

ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ

ТЕМА: ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ И
КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ,
ОСНОВЫ АЭРОДИНАМИКИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ
СИСТЕМ

ГУСЕВ К.П.

Лекция

7

10 Принципиальные схемы и конструктивные решения вентиляции

10.1 Принципиальные схемы решения вентиляции помещений в зданиях различного назначения

Эффективность вентиляции помещения в большой мере зависит от **правильного выбора и расположения** устройств для подачи и удаления воздуха.

В первую очередь распределение параметров воздуха в объеме помещения определяется конструктивным решением приточных устройств.

Влияние вытяжных устройств на скорость движения и температуру воздуха в помещении обычно незначительно.

В то же время общая эффективность вентиляции зависит от правильной организации вытяжки воздуха из помещения.



Основные принципы организации вентиляции заключаются в следующем:

- местная вытяжная вентиляция должна локализовать вредные выделения в местах их образования, предотвращая распространение их по помещению;
- приточный воздух необходимо подавать так, чтобы он, поступая в зону дыхания людей (обслуживаемую зону помещения), был чистым и имел температуру и скорость движения в соответствии с требованиями санитарных норм;
- общеобменная вентиляция должна разбавлять и удалять вредные выделения, поступающие в помещение, обеспечивая в обслуживаемой зоне допустимые значения параметров — температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха и концентрации вредных веществ в нем;
- объемы приточного и вытяжного воздуха должны исключать с учетом воздушного режима здания перетекание загрязненного воздуха из помещений с выделением вредных веществ в другие помещения.

Общие рекомендации:

- а) траектория подачи приточного воздуха не должна пересекать загрязненные участки помещения, обеспечивая поступление в обслуживаемую рабочую зону чистого воздуха;
- б) при значительных избытках явного тепла в помещении приточный воздух в холодный период года следует подавать с минимально допустимой температурой, имея в виду его подогрев за счет избытков тепла;
- в) в теплый период года во всех случаях предпочтительней подача приточного воздуха в обслуживаемую (рабочую) зону помещений;
- г) при решении воздухопотоков необходима проверка уровня температуры и скорости движения воздуха на рабочих местах; при этом следует учитывать взаимное влияние струйных течений, стесненность струй ограждениями и технологическим оборудованием, свойство струй настиляться на поверхности и возбуждать циркуляционные потоки;
- д) при недостатках тепла в помещении и выполнении вентиляцией функций системы отопления приточный воздух нужно подавать в обслуживаемую (рабочую) зону помещения.

Жилые и общественные здания.

По существующим нормам в этих зданиях устраивают вытяжную вентиляцию из верхней зоны помещений кухонь, санитарных узлов, ванн и душевых комнат, а в некоторых случаях и жилых комнат. Приточный воздух поступает неорганизованно через форточки и неплотности в ограждениях. Регулирование вентиляции и увеличение воздухообмена осуществляют открыванием окон.

В административно-конторских и общественных зданиях объемом до 1500 м^3 вентиляцию помещений осуществляют в виде вытяжки из их верхней зоны с неорганизованным притоком через окна. В зданиях большего объема вытяжку из верхней зоны помещений компенсируют притоком также в их верхнюю зону («сверху — вверх»).

Промышленные здания. Возможно применение следующих схем:

- а) «снизу — вверх» — при одновременном выделении тепла и пыли; в этом случае воздух подают в рабочую зону помещения, а удаляют из верхней зоны;
- б) «сверху — вниз» — при выделении газов, паров летучих жидкостей (спиртов, ацетона, толуола и т. п.) или пыли, а также при одновременном выделении пыли и газов; воздух подают рассредоточено в верхнюю зону, а удаляют местной вытяжной вентиляцией из рабочей зоны помещения и системой общеобменной вентиляции из его нижней зоны;
- в) «сверху — вверх» — в производственных помещениях при одновременном выделении тепла, влаги и сварочного аэрозоля, а также во вспомогательных производственных зданиях при борьбе с теплоизбытками; обычно в этих случаях воздух подают в верхнюю зону помещения и удаляют из его верхней зоны;

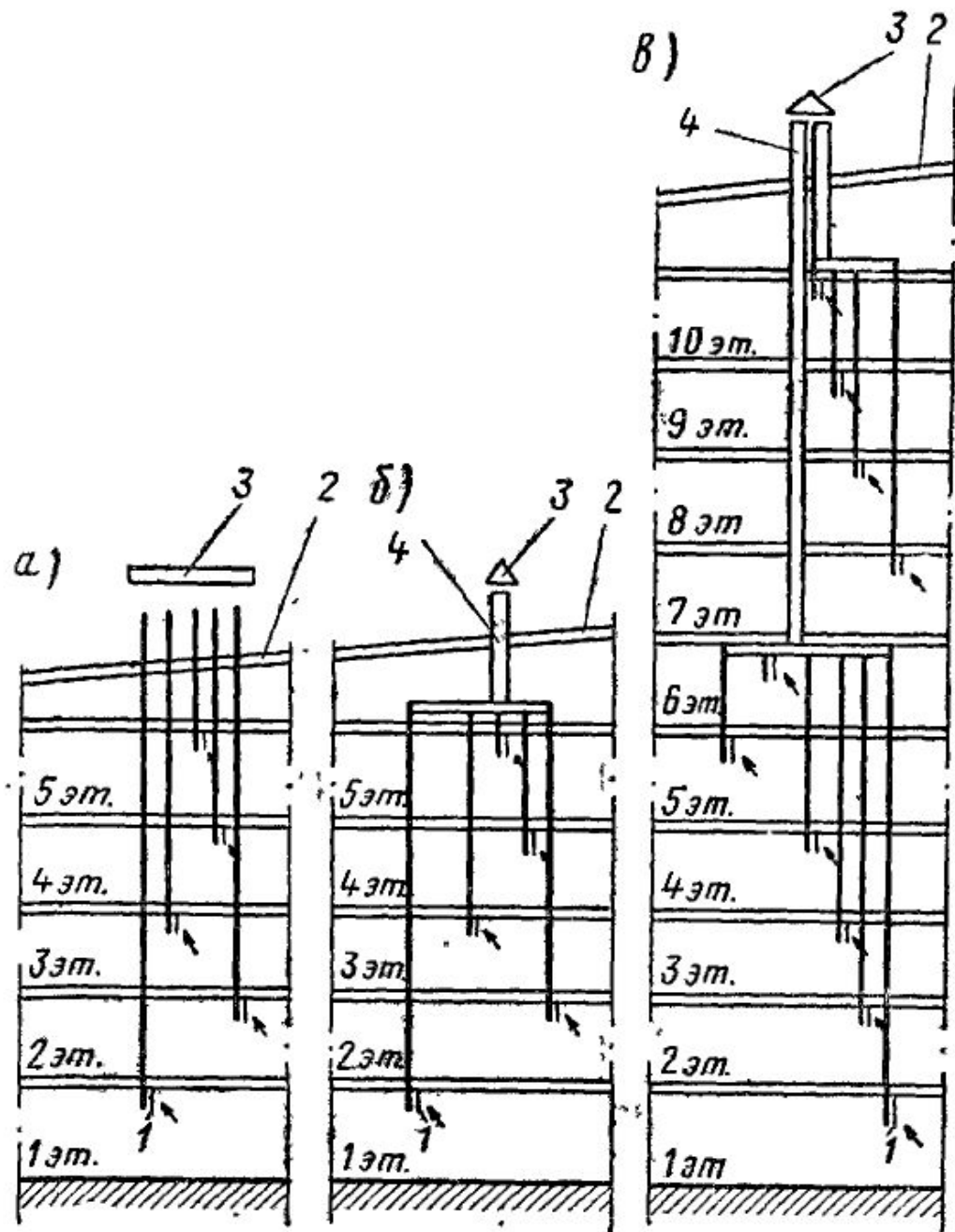
г) «снизу — вверх и вниз» — в производственных помещениях при выделении паров и газов с различными плотностями и недопустимости их скопления в верхней зоне из-за опасности взрыва или отравления людей (малярные цехи, аккумуляторные и т. д.); в этом случае подачу приточного воздуха осуществляют в рабочую зону, а общеобменную вытяжку — из верхней и нижней зон;

д) «сверху и снизу — вверх» — в помещениях с одновременным выделением тепла и влаги или с выделением только влаги при поступлении пара в воздух помещения через неплотности производственной аппаратуры и коммуникаций, с открытыми поверхностями жидкостей в ваннах и со смоченных поверхностях пола; в этих случаях воздух подают в две зоны — рабочую и верхнюю, а удаляют из верхней зоны. При этом для предотвращения туманообразования и капли с потолка приточный воздух, подаваемый в верхнюю зону, несколько перегревают по сравнению с воздухом, подаваемым в рабочую зону.

10.2 Конструктивные решения вентиляционных систем

Жилые здания. В жилых зданиях устраивают вытяжные канальные системы естественной вентиляции.

Наружный подогретый воздух можно подавать в помещения жилых зданий системами воздушного отопления; наружный неподогретый воздух поступает в помещения через открывающиеся форточки и фрамуги, неплотности в строительных ограждениях и специальные приточные отверстия (подоконные щели).



Общественные здания.

В зданиях общественного и коммунального назначения возможно применение естественной и механической вентиляции. Вентиляционные установки этих зданий при большом их числе объединяют в вентиляционные центры. При этом приточные центры и кондиционеры размещают в подвальных и цокольных помещениях или на первом этаже обслуживаемых зданий. Отдельные приточные установки могут быть размещены и на этажах обслуживаемого здания. Вытяжные центры располагают, как правило, на технических или цокольных этажах.

Промышленные здания. Промышленные здания имеют системы вентиляции со своими специфическими особенностями устройства и размещения.

В промышленных зданиях возможно размещение вентиляционного оборудования в производственных помещениях или снаружи здания — на стенах или кровле, обеспечивающее удобное обслуживание вентиляционного оборудования и защиту его от возможной конденсации влаги. Внутри здания вентиляционное оборудование устанавливают в вентиляционных камерах, иногда допускается установка его непосредственно в обслуживаемом помещении. При проектировании систем вентиляции следует стремиться к наименьшей длине воздуховодов, определяемой их радиусом действия.

Экономические расчеты показывают, что радиус действия приточных установок зависит от скорости движения воздуха в воздуховодах. Так, при скорости 6—10 м/с рекомендуемый радиус действия установки 30—40 м, при скорости менее 6 м/с — 60—70 м. Радиус действия вытяжных установок 30—40 м, а в очень крупных цехах он может достигать 100—120 м.

При проектировании местной вентиляции следует к одной вытяжной системе присоединять не более 10—12 отсосов. При удалении местными вытяжными установками влажного воздуха или воздуха, содержащего вредные газы, радиус действия принимается равным 25—30 м.

10.3 Устройства для забора воздуха

Воздухоприемные устройства следует располагать так, чтобы в них поступал незагрязненный наружный воздух.

Конструктивное оформление воздухоприемных устройств должно быть увязано с архитектурным оформлением здания.

Воздухоприемные устройства необходимо располагать на расстоянии 10—12 м по горизонтали и 6 м по вертикали от мест загрязнения воздуха (котельных, уборных, кухонь, производственных помещений и т. п.). Воздухозабор как при механической, так и при естественной вентиляции следует осуществлять на высоте не менее 2 м от уровня земли (до низа проема); в случае расположения воздухоприемного устройства в зеленой зоне (вдали от здания) эта высота может быть уменьшена до 1 м.

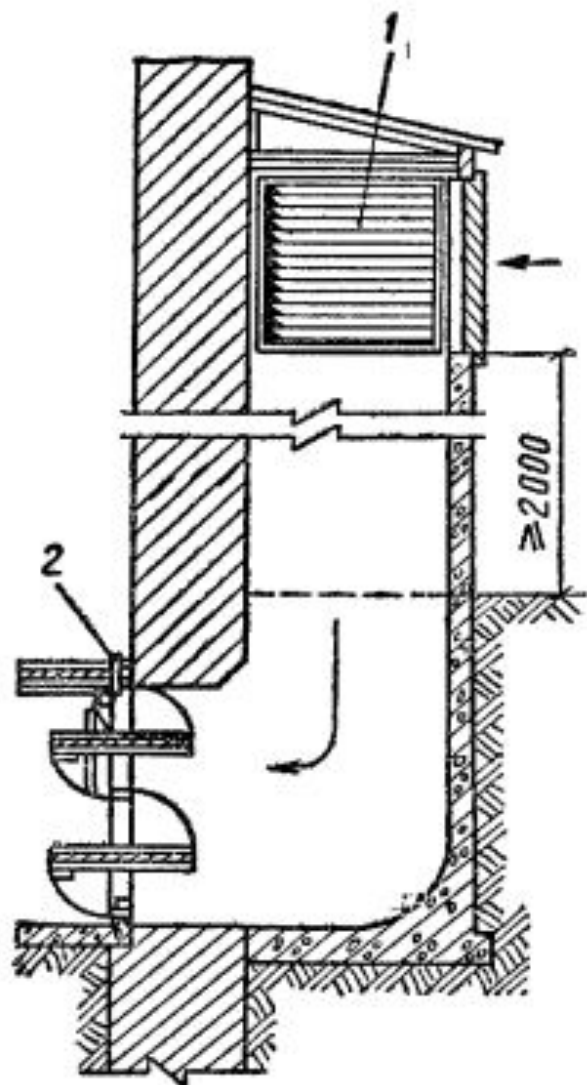


Рис. X 2. Приставная приточная шахта
 1 — неподвижные жалюзи (воздухозаборная
 решетка); 2 — утепленный дроссель-клапан

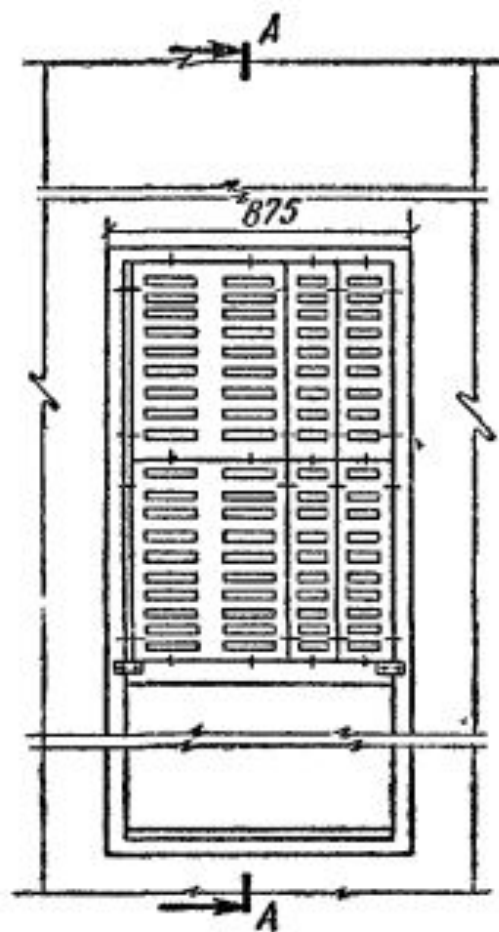
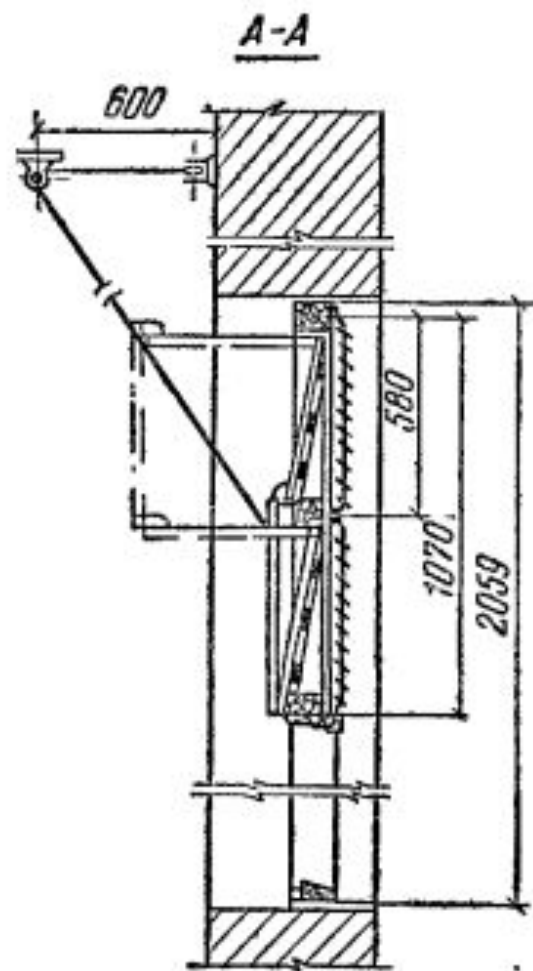


Рис. X 3. Устройство воздухозабора в
 проеме окна



10.4 Приточные и вытяжные отверстия в помещениях

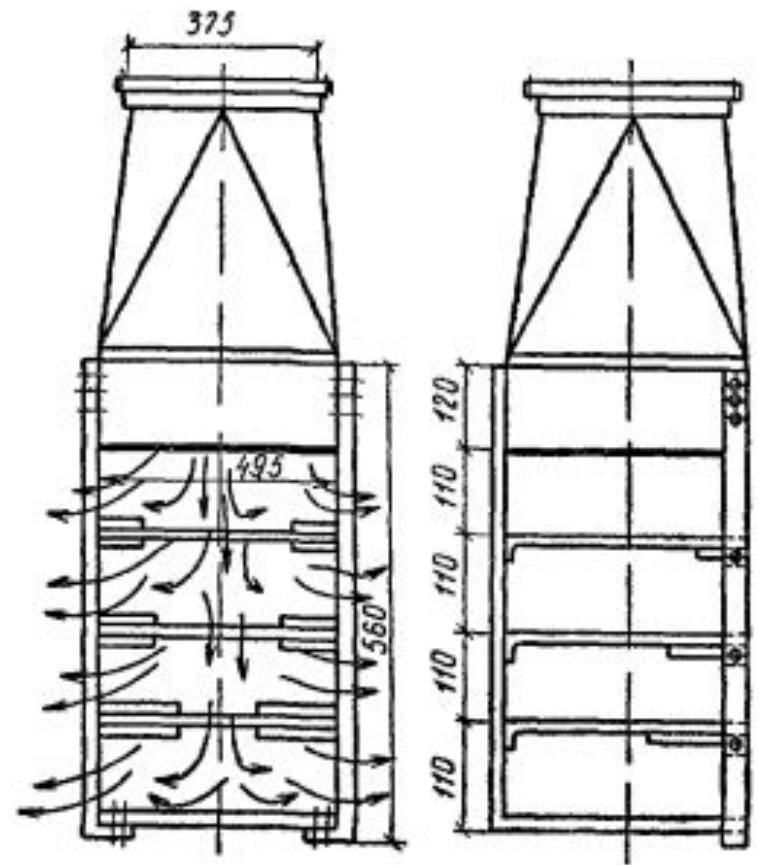
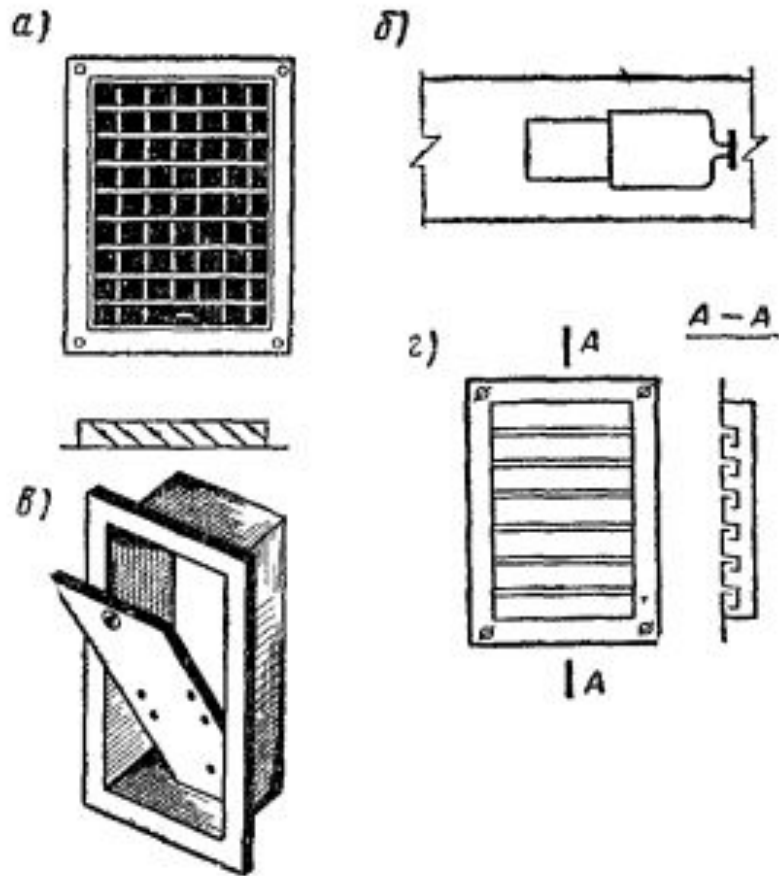


Рис. X.4. Приточные и вытяжные отверстия в помещениях

а — с подвижными жалюзи; б — с шибером в воздуховоде; в — «хлопушка»; г — для перетекания воздуха

Рис X.5. Трехсторонний прямоугольный насадок с полками

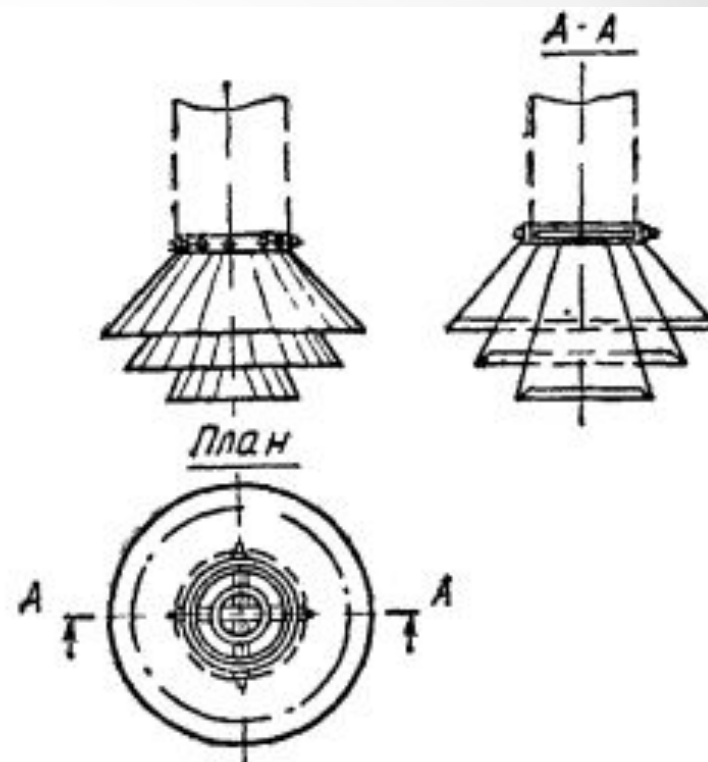
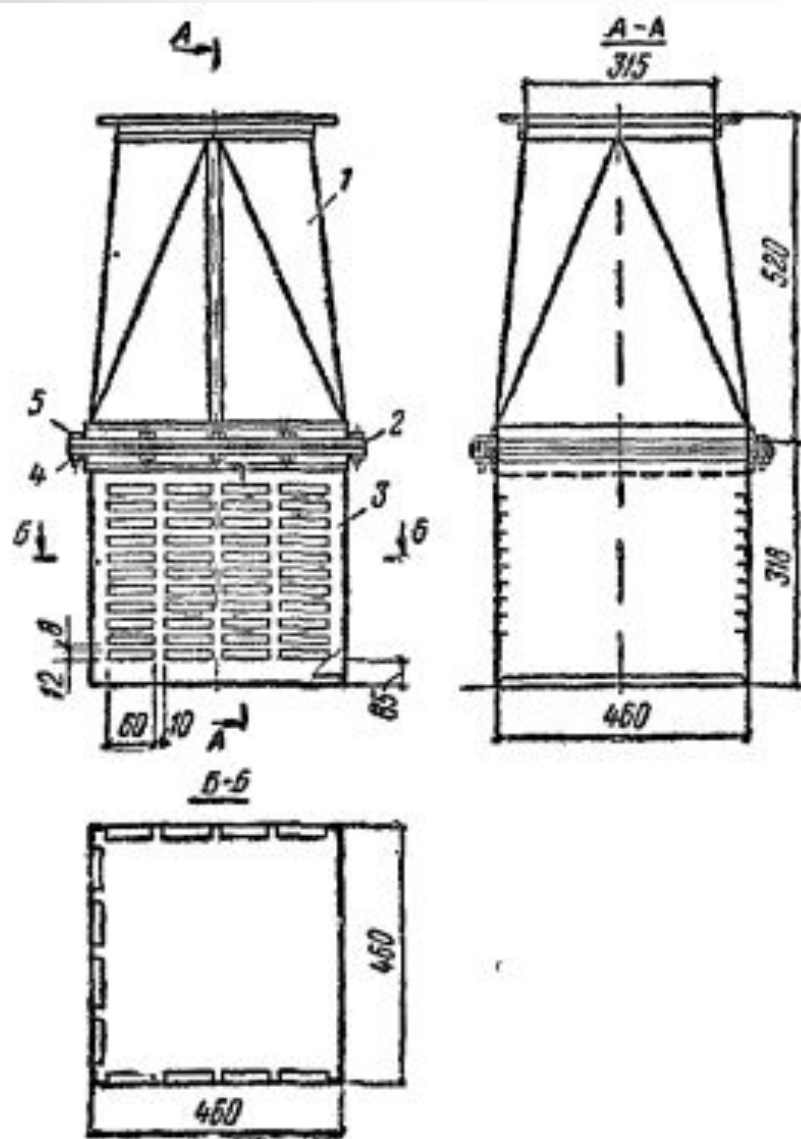


Рис. X.7. Трехдиффузорный насадок

◀ Рис. X.6. Воздухораспределитель пристенного типа с переходным патрубком для присоединения к воздуховодам круглого сечения

1 — патрубок переходный; 2 — прокладка;
3 — корпус; 4 — гайка; 5 — болт

10.5 Вентиляционные камеры

В тех случаях, когда устанавливаемое внутри здания вентиляционное оборудование приточных и вытяжных установок создает шум при работе выше допустимого для обслуживаемого помещения или когда условия технологического процесса не позволяют размещать его в этом помещении, это оборудование размещают в изолированных помещениях, называемых вентиляционными камерами. Вентиляционные камеры должны соответствовать требованиям взрывопожарной, взрывной и пожарной безопасности, предъявляемым к тем помещениям, которые они обслуживают.

Вентиляционные камеры выполняют из негорюемых материалов для зданий I и II степени огнестойкости и из трудногорюемых материалов для зданий других степеней огнестойкости.

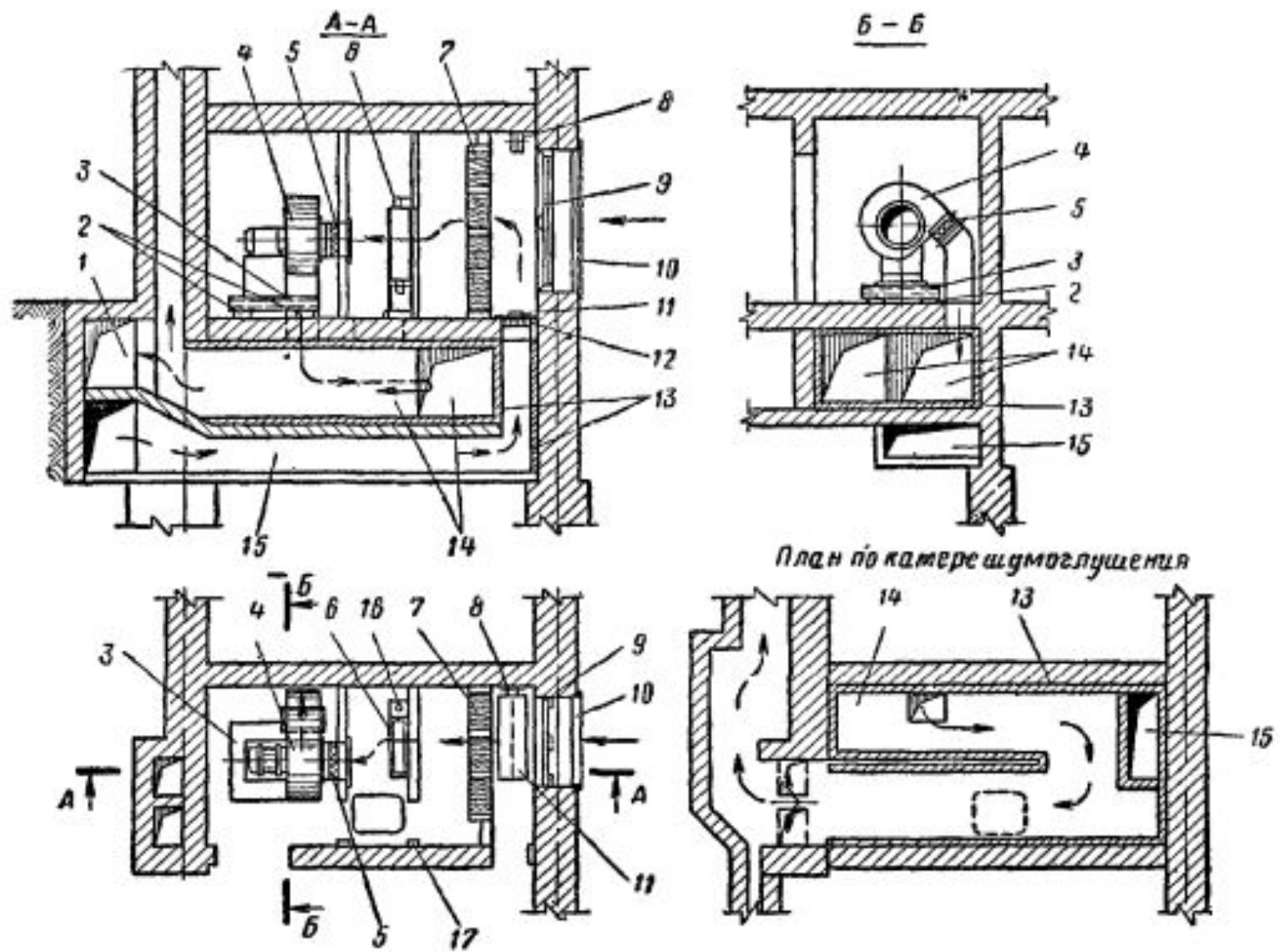


Рис. X.12. Приточная камера, размещенная на первом этаже здания

1 — приточный короб; 2 — виброизолятор; 3 — основание центробежного вентилятора; 4 — центробежный вентилятор; 5 — гибкая вставка; 6 — калорифер; 7 — фильтр; 8 — блочный привод для управления клапаном; 9 — приемный клапан; 10 — решетка-жалюзи; 11 — рециркуляционный клапан; 12 — рециркуляционное отверстие с решеткой; 13 — звукопоглощающий материал; 14 — короб шумоглушения; 15 — рециркуляционный короб; 16 — обводной клапан к калориферу; 17 — смотровой люк

В промышленных зданиях вытяжные вентиляторы устанавливают в камерах на технических этажах, на площадках и без камер на кровле зданий, кронштейнах, полу производственных помещений или на поверхности земли снаружи зданий.

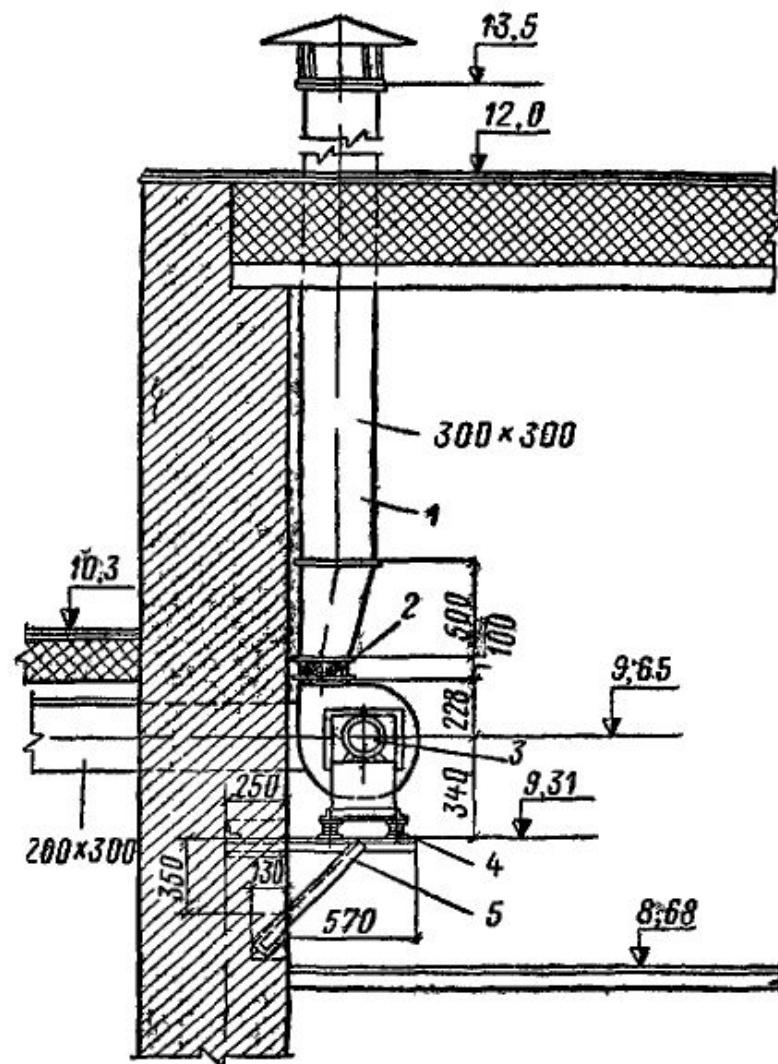


Рис X.18. Вытяжной вентилятор, размещенный на кронштейне

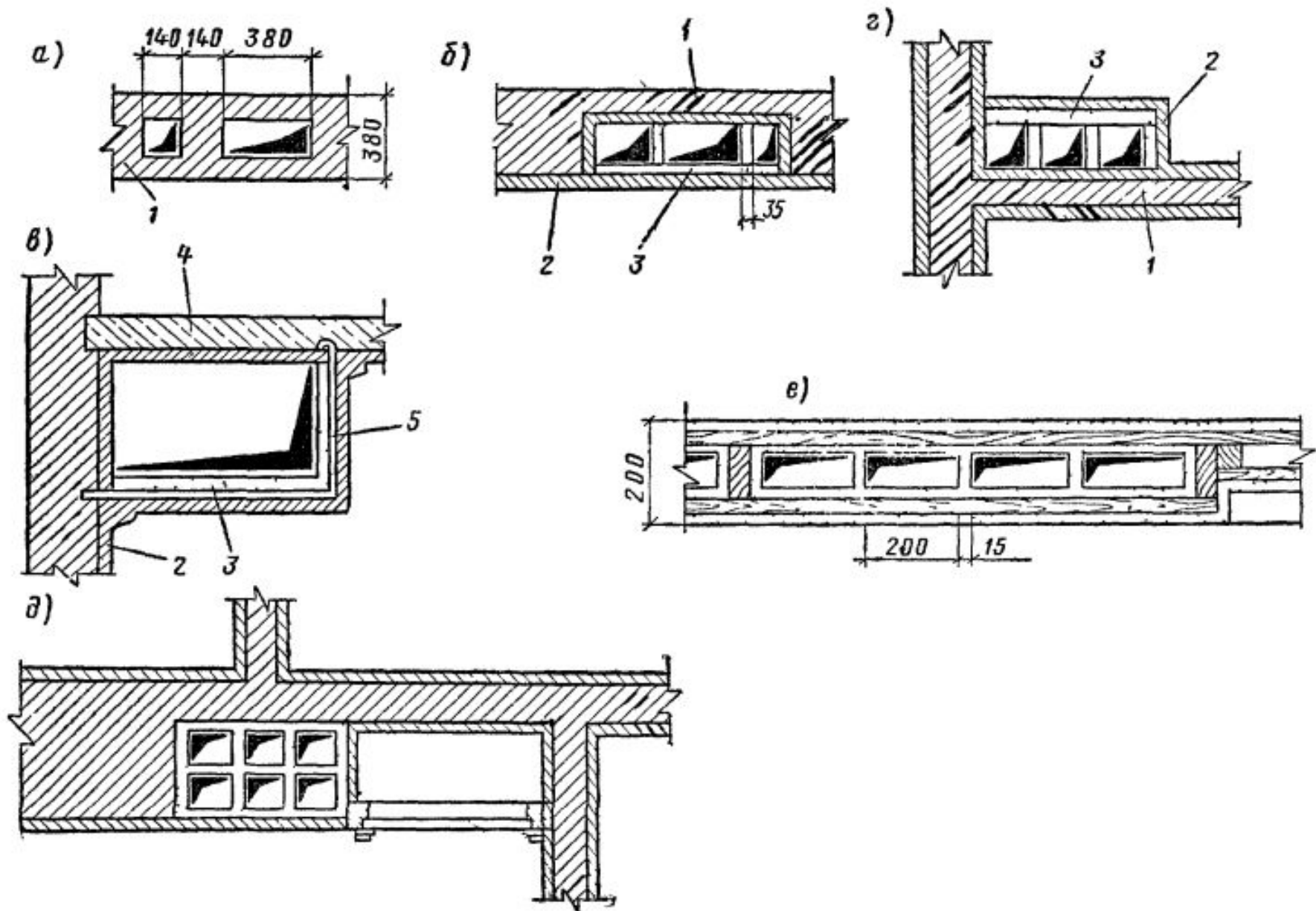
1 — металлическая шахта; 2 — гибкая вставка; 3 — центробежный вентилятор; 4 — виброизолирующее основание; 5 — кронштейн

10.6 Вентиляционные каналы и воздуховоды

В жилых, общественных и коммунальных зданиях вытяжные вентиляционные вертикальные каналы можно устраивать во внутренних кирпичных стенах, из специальных вентиляционных блоков, в пустотах внутренних стен из крупных блоков, в виде приставных каналов у внутренних стен и перегородок, в виде асбестоцементных каналов, располагаемых в пустотах кирпичных стен.

Не рекомендуется располагать вентиляционные каналы в толще стен помещений, имеющих повышенную влажность воздуха; не разрешается размещение вентиляционных вытяжных каналов в наружных стенах во избежание конденсации водяных паров.

Минимальное сечение вентиляционных каналов, устраиваемых во внутренних кирпичных стенах, должно составлять полкирпича на полкирпича (140X140 мм). Толщину стенок каналов и толщину простенков между одноименными каналами принимают не менее размера полкирпича, а толщину простенков между разноименными каналами — не менее размера кирпича (250 мм).



Конструкции вентиляционных каналов

а — в кирпичной стене, *б* — в борозде в стене, заделываемой плитой *в* — подвесного горизонтального, *г* — приставных (пристенных) вертикальных, *д* — скомпонованных со встроенным шкафом; *е* — из сухой штукатурки в перегородке, 1 — кирпичная стена, 2 — штукатурка, 3 — шлакогипсовые плиты, 4 — перекрытие, 5 — подвеска стальная $d=6$ мм

В промышленных зданиях в системах вентиляции применяют стальные воздуховоды круглого и прямоугольного сечения. Предпочтение следует отдавать воздуховодам круглого сечения. Применение воздуховодов прямоугольного сечения должно быть обосновано требованиями создания определенного интерьера в цехе или в помещении либо иными условиями.

Для перемещения воздуха с температурой до 70°C и нормальной влажностью можно применять воздуховоды из листовой или кровельной стали. При транспортировании воздуха с повышенной влажностью, а также при прокладке вентиляционных каналов вне помещения применяют воздуховоды из кровельной или листовой стали с покрытием из защитных водостойких лаков и красок, а также из полимерных материалов или из оцинкованной стали.

Для перемещения воздуха, содержащего химически активные газы и пары кислот или щелочей, применяют воздуховоды из кислотостойкой стали, листовой стали с защитными покрытиями, ставинила, винипласта, керамики и кислотоупорного бетона. В отдельных случаях возможно применение воздуховодов из алюминия. Для перемещения воздуха с температурой выше 100°C , не содержащего химически активных газов, применяют воздуховоды из листовой стали толщиной более 1 мм.

Для воздуховодов и фасонных частей круглого сечения установлены следующие диаметры: 100, 110, 125, 160, 200, 250, 280, 315, 400, 500, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600 мм.

Для систем аспирации (пылеудаления) дополнительно к перечисленным делают воздуховоды диаметром 140, 180, 225, 355, 560 мм.

Для воздуховодов прямоугольного сечения, выполняемых из стального листа толщиной 0,7 мм, установлены следующие размеры сторон: 160X100, 160X160, 160X200, 200X200, 250X200, 250X250, 400X200, 400X250, 400X400 и 500X250 мм, а из стального листа толщиной 1 мм— от 500X400 до 2000X1600 мм (тринадцать размеров).

Вытяжные шахты

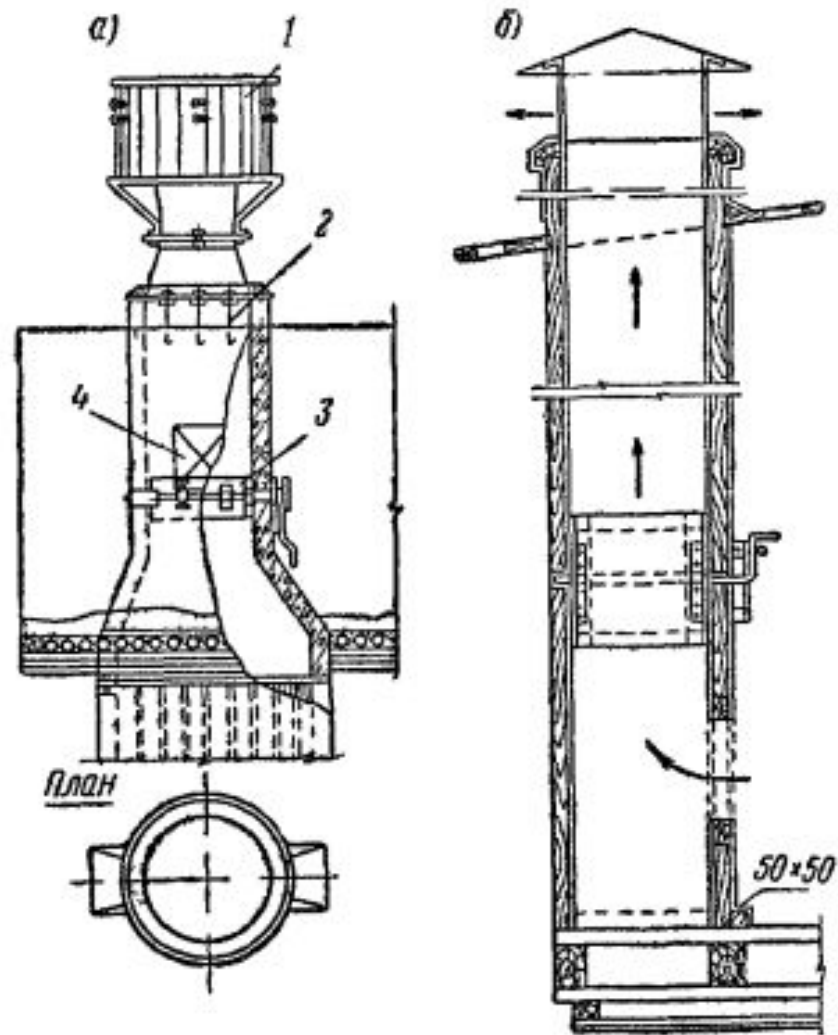


Рис X 26. Вытяжные шахты

1 — дефлектор; 2 — болты для крепления дефлектора, заделанные в стенки шахты; 3 — дроссель-клапан; 4 — люк для ремонта дроссель-клапана

11 Основы аэродинамики вентиляционных систем

Аэродинамика — раздел гидроаэромеханики, в котором изучаются законы движения воздуха и силы, возникающие при взаимодействии потока воздуха с поверхностью тел. Вопросы, связанные с вентиляцией, объединяются термином промышленная аэродинамика. Из-за большой сложности аэродинамических явлений, в частности турбулентного движения, в решении практических задач преобладает эмпирический подход. Инженерные методы, применяемые для аэродинамических расчетов, достаточно просты и надежны.

11.1 Основные понятия

При движении воздуха по воздуховоду в любом поперечном сечении потока различают три вида давления: статическое, динамическое и полное.

- Статическое давление определяет потенциальную энергию 1 м^3 воздуха в рассматриваемом сечении. Статическому давлению $p_{\text{ст}}$ равно давление на стенки воздуховода.
- Динамическое давление — это кинетическая энергия потока, отнесенная к 1 м^3 воздуха. При скорости движения воздуха в сечении V динамическое давление

$$p_{\text{д}} = \frac{\rho V^2}{2}$$

- Полное давление равно сумме статического и динамического давлений

$$p_{\text{п}} = p_{\text{ст}} + p_{\text{д}}$$

Традиционно при расчете систем трубопроводов применяется термин потери давления; необходимо помнить, что в действительности речь идет о потерях энергии потока.

Потери давления в системе вентиляции складываются из потерь на трение и потерь в местных сопротивлениях.

Потери давления на трение

Рассмотрим движение воздуха на отрезке воздуховода между сечениями I-I и II-II. Заданы длина отрезка l , площадь поперечного сечения f , периметр сечения Π и расход воздуха, проходящего через воздуховод, L , м³/ч. Статическое давление в сечении I-I равно p_1 , в сечении II-II — $p_{II} < p_1$.

На объем воздуха, заключенного в воздуховоде между рассматриваемыми сечениями, действует сила $(p_1 - p_{II})f$, уравниваемая силой сопротивления трения воздуха о стенки воздуховода.

Если обозначить касательное напряжение у поверхности стенки, возникающее при движении воздуха, τ_0 , то силу сопротивления можно определить так: $\tau_0 \cdot l \cdot \Pi$. Следовательно, для установившегося движения

$$(p_I - p_{II})f = \tau_0 \cdot l \cdot \Pi \Rightarrow \tau_0 = \frac{(p_I - p_{II})f}{l \cdot \Pi}$$

Касательное напряжение пропорционально динамическому давлению перемещающейся среды:

$$\tau_0 = \psi \frac{\rho V^2}{2}$$

где ψ (пси) — коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом трения к формуле Вейсбаха.

Формулу Вейсбаха, широко применяемая в гидравлике имеет вид:

$$\Delta p_{\text{тр}} = p_I - p_{II} = \psi \cdot \frac{l\Pi}{f} \cdot \frac{\rho V^2}{2}$$

Отношение f/Π для воздуховода круглого сечения равно 0,25 d, т. е.

$$\Delta p_{\text{тр}} = \lambda_{\text{тр}} \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{\rho V^2}{2}$$

Для воздуховодов любого сечения:

$$\Delta p_{\text{тр}} = \lambda_{\text{тр}} \cdot \frac{l\Pi}{4f} \cdot \frac{\rho V^2}{2} \quad (\text{ФОРМУЛА ДАРСИ})$$

$\lambda_{\text{тр}} = 4\psi$ — коэффициент сопротивления трения, зависящий от характера течения воздуха и геометрии воздуховодов

Потери давления в местных сопротивлениях

В местах поворота воздуховода, при делении и слиянии потоков в тройниках, при изменении размеров воздуховода, при входе в воздуховод или в канал и выходе из них, а также в местах установки регулирующих устройств (дросселей, шиберов, диафрагм) наблюдается падение давления в потоке перемещаемого воздуха. В указанных местах происходит перестройка полей скоростей воздуха в воздуховоде и образование вихревых зон у стенок, что сопровождается потерей энергии потока.

Нарушение установившегося поля скоростей начинается на некотором расстоянии до местного сопротивления, а выравнивание потока происходит на некотором расстоянии (обычно несколько калибров — диаметров) после него. На всем участке возмущенного потока происходят потери энергии на вязкое трение и увеличиваются потери на трение о стенки. Для упрощения эти потери считают сосредоточенными.

Потери давления в местном сопротивлении пропорциональны динамическому давлению воздуха в воздуховоде:

$$\Delta p_{\text{мс}} = \xi \frac{\rho V^2}{2}$$

Коэффициент ξ (кси) или (в учебных пособиях) ζ (дзета) носит название коэффициента местного сопротивления и определяет потери давления в местном сопротивлении в долях динамического давления. Значения ξ для различных местных сопротивлений изменяются в широких пределах — обычно $0 < \xi < 10$. При небольших скоростях движения воздуха и значительных потерях давления, например в диафрагме, коэффициент ξ может быть очень высоким, порядка несколько сотен. В отдельных случаях в ответвлениях тройников возможен отрицательный коэффициент. Это означает увеличение удельной энергии потока ответвления вследствие эжекции его основным потоком. Таким образом, при расчете изменения давления следует учитывать знак ξ .

11.2 Аэродинамический расчет систем вентиляции

Аэродинамический расчет систем вентиляции выполняют после расчета воздухообмена, а также решения трассировки воздуховодов и каналов. Для проведения аэродинамического расчета вычерчивают аксонометрическую схему системы вентиляции, на которой выделяют фасонные части воздуховодов. По аксонометрической схеме и планам строительной части проекта определяют протяженность отдельных ветвей системы.

Различают прямую и обратную задачи аэродинамического расчета вентиляционных систем. Цель аэродинамического расчета зависит от типа задачи: для прямой — это определение размеров сечений всех участков системы при заданном расходе воздуха через них; для обратной — это определение расходов воздуха при заданных размерах сечений всех участков.

При аэродинамическом расчете вентиляционных систем схему разбивают на отдельные расчетные участки. Расчетный участок характеризуется постоянным расходом воздуха. Границами между

- Определение нагрузки отдельных расчетных участков. Систему разбивают на отдельные участки и определяют расход воздуха на каждом из них.
- Выбор основного (магистрального) направления. Выявляют наиболее протяженную цепочку последовательно расположенных расчетных участков. Фиксируют оборудование и устройства, в которых происходят потери давления: жалюзийные решетки, калориферы, фильтры и пр.
- Нумерация участков магистрали. Участки основного направления нумеруют, начиная с участка с меньшим расходом. Расход и длину каждого участка основного направления заносят в таблицу аэродинамического расчета.
- Определение размеров сечения расчетных участков магистрали. Площадь поперечного сечения расчетного участка, м², определяют по формуле

- Определение фактической скорости. Фактическую скорость определяют по формуле $V=L/f$. По этой величине вычисляют динамическое давление на участке.
- Определение потерь давления на трение. По номограммам или по таблицам.
- Определение потерь давления в местных сопротивлениях.
- Определение потерь давления на расчетном участке.
- Определение потерь давления в системе.
- Увязка давлений в ответвлениях.