенам работают в усиленном режиме теплоотдачи, в несколько раз больше, чем обычно, и смягчают проблему. Далее, работающий и остывающий (!) станок тоже сильный нагревательный прибор, и он в ту же копилку. Да и сами люди-бионагреватели; цинично звучит, но тепло людей всегда берут в расчёт при проектировании обогрева. Продолжаем тему. Вспомним, что у нас зима бывает только раз в году, а не весь год, и тепло – это не глобальная, а сезонная проблема. И, наконец, когда совсем холодно в станочном отделении, можно одеть и фуфайку, и Стольвенту лучше в фуфайке, чем в коварном тепле с душными местными отсосами!



Рис. 7.3. Цех, кишасий местными отсосами

В итоге: местные отсосы принимаются как временный компромисс при старте небольшого деревообрабатывающего производства. А затем, рано или поздно, стабильному производству приходится отказываться от них. Но этот компромисс, по мнению Стольвента, довольно сомнителен и едва ли оправдан. Местные отсосы в глазах серьёзных клиентов могут представляться признаком неблагополучия фирмы или началом её раскрутки с неустановившимся качеством изделий. Серьёзным препятствием для установки «общака» называют недостаток места для бункера, но при этом всегда находится место для ящика, в который высыпают мешки. Да и ему тоже нужен грузовой подъезд. Далее, говорят, что, может быть, придётся переезжать. Но грамотно сделанную вентиляцию можно почти целиком перенести в другое место и установить за-

ново: циклон, «паук», отводы, переходы, шибера, воздуховоды и т. д. Потому, что грамотная фасанина, она и в Африке будет той же грамотно сопрягаемой фасаниной. Может быть, только с некоторой доработкой. Стольвенту известен случай, когда её вентиляцию переносили 5 раз, а затем ещё и продали (практически за те же деньги)! Говорят про дороговизну бункера, но, опять же, не обязательно городить египетскую пирамиду: можно найти готовый. И ещё, можно сделать под циклон небольшой пересыпной бункер и даже временный пересыпной ящик и дожить до зажиточных времён. И последнее: Стольвент не против новых технологий аспирации и даже с большим уважением относится ко многим из них, но ему особое удовольствие доставляет наблюдать, когда отсосы брезгливо выносят из цеха, где уже сделана им общая вентиляция, и грузят в кузов очередному лоху. Но круче, когда их просто выносят на свалку и они становятся маленьким локальным кладбищем несбыточных мечтаний.

7.5.3. «Ёлочка» или «паук»?

«Ёлочка» или «паук»? Или по-научному – кустовое (коллекторное) или разветвительное соединение с магистралью, главным воздуховодом, который идёт к вентилятору (рис. 7.4). Ответ готов: всегда «паук», а «ёлка» только по приговору суда. Но если у вас очень маленькое помещение, 2–3 станка вспомогательного назначения при производстве не деревообрабатывающего профиля, тогда можно и рисковать: у «ёлки» меньше шума и сопротивление заметно меньше, и к тому же «штаны» проще вписать в помещение. Но если вы построите «ёлку» в большом цехе или в цехе с большим количеством станков, а затем решитесь их передвигать, что неизбежно как склероз, то получите «два переезда и один пожар», вместе взятые. Подробнее. Вы сделали «ёлку», диаметр которой расширяется по мере подключения станков и приближения к вентилятору. Далее: вам приспичило поставить станок с большим расходом (куда-то в дальний конец) в начало «ёлки», а там диаметр-то начальный, а значит узкий, а значит и ослабленный напор.

Но иногда имеет смысл делать смешанную вентиляцию, т. е. для основной группы мелких станков «паук», а для редко работающих больших станков, например многосторонних, делать ответвление или несколько ответвлений от основной магистрали, закрывая или открывая, по обстоятельствам, их шиберами, т. е. работая в поочередном режиме (рис. 7.5), а если напор позволяет, то и в совместном.



а



б

Рис. 7.4. Соединение газоходов: *а* – «ёлочка»; *б* – «паук»

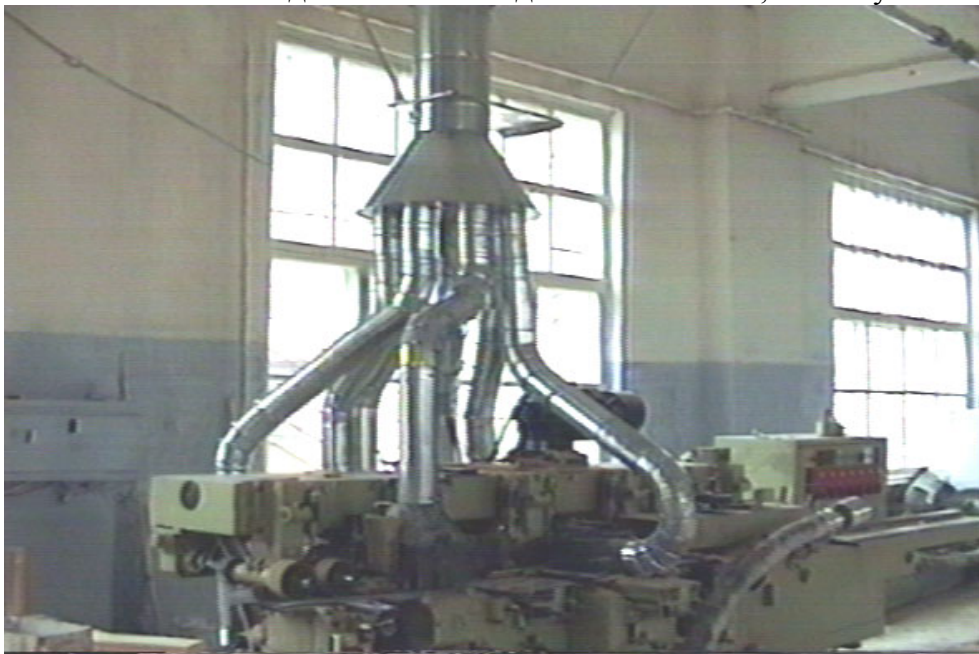


Рис. 7.5. «Паук» четырёхстороннего станка со стальными воздуховодами

«Паук» устанавливают в центре цеха или в центре основного скопления станков, и нужно ещё стремиться, чтобы он был ближе к вентилятору, стараясь по максимуму укоротить магистраль. Его изготавливают из толстой жести 0,8...1 мм или сварной. Зеркало «паука» ставят вертикально или горизонтально. Твори, выдумывай, пробуй!

Иногда при достаточном напоре в аспирации и при хорошем «уносе» в столярном цехе замечается большая запылённость вблизи шлифовальных станков или вблизи участков ручного шлифования. Не следует торопиться жаловаться на недостаточный напор и переделывать систему аспирации. Проблему можно частично или полностью решить уста-

новкой на соответствующих участках т. н. местных автономных фильтровальных тумбочек. Они бывают разного типа, чаще всего размером со стиральную машину, и не требуют особой установки – достаточно воткнуть вилку в «маму» и время от времени вытряхивать или менять фильтры. Также зачастую жалуются на то, что у четырёхсторонних, фу-ганков или других станков появляются стожки стружек непонятного происхождения. Бывает также, что станок сильно сечёт стружкой в лицо работающего на нём столяра, и он хватается вентиляционника за грудь и говорит ему «всю правду» в лицо, при этом часто вспоминая его мать. Но не по адресу. Это всегда так называемые отскоки. Чаще всего результат неудачного или неряшливого проектирования самого станка (точнее несогласованной работы фрезы и её воздухоприёмника), смещения или разрегулирования отбойников (деталей станка, которые изменяют полёт стружки) или износа защитных деталей станка. Следует особо заметить, что с отскоками, как с тараканами, бороться не просто. Отскок живёт своей самостоятельной жизнью и летит туда, куда он хочет, как пчела, не обращая ни малейшего внимания на вентиляцию, т. к. его скорость и масса слишком велики, чтобы его подхватил и унёс поток захвата. Бороться с ним можно только установкой дополнительных отбойников, стальных, пластиковых или из плотной резины, если позволяет конструкция станка. Но делать это следует осмотрительно, т. к. изменив направление полёта, отскок может после этого засыпать шкив, крыльчатку вентилятора или какой-нибудь другой жизненно важный орган. Для того чтобы избавиться от отскока, приходится иногда переделывать воздухоприёмный патрубок, или проще – заборник. Вообще, заборники (главный момент искусства аспирации, а не проектирования, как думают многие) в идеале должны быть сделаны и установлены так, чтобы струя или осыпь стружки и опилок попадала через переходы полностью в полость воздухоприёмного патрубка, и там она должна сливаться с потоком воздуха вентиляционной системы, т. н. потоком захвата. Потому грубейшая ошибка, когда патрубки ставят в противоход струе или в стороне, просто душно воображая, что сила напора «оттянет» и подхватит стружку. Она по жизни намного слабее, чем кажется некоторым «наивным мечтателям». К сожалению, этим страдают и некоторые западные изготовители красивых никелированных станков, с многоцветными голографическими лейблами и подставками для чашечки с кофе, от которых порою трудно оторвать глаза. И тогда сварщику болгаркой и копчёной газовой горелкой приходится терзать никелированное чудо до тех пор, пока не получится поставить заборник туда, где ему положено стоять по законам здравого смысла и православия. А рядом стоит хозяин и жалобно лопочет что-то о потере гарантии.

Когда, от проскоков в циклоне нет жителя, и экологи беспрерывно кружат над вами как, стервятники – грифоны, а от хлопающих дверей проверяющих постоянные сквозняки, нет повода для отчаяния: ситуацию можно взять под контроль. Для этого в начале из выпуска циклона точно тем же диаметром делаем опуск в специальный шкаф. Сопротивление аспирации немного увеличится, но это необходимая жертва, которая позволит вам в будущем жить тихо, как овощ. А со шкафом, как вы уже догадались, можно делать всё, что угодно: экспериментировать с фильтрами, через которые можно сочинить возврат тёплого воздуха в рабочую зону или в зону сушки или выпускать его в «белый свет как в копеечку». Если фильтры подсадут напор, то необходимо разогнать вертушку. Летом возврат за ненадобностью можно выключать.

7.5.4. О выборе и достоинствах циклонов

Никакой циклон (см. рис. 7.6) не способен очищать воздух на 100 %, т. е. полностью. Даже 3 % проскока считается максимальным и отличным результатом. Обычно намного больше. Тем более сложно «чистить» в деревообрабатывающем производстве, где фракции (то, от чего очищают воздух) сильно различаются. Стружка твёрдых пород с большой подачей или мельчайшая пыль хвойных деревьев на шлифовальных станках, согласитесь – две огромные разницы.

Первую можно выносить совковыми лопатами или делать для неё простой ящик (ссыпник) вместо бункера и сыпать без циклона, почёрному (Стольвент видел такое), вторая – почти газ и требует газовых циклонов тонкой очистки. Но в одном цехе бывает и то и другое, какой же тут циклон следует выбирать? Если ваш цех рядом с жилыми домами, то жди наездов экологов, санинспекций, которые, как напёрсточники, всегда вытащат Вам тот приказ, про который вы ничего не слышали. И здесь следует чистить по максимуму. Для этого циклон следует делать как можно уже, степень очистки повышается. Но повышается и сопротивление. А, значит, вертушка нужна мощнее, но тогда и рёв от неё будет как от Ниагарского водопада. Но, с другой стороны, циклон иногда «блюёт», – это когда бункер переполнен. И Стольвент ещё не видел цеха, с которым бы это не случилось систематически. Так вот, циклоны всегда «блюют», и за каких –нибудь 10...30 минут, а то и больше вам будет столько «проскоков», что и не сосчитать. Но тогда как же? Готовые и всегда точные решения выдаёт банкомат. У него работа такая.

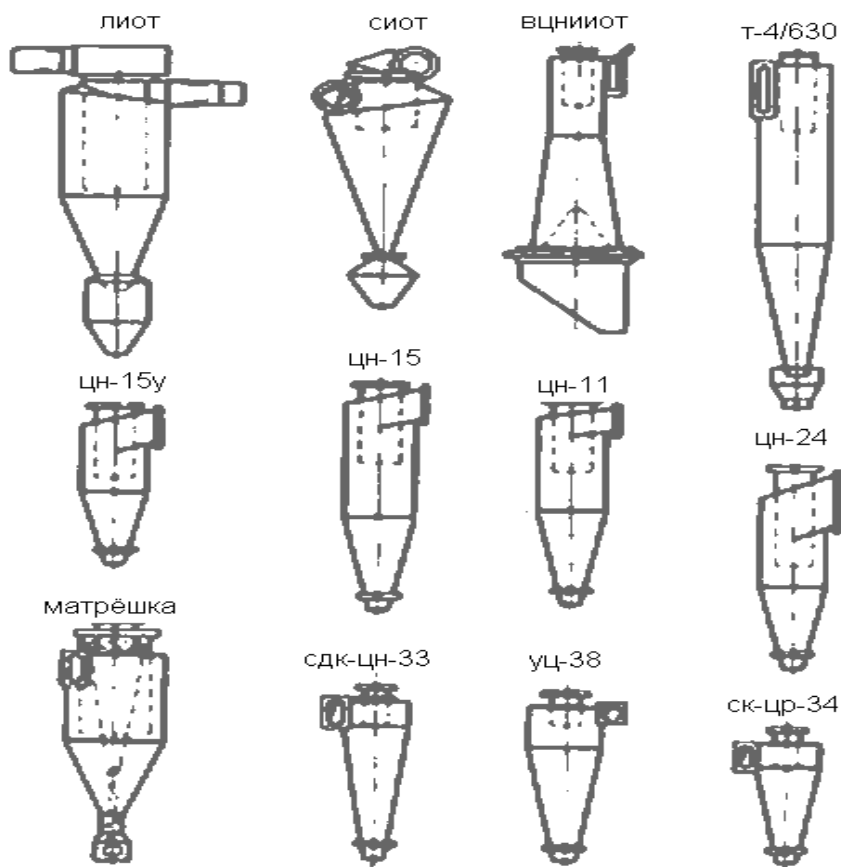


Рис. 7.6. Виды циклонов

Теперь о циклонах типа «К» («груши», «башни молчания») Клайпедского разлива. Горы металла и минимум здравого смысла. И часто мелькает информация, что их запрещают, как неэкологичные. Но их всё-таки продолжают делать, но самое смешное – их продолжают покупать! У богатых свои причуды. Недостатки: дорогие, громоздкие, сложные в изготовлении, не экологичные, трудные в монтаже и обслуживании: попробуйте их обвязать, а потом полазить, у них никудышная очистка, вокруг всегда жёлтые луга стружек.

Важные итоговые замечания о циклонах. Наблюдая за тем, как многие сладострастно мечтают о какой-то конкретной, экзотической модели циклона, желая быть счастливыми с ним на долгие годы, хочется сказать: «Мужики, не парьтесь, циклоны – это не меньшее шаманство, чем компьютер!». На работу циклона влияет очень много факторов, которые делают его поведение почти непредсказуемым. Это: открывание дверей и окон в помещении, количество одновременно работающих

станков и их одномоментное расположение, сезон года, погода, материал, поступающий в циклон, состояние бункера (его наполненность, плотность крышек и дырки в нём), изменение расположения станков, приобретение нового оборудования, перестройки в цехе и т. д. и т. п. Поэтому попасть в десятку можно только по счастливой случайности и только на короткое время, потому что в циклонах десятки практически быть не может, а бывают только «её направления».

Прежде всего, циклоны различаются по номерам: 3-й, – значит, 300 мм диаметр, если 8-й, значит, 800 мм. Чем больше диаметр, тем больше расход воздуха, который он способен пропускать через себя, который в свою очередь зависит от количества станков в цехе. Для того чтобы увеличить качество очистки, уменьшают диаметр циклона или увеличивают напор, добавляя скорости вращения вентилятора. Иногда ставят по два циклона, чтобы увеличить расход и «не забираться под облака».

Далее, циклоны различаются по направлению вращения (вихрей внутри): правые и левые – это только для того, чтобы пристроить лучше по месту или согласовать, когда циклоны стоят попарно.

ЦН-15 – самый распространённый в стружкоудалении. Достаточно хорошо «чистит», переваривает приличный расход (количество воздуха в секунду напрямую связано с количеством станков). Цифры у «ЦН-ов» означают угол наклона входного патрубка к горизонтали.

ЦН-15У – то же самое, но укороченный, когда необходимо вписать по высоте. Чистит по определению хуже – плата за высоту.

ЦН-11 чистит лучше, чем ЦН-15, но расход намного меньше – плата за чистоту.

ЦН-24 переваривает больший расход, чем ЦН-15, но чистит хуже: входной патрубок круче, значит спиралей меньше и осыпание у него хуже.

Матрёшка-циклон – «ровесник революции». С сепаратором внутри (обечайка с жалюзьями) и коническим разделителем «вихрей». Много легенд среди профессионалов, но напрасно.

СИОТ треугольные входные патрубки против слёживания, употреблялся в цементных делах. По ошибке его ставили иногда и на столярки кое-где.

ВЦНИИОТ тоже видел на столярках. Противоабразивный. «Знатки» ставили по ошибке, а может быть другого не было под рукой. Здесь другой – противоабразивный, фирмы Кондор-эко.

ЛИОТ – в своё время считался «чудом прогресса» и все его ставили в пример. Устарел, проигрывает ЦН-м по расходу и сопротивлению.

УЦ-38, часто применяется в столярках. Чистит хуже и сопротивление больше, чем у ЦН-в, при одном и том же диаметре. Из него посто-

янно что-то сыплется через верх в любое время суток и при любой погоде.

7.5.5. О выборе бункера

Бункеры служат для сбора опилок и стружки в аспирации столярных цехов.

Толщина металла стенок бункера 1,5...2 мм. Опоры бункера делаются из швеллеров от 140 мм или труб 130 мм, болты 3...4 кг 6 мм и 8 мм 2 кг. Прутки для распора циклонов 4 шт. на циклон (14...16 мм длиной 2,5 м). Металл для площадки обслуживания вентилятора по вкусу джентльменов.

Размеры бункера: обычно 12...16 кубометров, 2 или 3 кузова (если кузов 5 кубометров), но это при условии, что в цехе нет активно работающих четырёхсторонних. Если есть, то возможны варианты. Уверяют, что стружка идёт обычно 1 к 1 кубу выработки. И также говорят, что четырёхсторонник может в день обработать 11 кубов. Если делать бункер слишком больших размеров или слишком вытянутый вверх, то есть риск, что стружка слежится под большим весом верхних слоёв и её придётся сильно «ковырять» при выгрузке и даже забираться внутрь него, и понятно, – если плоский, то будет плохо сыпать. Мечта для водителей – проездной бункер, но чаще всего строят тупиковый, с въездом задом. Люк обязательно откидной, но не задвижной – будут проблемы с подмерзаниями. Откидываться люк должен предпочтительней по ходу автомобиля и назад, чтобы он смог подниматься или опускаться, если заденет кабину или борт из-за невнимательности водителя. И всегда, разумеется, выше кабины и предполагаемого «стожка» с брезентом. Ещё люк должен максимально плотно прижиматься, чтобы не было аэродинамического подсоса, быть на петлях и одном или двух барашках. Вообще бункер должен быть идеально закупорен по этой же причине. Пирамида бункера делается чаще всего 60° по граням: при таком угле нормально сыплет и не залегаёт на гранях. Обычно Стольвент рекомендует делать бункер кубом: 2,3×2,3×2,3 (стороны под один размер и выглядит приятно) и пирамидой высотой 1,6 метра. При таком раскладе объём бункера – 16 кубометров, и всё сооружение будет немного менее 4 метров. Но советы наши, а деньги ваши!

Наверху бункера (рядом с конусом циклона) делают ещё отверстие 500×500 мм для аварийных ситуаций. Оно должно иметь плотную крышку и быть всегда закрытым. Высота нижней части бункера выше верхней точки предполагаемого кузова: чаще всего 2,20...3,00 метра плюс толщина сугроба.

Бункеры варят из металла 1,5...3,0 мм. Можно брать металл тоньше, но тогда бункер может дышать и даже сильно дребезжать при работе вентилятора, и его придётся «прожиливать» (см. рис. 7.7), т. е. наваривать по диагонали уголки, везде или в местах сильного дребезга. Бункеры варят на земле и затем поднимают краном, на заранее врытые под размер бункера стойки (см. рис. 7.7, 7.8). Это швеллера от 140 мм или трубы от 130 мм. Наверное, это не самая удачная идея. Чаще, и это может быть удобней, варят сразу бункер со стойками, затем ставят в ямы и потом выравнивают и заливают бетоном. И третий вариант: то же самое, но варят стойки с пятками, приваривают к бункеру, и затем всё вместе ставят на готовые тумбы с закладными или большими болтами. Это так же, как ставят высоковольтные опоры. Верхнюю площадку хорошо делать с едва обозначенной пирамидкой, высотой 100 мм для стока воды от центра на края, чтобы не было ржавого застоя, от которого много неприятностей разного рода. Но не следует делать пирамидку слишком круто.



Рис. 7.7. Бункер из тонкого железа с ребрами жесткости (прожилинами)



Рис. 7.8. Компоновка ПГУ

На металле с наклоном зимой уедешь, как с горки. Пирамидку делают так: размер верхней площадки берут с небольшим перебором и, когда прихватывают (середины, но не углы!), её немного выпучивают. На верхней площадке обязательно варивают смотровой люк для выравнивания стружки (когда она ложится стожком и неравномерно, подбираясь к конусу и перекрывая его при полупустом бункере) и ещё для

вытаскивания предметов, для проверки и очистки конуса циклона, на который постепенно налипают смолистая «бодяга». Его врезают так, чтобы он был на пути от лестницы к конусу циклона и чтобы можно достать рукой конус, не влезая в бункер, для проверки и прочистки. Смотровой люк должен быть всегда и плотно закрыт, чтобы не было подсоса в циклон, который начинает пылить при открытом люке и других отверстиях.

Лестницу варят обязательно с наклоном, так, чтобы на ней можно было устоять без рук: это нужно для большей безопасности и перехвата. Отвесная лестница – грубая ошибка бестолковых сварщиков. Разумеется, чем отложе лестница, тем лучше, и ещё лучше, – когда она ступеньками. Располагают её со стороны вентилятора и сбоку, перпендикулярно, а не параллельно стенке бункера, и хорошо, когда рядом с «гусак» (воздуховодом, идущим к циклону). Если лестница рядом с гусак, его проще монтировать и разбирать при необходимости. Конечно, неплохо под стойки делать укосины со всех сторон, чтобы бункер не колыхался при ветре и т. д. И, наконец необходимы фальш-борты (ограждение). Высота их должна быть выше центра тяжести человека среднего роста. Если ниже, то, подскользнувшись задом, центр тяжести по законам физики перевернется и вместе с вами полетит к одной из четырех прабабушек с высоты окна третьего этажа, не дай бог! Задом Вы не сможете ухватиться. Наверное, метр или немного более. Можно с трёх сторон бункера вешать закрывающий брезент, для того чтобы по округе при ветре не летела пыль при разгрузке, если в этом есть острая необходимость.

Некоторые, желая, чтобы всё было как лучше, делают бункер в форме волчка: рассчитывают, что опилки лягут стожком и будут равномерно заполнять верхнюю часть бункера, которая у них тоже сделана в виде стожка (верхняя часть волчка). Но стожок будет тогда, когда бункер идеально закупорен, нет ржавых отверстий, нижний люк с уплотнительными резинками и плотно прижимается винтами и т. д. Если есть подсосы, а они, по опыту, есть всегда, (или быстро появляются потом) то опилки будут ложиться в бункере как раз наоборот – воронкой. И, значит, все немислимые старания по изготовлению «супербункера» – артель напрасный труд. Кроме того, бункер-волчок сам по себе имеет объём, приблизительно втрое меньший, чем кубический при одинаковой высоте. Опилки в «кубическом» бункере можно быстро разгрести лопатой через верхний люк, если они ложатся стогом (Стольвент видел это только один раз в жизни!), и это дело трех минут. Иногда рассчитывают, что у «волчков» намного лучше аэродинамика и меньшее сопротивление. Может, и лучше процента на три, при удачном соответствии с аэродинамикой самого циклона (а это очень «тёмный лес», да ещё глубокой ночью и в дождливую погоду!), но умопомрачительная слож-

ность, дороговизна изготовления, небольшой объём и неудобство обслуживания делают такие бункеры глупым понтом, как звёздочка мерседеса на капоте «запора».

На рис. 7.9 примерная схема, как всё должно быть.

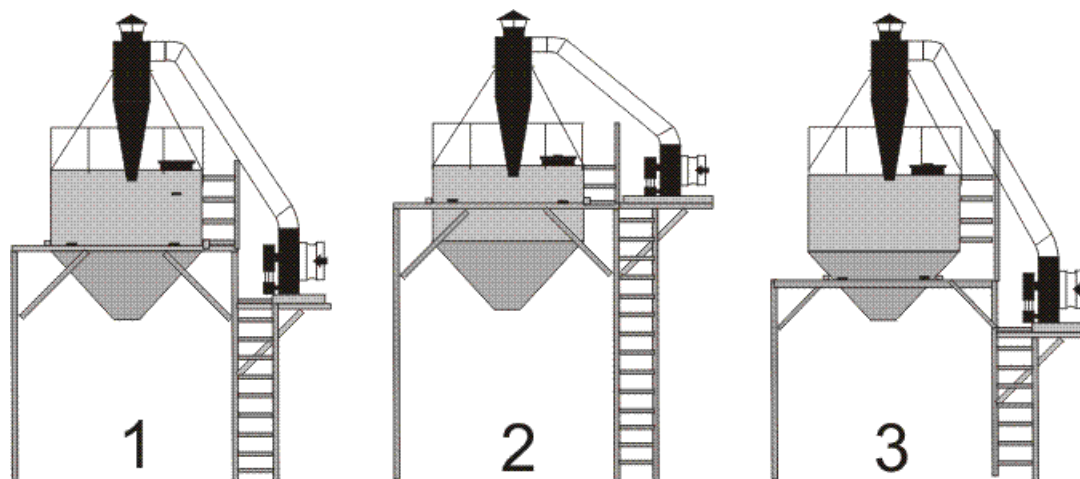


Рис. 7.9. Разные варианты установки бункера и вентиляторной площадки

Если лестницы варить напряжёнка, то можно приставить временно деревянные.

7.5.6. Советы по обслуживанию аспирации в столярном цехе

Советы «зубра» выглядят следующим образом:

- Перед включением вентилятора не помешает посмотреть, не было ли перед этим выброса через верхнюю часть циклона.
- Если был выброс, то после разгрузки бункера не помешает убедиться, что конус циклона тоже пуст, т. к. он иногда бывает утрамбован, и тогда всё повторится снова: желтый снег среди жаркого лета. Завораживающее зрелище!
- Непосредственно перед включением желательно закрыть все шиберы, т. к. в этом случае пусковой ток вентилятора будет меньшим. Иногда это важно.
- Вообще, открытые нерабочие шиберы – это лишний шум, лишние потери тепла зимой, потеря давления на работающих станках и лишняя нагрузка на вентилятор.
- Включать систему предпочтительно в полной тишине для того, чтобы прослушать звук начинающего работать вентилятора. Особенно это важно после больших пауз в работе: выходные, многодневные праздники и т. д.
- Если при включении слышно надсадное гудение, то чаще всего это потеря фазы в «пакетниках» или ещё где-нибудь, и в этом случае

нужно немедленно выключить вентилятор. До «летального» исхода у Вас есть от нескольких секунд до полминуты, иначе «горшок» (двигатель) понесёте в перемотку или в морг. Может гудеть из-за того, что подмёрзла крыльчатка: если вертушку заливают водой с крыши, то в межсезонье она может замёрзнуть. А это уже маленький кошмар.

- Звук падающей дроби или картечи означает, что в напряге подшипники, и они могут рассыпаться. И тогда – ужасный грохот, а потом звенящая тишина. От неё часто механики громко воют и несколько дней плохо спят: снимать искорёженную крыльчатку, снимать вентилятор, затем везти куда-то балансировать и т. д. И цех может простоять несколько дней. А горшок часто поджаривается. В общем если прозевать подшипники, то может повезти как, Титанику в Атлантическом океане.

- Частые глухие удары – дисбаланс: возможно попала в вертушку тряпка, грязь или лёд. Если это будет продолжаться долго, то может постепенно всё рассыпаться в радиусе полкилометра: открутятся болты, разлетится сварка.

- Низкий шипящий шум – засор.

- После окончания работ вентилятору следует дать поработать некоторое время, – наверное, до минуты. Это нужно для того, чтобы стружка полностью ушла в бункер и не ложилась в воздуховодах и магистралах.

- Воздуховоды неработающих станков следует продувать не менее 1 раза в три дня, открыв шибер на некоторое время, чтобы не было засыпания обратной тягой остановленного вентилятора. Джентельмены, наверняка замечали, что при уборке рейсмуса после выключения вентилятора на его столешнице опять появляется стружка. Эта стружка как бы приносится из воздухопроводов после выключения вентилятора обратной тягой в системе, и она засыпает воздухопроводы неработающих станков. Воздух отпружинивается в системе и немного дует назад, увлекая в обратную сторону не долетевшую до бункера стружку.

- Иногда в улитке вентилятора появляется характерный стук: как будто, там болтается чурка. Это может означать, что в улитке чурбанчик, который она не может выбросить в бункер. Здесь есть два варианта: открыть все шибера сразу, чтобы усилившимся напором улитка, наконец, смогла выбросить чурку. А если это будет продолжаться некоторое время, то чурка постепенно измочаливается, теряет вес и её в конце концов уносит в бункер.

- Спринцевать «свинью» (приводной узел) не реже одного раза в полгода, тем самым вы увеличиваете срок службы подшипников и не будет всяких неинтересных приключений на работе. Предположительно: солидол, тавот, циатим, некоторые льют автол. В зимнее время луч-

ше закрывать на ночь все шиберы, чтобы в морозные дни не было конденсата на трубах и подмерзаний.

- Полезно поглядывать на улитку вентилятора и её основание на предмет крепежа. Иногда она приносит сюрпризы: от вибрации, которая всегда есть в работающем вентиляторе, разбалчиваются болты и разваливается сварка.

- Нельзя работать с одним или двумя открытыми шиберами, т. к. уменьшается напор и иногда происходит залегание и спрессовывание (особенно сырой) стружки в магистрали. Минимальное количество работающих шиберов определяется практически.

- Особенно неприятная ситуация может возникать на пилорамах, т. к. там опилки по определению сырые и могут подмерзнуть достаточно быстро, последствия: танцы у костра с воздуховодами.

- Если в сети, связанной с вашим вентилятором, работал электрик, то после этого обязательно проверьте направление вращения вентилятора. Они иногда меняют фазы и направление может измениться на противоположное. Хотя вентилятор тянет и в обратную сторону, но только на 40 % от номинальной силы, электрики никогда не сознаются в этом и стараются замести следы диверсии. Следует сказать особо, что электрик – самый опасный «хищник» для вентиляции. Нужно внимательно следить за его перемещениями и проверять его работу.

- По случаю неплохо проверить контакты «пакетников». Они по разным причинам подгорают, теряется фаза и далее по тексту...

- Под раму вентилятора следует обязательно подкладывать резину: обычно 4 слоя диэлектрических ковриков 100×100, подойдут нарезки в несколько слоёв от камер грузовых автомобилей. Это сохраняет подшипники.

7.6. Состав проекта новых производств

Этой работой занимаются специализированные фирмы, имеющие лицензию на все виды проектных работ, учитывающие производственные и финансовые мощности Заказчика и Генподрядчика.

Такой подход позволяет производить строительно-монтажные работы с максимальной эффективностью (цена – качество – сроки).

Имеются регламентированные стадии проектирования:

1. Предпроектное предложение («эскизное предложение»).
2. Проект (он же «утверждаемая часть»).
3. Рабочий проект (он же «рабочая документация»).

Возможны следующие виды проектирования: одно-, двух- и трех-стадийное. Виды проектирования включают в себя:

- Одностадийное – рабочий проект.

- Двухстадийное – предпроектное предложение, рабочий проект.
- Трехстадийное – предпроектное предложение, проект, рабочий проект.

Выбор стадийности проектирования осуществляется Заказчиком и обусловлен исходными данными по объекту проектирования (объекту).

В общем целесообразность каждой стадии можно обозначить следующим образом:

- Предпроектное предложение – необходимо для получения комплекта исходно-разрешительной документации и акта разрешенного использования, т. е. документов, дающих право на проектирование объекта.

- Проект – позволяет специалистам согласующих инстанций дать адекватное заключение о надежности и возможности эксплуатации объекта, т. е. документов, дающих право получения разрешения на строительство объекта.

- Рабочий проект – объем документации позволяет произвести плано-подготовительные работы и осуществить строительномонтажный процесс.

В результате работы проектировщика на свет появляются следующие документы:

Том 1. Предпроектное предложение – один том в составе:

Титульный лист.

Копия лицензии проектной организации.

Пояснительная записка.

Технико-экономические показатели объекта.

Ситуационный план.

Схема генерального плана.

Поэтажные планы с экспликациями помещений.

Характерный разрез (разрезы) с конструктивными «послойками».

Фасады.

Варианты цветовых и объемных решений.

Существующее положение.

Фотомонтаж на существующем положении.

Развертка по улице.

2. Проект:

Том 1. Общая пояснительная записка.

Том 2. Генеральный план и транспорт.

Том 3. Архитектурные решения.

Том 4. Технологические решения.

Том 5. Конструктивные решения.

Том 6. Проект организации строительства.

Том 7. Инженерное оборудование (водоснабжение, канализация, отопление, вентиляция, электроснабжение).

Том 8. Слаботочные сети и системы.

Том 9. Охрана окружающей среды.

Том 10. Мероприятия ГО и ЧС.

Том 11. Инженерные сети. Наружный водопровод.

Том 12. Инженерные сети. Наружная канализация.

Том 13. Инженерные сети. Газоснабжение.

Том 14. Инженерные сети. Тепловые сети.

Том 15. Инженерные сети. Электроснабжение.

Том 16. Сводный сметный расчет.

3. Рабочий проект:

Том 1. Общая пояснительная записка.

Том 2. Генеральный план и транспорт.

Том 3. Архитектурные решения.

Том 4. Технологические решения.

Том 5. Конструкции железобетонные.

Том 6. Конструкции металлические.

Том 7. Архитектурно-строительные решения.

Том 8. Проект организации строительства.

Том 9. Инженерное оборудование: водоснабжение.

Том 10. Инженерное оборудование: канализация.

Том 11. Инженерное оборудование: отопление.

Том 12. Инженерное оборудование: вентиляция.

Том 13. Инженерное оборудование: электроснабжение.

Том 14. Слаботочные сети и системы.

Том 15. Охрана окружающей среды.

Том 16. Мероприятия ГО и ЧС.

Том 17. Инженерные сети. Наружный водопровод.

Том 18. Инженерные сети. Наружная канализация.

Том 19. Инженерные сети. Тепловые сети.

Том 20. Инженерные сети. Электроснабжение.

Том 21. Инженерные сети. Газоснабжение.

Том 22. Сводный сметный расчет.

В зависимости от объекта, заказчика и проектной организации названия, перечень и содержание этих документов в какой-то степени могут меняться.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Трушкевич А. И. Организация проектирования и строительства. – Минск: Высш. шк., 2004. – 416 с.
2. Родионов А. И. Защита биосферы от промышленных выбросов. Основы проектирования технологических процессов: учеб. пособие /А. И. Родионов, Ю. П. Кузнецов, Г. С. Соловьев. – М.: КолосС: Химия, 2005. – 387 с.
3. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: учеб. пособие: в 4-х ч. / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – СПб.: Профессия, 2002.

Вспогательная

4. Ананьев В. А., Балуева Л. Н., Гальперин А. Д. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. – М.: Евроклимат, 2000. – 416 с.
5. Балабеков О. С. Очистка газов в химической промышленности. Процессы и аппараты / О. С. Балабеков, Л. Ш. Балтабаев. – М.: Химия, 1991. – 250 с.
6. Беккер А. Системы вентиляции. – М.: Евроклимат, 2005. – 231 с.
7. Белевицкий А. М. Проектирование газоочистных сооружений. – М.: Химия, 1990. – 288 с.
8. Инженерная защита окружающей среды в примерах и задачах: учеб. пособие / под ред. О. Г. Воробьева. – СПб.: Лань, 2002. – 288 с.
9. Каледина Н. О. Вентиляция производственных объектов: учеб. пособие. – Новосибирск: НГТИ, 2000. – 192 с.
10. Каменев П. Н., Тертичник Е. И., Орлов К. С. Монтаж санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования: учебник. – М.: ИРПО, 1999. – 242 с.
11. Свистунов В. М., Пушняков Н. К. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: учебник для ВУЗов. – СПб.: Политехника, 2004. – 322 с.
12. Сибикин Ю. Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Academa, 2004. – 304 с.

Справочники

13. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 3. Кн. 1. Вентиляция и кондиционирование воздуха: в 3 ч. / под ред. Н. Н. Павлова и т. д. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.
14. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическому сопротивлению фасонных и прямых частей трубопроводов. – М.: ЦАГИ, 1950. – 246 с.
15. Меклер В. Я. Вентиляция и кондиционирование воздуха на машиностроительных заводах: справочник / В. Я. Меклер, П. А. Овчинников, Е. П. Агафонов. – М.: Машиностроение, 1980. – 335 с.
16. Насосы. Вентиляторы. Кондиционеры: справочник / под ред. Е. М. Рослякова. – СПб.: Политехника, 2006. – 822 с.

17. Пневмотранспортное оборудование: справочник / под ред. М. П. Калинушкина. – М.: Машиностроение, 1986. – 286 с.
18. Промышленная трубопроводная арматура: справочник / Ю. И. Тарасьев, Л. Г. Мочалова, В. Л. Шпер. – СПб.: Политехника, 2003. – 423 с.
19. Рысин С. А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов. – М.: ГНТИ, 1960. – 784 с.
20. Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П. Г. Киселева. – М.: Энергия, 1974. – 313 с.
21. Справочник монтажника. Монтаж вентиляционных систем / под ред. И. Г. Старовойтова. – М.: Стройиздат, 1979. – 456 с.
22. Справочник по пылезолоулавливаю / М. И. Биргер, А. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягков. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.
23. Справочник по пыле- и золоулавливаю / под ред. А. А. Русанова. – М.: Энергия, 1975. – 524 с.
24. Справочник по теплоснабжению и вентиляции / Р. В. Щекин, С. М. Кореневский, Г. Е. Бем и др. Кн. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – Киев: Будивельник, 1976. – 415 с.
25. Справочник по теплоснабжению и вентиляции / Р. В. Щекин, С. М. Кореневский, Г. Е. Бем и др. – Киев: Будивельник, 1968. Кн. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. 1968. – 286 с.
26. Справочник по токсикологии и гигиеническим нормативам (ПДК) потенциально опасных химических веществ: разработки Института биофизики и его филиалов / Ин-т биофизики. – М.: ИздАТ, 1999. – 272 с.
27. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха / под ред. И. Г. Старовойтова. – М.: Стройиздат, 1978. – 480 с.
28. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий. Вентиляция и кондиционирование воздуха / под ред. И. Г. Старовойтова. – М.: Стройиздат, 1977. – Ч. II. – 502 с.
29. Справочник проектировщика. Защита от шума / под ред. Е. Я. Юдина. – М.: Стройиздат, 1974. – 426 с.
30. Справочник по специальным работам. Наладка, регулировка и эксплуатация систем промышленной вентиляции / под ред. И. М. Вантрауб. – М.: Гостройиздат, 1962. – 554 с.
31. Справочник по специальным работам. Наладка, регулировка и эксплуатация систем промышленной вентиляции / под ред. С. Я. Эрлихмана. – М.: Госстройиздат, 1962. – 568 с.
32. Справочник по специальным работам / под ред. И. Г. Старовойтова. – М.: Госстройиздат, 1961. – 431 с.
33. Справочник по специальным работам. Монтаж вентиляционных систем. – М.: ИЛПС, 1966. – 690 с.
34. Тимонин А. С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: справочник / А. С. Тимонин; Московский государственный университет инженерной экологии. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2001. – Т. 1. – 756 с. ; 2001 – Т. 2. – 902 с.; Т. 3. – 2001. – 960 с.

35. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник: в 3 т. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003.
36. Техника пылеулавливания: справочник / Г. М.-А. Алиев. – М.: Металлургия, 1984. – 544 с.
37. Торговников Б. М., Табачник В. Е., Ефанов Е. М. Проектирование промышленной вентиляции: справочник. – Киев: Будивельник, 1983. – 256 с.
38. Торочешников Н. С., Родионов А. И. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1981. – 368 с.
39. Швыдкий В. С. Очистка газов: справочник / В. С. Швыдкий, М. Г. Ладыхичев. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 640 с.
40. Штокман Е. А. Очистка воздуха. – М.: АСВ, 1999. – 319 с.

Нормативно-техническая документация

41. ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 10 с.
42. ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартиформ, 2006. – 70 с.
43. ГОСТ 2.306–68. Единая система конструкторской документации. Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 7 с.
44. ГОСТ 2.312–72. Единая система конструкторской документации. Условные обозначения швов сварных соединений. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 15 с.
45. ГОСТ 12.1.041–83 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования (с изменениями № 1, 2). – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 15 с.
46. ГОСТ 12.1.010–76 (СТ СЭВ 3517–81). ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования (с изменением № 1). Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 6 с.
47. ГОСТ 10616–90 (СТ СЭВ 4483–84). Вентиляторы радиальные и осевые. Размеры и параметры. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 14 с.
48. ГОСТ 21.205–93. Система проектной документации для строительства. Условные обозначения элементов санитарно-технических систем. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1995. – 22 с.
49. ГОСТ 21.501–93. Система проектной документации для строительства. Правила оформления архитектурно-строительных рабочих чертежей. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1993. – 34 с.
50. ГОСТ 21602–2003. Система проектной документации для строительства. Правила оформления рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 38 с.
51. ГОСТ 25199–82 (СТ СЭВ 2145–80). Оборудование пылеулавливающее. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 23 с.
52. ГОСТ 30494–96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. МНТК. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. – 9 с.

53. ГОСТ Р 50820–95. Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газопылевых потоков. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 28 с.
54. ГОСТ Р 51562–2000. Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Фильтры рукавные. Пылеуловители мокрые. Требования безопасности. Методы испытаний. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. – 16 с.
55. ГОСТ Р 51708–2001. Пылеуловители центробежные. Требования безопасности и методы испытаний. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 10 с.
56. СНиП 2.04.05–91* и СНиП 41-01–2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование (оба документа юридически не действующие, а других нет). – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 78 с.
57. СНиП 2.01.02–85. Противопожарные нормы. Госстрой СССР. – М., 1991. – 18 с.
58. СНиП II-3–79. Строительная теплотехника. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 47 с.
59. СНиП 21-01–97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2002. – 25 с.
60. СНиП 23-01–99. Строительная климатология. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. – 114 с.
61. СНиП 31-03–2001. Производственные здания. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2001. – 13 с.
62. СНиП 41-03–2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 29 с.
63. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 18 с.
64. Справочное пособие к СНиП «Отопление и вентиляция жилых зданий», 1990. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 78 с.
65. НПБ 23–2001. Пожарная опасность технологических сред. Номенклатура показателей // Пожарная безопасность. – 2002. – № 1. – 6 с.
66. НПБ 105–03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 29 с.
67. НПБ 239–97. Воздуховоды. Метод испытаний на огнестойкость. ГУГПС МВД России. – М.: ГУП ЦПП, 1998. – 10 с.
68. НПБ 241–97. Клапаны противопожарные вентиляционных систем. Методы испытаний на огнестойкость. ГУГПС МВД России. – М.: ГУП ЦПП, 1998. – 10 с.
69. НПБ 253–98. Оборудование противодымной защиты зданий и сооружений. Вентиляторы. Методы испытаний на огнестойкость. – Пожарная безопасность. – 1998. – № 38. – 8 с.
70. Европейские нормы и правила организации вентиляции дымоудаления.

Виктор Тимофеевич Новиков

**ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
СИСТЕМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Часть 2

**Состав, монтаж и проектирование
очистных установок и вентиляции**

Учебное пособие

Научный редактор доктор химических наук, профессор
В. М. Сутягин

Редактор Н. Т. Синельникова

Подписано к печати Формат 60×84/16.

Бумага «Классика».


Печать RISO. Усл.печ.л. . Уч.-изд.л. .

Заказ . Тираж экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета
сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE
по стандарту ISO 9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.