

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

В.А. Пронин, В.Н. Глухих, А.А. Прилуцкий

Элементы систем жизнеобеспечения
Проектирование и монтаж

Учебное пособие

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург

2016

УДК 662.6
ББК 38.762
П-81

Пронин В.А., Глухих В.Н., Прилуцкий А.А. Элементы систем жизнеобеспечения. Проектирование и монтаж: Учеб.пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 104 с.

В учебном пособии изложены основные принципы организации, технологии и производственного процесса изготовления и монтажа основных систем жизнеобеспечения. Представлены этапы монтажных работ, указана необходимая техническая документация, даны рекомендации по проектированию и монтажу систем, а также рассмотрены прочностные расчёты элементов крепления различных элементов систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения по направлению 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения, выполняющих дипломное проектирование, а также для инженерно-технических работников, повышающих квалификацию на базе Университета ИТМО.

Рецензенты: доктор техн. наук, проф. В.М. Петров (Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет); доктор техн. наук, проф. А.В. Цыганков (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)

Рекомендовано к печати Советом факультета холодильной, криогенной техники и кондиционирования, протокол №7 от 18.03.2016г.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 –100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2016
© В.А. Пронин, В.Н. Глухих, А.А. Прилуцкий, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Монтаж (франц. montage – подъем, установка, сборка) – сборка и установка сооружений, конструкций, технологического оборудования, агрегатов, машин, аппаратов, приборов и их узлов из готовых деталей.

Под монтажом систем вентиляции и систем кондиционирования воздуха обычно понимают выполнение следующих работ:

- доставку из приобъектного склада или места выгрузки к месту монтажа необходимого оборудования, блоков, узлов, деталей и материалов;
- сборку поступившего на объект в разобранном виде оборудования, а также деталей систем в укрупненные узлы, блоки и секции;
- подгонку (механическую доработку) отдельных деталей вентсистем;
- установку оборудования узлов и деталей в проектное положение;
- соединение между собой и закрепление сборочных единиц.

Перечисленные работы должны выполняться согласно проекту в соответствии с требованиями Строительных норм и правил (СНиП), Технических условий (ТУ), паспортов (сертификатов) на оборудование и инструкций заводов-изготовителей.

Согласно СНиП 3.05.01-85*, монтаж систем вентиляции и систем кондиционирования воздуха (СВ и СКВ) заканчивается индивидуальными испытаниями, состав которых приведен в этом же СНиП.

Монтаж или монтажно-сборочные работы (МСР) систем связан с большой подготовительной работой, которая выполняется до начала монтажа. После выполнения МСР проводятся испытания систем и сдача систем в эксплуатацию. Все стадии технической и технологической подготовки производства монтажных работ (МР), изготовление деталей монтируемых систем, их транспортировка, получение и хранение оборудования и материалов, обеспечение монтажников инструментом, механизмами и приспособлениями, непосредственный монтаж систем на объекте, индивидуальные испытания, регулировка систем до проектных параметров и сдача смонтированных систем заказчику, а также организация и управление всеми звеньями производства можно назвать производственным

процессом возведения СВ и СКВ. МСР составляют лишь часть производственного процесса.

После сдачи смонтированные СВ и СКВ используют по назначению. Это использование называют эксплуатацией. В период эксплуатации СВ и СКВ необходимо производить сервис этих систем. Сервис СВ и СКВ – это профилактическое техническое обслуживание этих систем.

Производственный процесс, осуществляемый специализированными монтажными организациями при строительстве систем вентиляции и кондиционирования воздуха индустриальным способом, т. е. монтаж из готовых деталей, можно разделить на следующие основные этапы:

- подготовительные работы;
- заготовительные работы;
- монтажно-сборочные работы;
- индивидуальные испытания и регулировка до проектных параметров (монтажная наладка) систем;
- сдача в эксплуатацию смонтированных систем.

При реконструкции зданий или отдельных систем к этому перечню добавляются работы по частичной или полной разборке (демонтажу) существующих систем.

Подготовительные работы включают в себя разработку и заключение контрактов на строительство СВ и СКВ, инженерную подготовку производства и подготовку объекта под монтаж.

Контракты (договоры подряда) заключаются между всеми участниками строительства (заказчиком, генподрядной и субподрядными организациями). Контракт служит основным юридическим документом, определяющим порядок взаимоотношений и взаимной ответственности сторон в процессе строительства.

К инженерной подготовке производства относятся разработка монтажного проекта (МП), проекта производства работ (ППР) и другие работы.

В монтажном проекте производится привязка рабочего проекта вентсистем к реальным условиям объекта в целях деления системы на унифицированные детали и узлы, из которых производится монтаж СВ и СКВ. Детали и узлы изготавливаются в заводских условиях, благодаря чему достигается существенное сокращение трудозатрат на строительной площадке и обеспечивается требование

СНиП 3.05.01-85 относительно производства работ промышленными методами.

Проект производства работ представляет собой организационно-технологическую модель производственного процесса монтажа СВ и СКВ. ППР разрабатывается в объеме, предусмотренном СНиП 3.01.01-85*.

1. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

В составе подготовительных работ можно выделить следующие виды:

- изучение и оценку договорной и проектно-сметной документации;
- разработку монтажных проектов;
- разработку проекта производства работ;
- подготовку объекта под монтаж.

1.1. Изучение и оценка договорной и проектно-сметной документации

Подготовительный этап к производству работ по монтажу систем вентиляции и кондиционирования воздуха должен начинаться с получения и изучения договорной и проектно-сметной документации.

В процессе работы с документацией должны быть установлены следующие исходные данные:

- состав систем вентиляции и кондиционирования воздуха, их устройство, условия монтажа;
- архитектурно-строительные особенности здания или сооружения, имеющие существенное значение для выполнения монтажных работ;
- сроки производства работ;
- стоимость монтажных работ;
- объемы монтажных работ;
- потребность в основных материалах и оборудовании.

1.1.1. Договор подряда (контракт)

Договор подряда (контракт) является основным юридическим документом, определяющим взаимоотношения между участниками строительства.

Контракт заключается между заказчиком и подрядчиком в процессе взаимных согласований или на конкурсной основе по результатам проведения подрядных торгов (тендера).

Чаще всего контракты заключаются между заказчиком и генеральным подрядчиком – организацией, выполняющей общестроительные работы; генеральным подрядчиком и субподрядчиком – организацией, выполняющей специальные виды работ (электромонтаж, монтаж санитарно-технических систем, монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха и т. д.).

В ряде случаев контракты между заказчиком и организацией, осуществляющей монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха, заключаются непосредственно, например, при реконструкции отдельных помещений, монтаже локальных вентиляционных систем и т. п.

В контрактах содержатся сведения, относящиеся к предмету контракта, стоимости работ, обязательствам сторон, срокам начала и окончания работ, особенностям взаимодействия сторон в процессе производства и приемки работ, порядку взаиморасчетов, условиям расторжения контракта, ответственности сторон за невыполнение условий контракта и другим вопросам, которые могут возникнуть в процессе строительства и монтажа объекта.

В контрактах рассматривается порядок внесения изменений в проекты, объемы и сроки выполнения работ, а также размер и порядок взаимных компенсаций материального и финансового ущерба, причиненного сторонам контракта этими изменениями.

Среди положений контракта, имеющих важное значение на стадии подготовки производства, необходимо выделить:

- стоимость работ;
- сроки производства работ;
- обязательства сторон по поставке оборудования.

Стоимость работ по контракту приводится в виде договорной цены ($C_{\text{дог}}$), которая указывается в текущих ценах в виде

$$C_{\text{дог}} = C_{\text{см}} + \Delta C_{\text{рын}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{см}}$ – сметная стоимость работ; $\Delta C_{\text{рын}}$ – дополнительная стоимость, обусловленная влиянием рыночных факторов (удорожанием тарифов на электроэнергию и перевозки, инфляционными процессами и т. д.).

Сметная стоимость работ определяется по данным локальных смет на виды работ, предусмотренные контрактом (монтаж систем

вентиляции и кондиционирования воздуха, монтаж систем теплоснабжения калориферов).

В контрактах, рассчитанных на длительный период времени производства работ, дополнительно указывается порядок индексирования первоначальной стоимости, например, с использованием индексов к стоимости работ, разрабатываемых региональными центрами по ценообразованию в строительстве (РЦЦС).

Сроки производства работ в контрактах приводятся либо в виде конкретных дат начала и окончания монтажа, либо в виде промежутка времени с момента выполнения заказчиком или генеральным подрядчиком обязательств, предшествующих началу монтажа объекта, например, поставки оборудования, сдачи объекта под монтаж.

Помимо общих сроков производства монтажных работ в контрактах могут указываться промежуточные сроки работ по отдельным технологическим этапам (системам, цехам, венткамерам и т. п.).

Обязательства сторон по поставке оборудования в контрактах оформляются в виде разделительной ведомости, где указываются виды оборудования, поставляемые заказчиком и монтажной организацией, а также сроки поставки. Если в системах вентиляции и кондиционирования воздуха используется общепромышленное оборудование, имеющееся в продаже, то вся ответственность за поставку оборудования обычно возлагается на подрядчика. В этом случае необходимость в разделительной ведомости отпадает.

1.1.2. Рабочий проект

Рабочий проект по системам вентиляции и кондиционирования воздуха разрабатывается проектной организацией в разделе «ОВ – отопление и вентиляция». В тех случаях, когда работы по центральному отоплению не предусматриваются, может быть разработан проект вентиляции и кондиционирования воздуха, в котором система теплоснабжения с использованием горячей воды или пара входит разделом проекта.

Рабочий проект состоит из пояснительной записки и комплекта рабочих чертежей.

Пояснительная записка оформляется отдельно или на первых листах чертежей (заглавном листе). В пояснительной записке приводятся описание объекта, перечень и характеристика оборудования СВ и данные по воздухообменам в помещениях, расчетным параметрам проектирования вентсистем и оборудования, особым требованиям к материалу воздуховодов, покраске или защите внутренней поверхности воздуховодов, изоляция воздуховодов и трубопроводов и другие особые сведения, относящиеся к специфике конкретной вентиляционной системы.

В комплект рабочих чертежей входят: поэтажные планы здания (сооружения) с нанесенными на них вентиляционными камерами и трассами воздуховодов; планы и разрезы вентиляционных камер; аксонометрические схемы вентиляционных систем, а также чертежи (эскизы) нетиповых конструкций и узлов, использованных в проекте.

Поэтажные планы с трассировкой воздуховодов вычерчиваются в масштабе 1:100. На них указываются поперечные размеры воздуховодов, переходы с одного размера на другой, места установки воздухозаборных и воздухораспределительных устройств, а также проходов воздуховодов через стены, перекрытия и кровлю.

Вентиляционные камеры представляют собой насыщенные оборудованием и воздуховодами помещения. Поэтому они оформляются в масштабе 1:20. На планах венткамер (рис. 1) наносятся места установки оборудования и прокладки воздуховодов с привязкой к строительным конструкциям с учетом требований СНиП. Разрезы венткамер дополняются соответствующими привязками осей вентагрегатов и круглых воздуховодов или верхних (нижних) поверхностей прямоугольных элементов систем (калориферов, кондиционеров, воздуховодов). По каждой из вентсистем обозначаются основные конструктивные элементы.

Аксонометрические схемы вентиляционных систем (рис. 2) вычерчиваются без масштаба. Они воспроизводят пространственное очертание систем с нанесением отметок установки оборудования и прокладки воздуховодов, указанием мест расположения основных конструктивных элементов систем (клапанов, заслонок, шумоглушителей, воздухозаборных и воздуховыпускных отверстий, шиберов, заглушек, лючков для установки контрольно-измерительных приборов и т. д.). Для воздуховодов, транспортирующих влажный воздух, указывается величина проектного уклона и точка отвода конденсата.

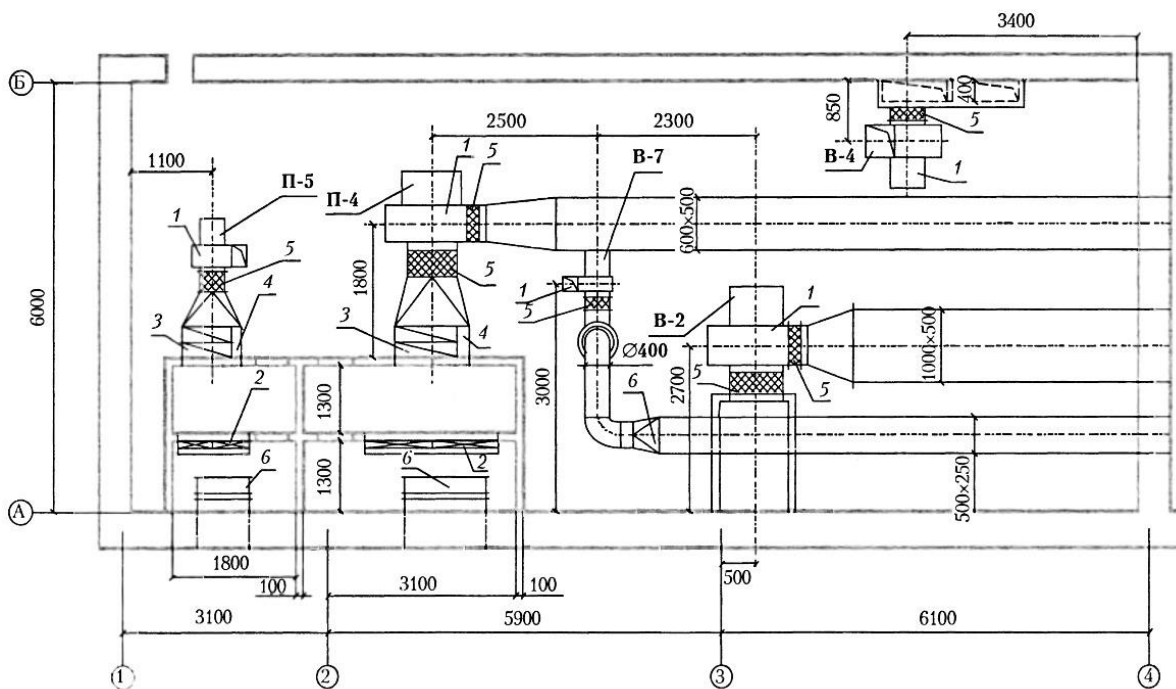


Рис. 1. Вентиляционная камера систем П-4, П-5, В-2, В-4, В-7:
 1 – вентагрегат; 2 – фильтр ячейковый; 3 – калорифер; 4 – воздушная обводная линия;
 5 – гибкая вставка; 6 – клапан воздушный утеплённый

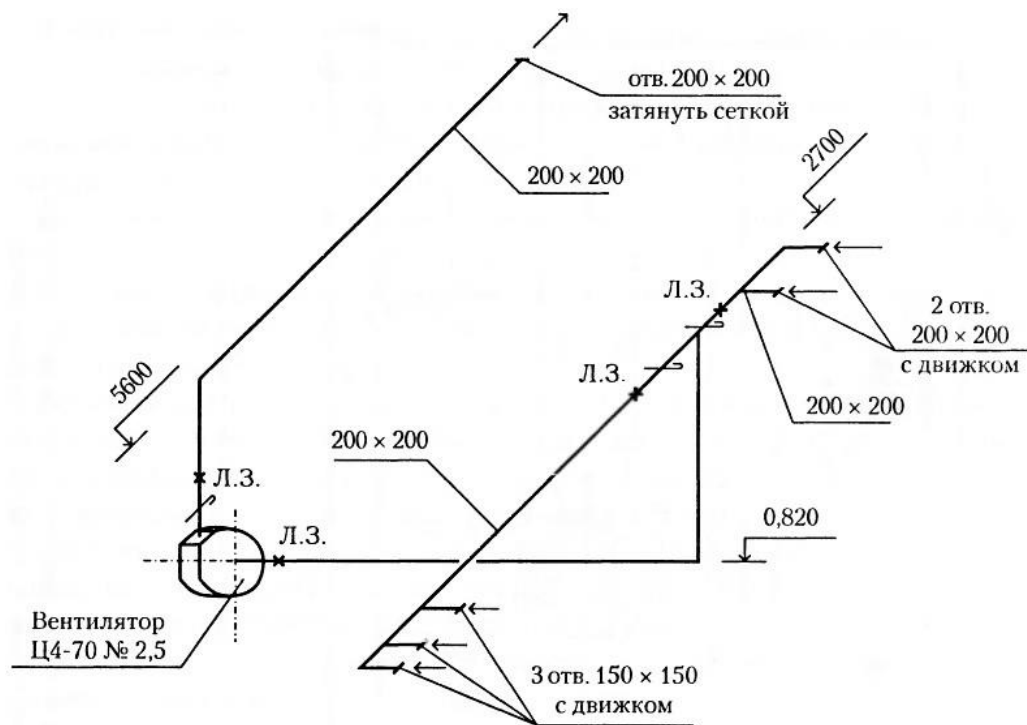


Рис. 2. Аксонометрическая схема систем вентиляции

Данные по видам оборудования вентиляционных систем, характеристикам воздуховодов и других конструктивных элементов, а также их массогабаритных характеристик приводятся в спецификациях, которые разрабатываются по каждой системе (табл.1).

Таблица 1

Спецификация оборудования и материалов по системе П-1 (фрагмент)

№ п/п	Оборудование, материалы, изделия	ГОСТ, тип, марка, поставщик	Единица измерения	Коли- чество	Масса, кг	
					единицы	общая
1	Агрегат вентиляторный канальный RR 1000х500 НЗ с электродвигателем $N = 4$ кВт, $n = 870$ об/мин	"Ostberg"	компл.	1	90	90
2	Канальный воздуheонагреватель PBAS 1000х500х-2-2,5	"Ostberg"	компл.	1	18,3	18,3
...						
8	Сталь тонколистовая холоднокатанная оцинкованная толщиной 0,5 мм	ГОСТ 14918-80	м ²	18,9	5,41	102
9	То же, толщина 0,7 мм	ГОСТ 14918-80	м ²	64,3	6,94	446
...						
14	Заслонка воздушная P300х250P	"Лиссант"	шт.	3	5,6	16,8
...						

В процессе изучения рабочего проекта особое внимание следует обращать на условия монтажа вентиляционных систем:

- массогабаритные характеристики оборудования;
- высоту прокладки воздуховодов и связанную с ней необходимость применения лесов, подмостей, такелажных приспособлений;
- проектные решения по проходу воздуховодов через строительные конструкции;
- возможность применения объемно-блочного монтажа оборудования и его обвязки;
- возможность использования механизированных средств вертикального и горизонтального транспорта для доставки оборудования, узлов и деталей вентсистем к месту монтажа;
- конструкции креплений воздуховодов и способы их установки.

По результатам изучения рабочего проекта могут появиться замечания и предложения, направленные на корректировку проектных решений. В таких случаях проводятся согласования с заказчиком и проектной организацией. Изменения в проекте оформляются либо на чертежах, либо в виде протокола совещания. Все изменения и дополнения к проекту подписываются заказчиком и представителем проектной организации. Подписи подтверждаются печатями соответствующих организаций.

Комплект рабочих чертежей, поступающих непосредственно на монтажный участок, должен иметь разрешающую подпись главного инженера монтажной организации «В производство».

1.1.3. Локальная смета

Локальная смета на монтаж системы вентиляции и кондиционирования воздуха служит основным руководящим документом, в котором приводятся данные по объемам, стоимости и трудоемкости работ, размерам денежных средств, возмещаемых заказчиком подрядчику.

В локальных сметах стоимости строительно-монтажных работ $C_{см}$ определяются следующим образом:

$$C_{см} = ПЗ + НР + СП, \quad (2)$$

где ПЗ – прямые затраты; НР – накладные расходы; СП – сметная прибыль.

Согласно существующим требованиям, расчет сметной стоимости объектов (в том числе инженерных систем) должен производиться с использованием сметной нормативной базы.

Основу сметной нормативной базы составляют Государственные элементные сметные нормы (ГЭСН-2001); показатели ресурсов на строительные (ПРС-98) и ремонтно-строительные (ПРР-98) работы; территориальные единичные расценки на строительные (ЕРС-99) и ремонтно-строительные (ЕРР-99) работы; средние сметные цены (ССЦ-99), а также методические указания Госстроя России для расчета накладных расходов МДС 81-4.99 и сметной прибыли МДС 81-25.2001.

Сметные нормативы систематизированы в сборниках норм и расценок по видам строительно-монтажных и ремонтно-строительных работ.

1.2. Разработка технологии монтажа систем вентиляции и кондиционирования воздуха

В процессе разработки технологии работ по монтажу СВ и СКВ должны быть определены:

- основные виды работ и последовательность их выполнения;
- перечень технологических операций, входящих в состав каждого вида работ;
- способы выполнения технологических операций;
- особые требования к строительной готовности здания (сооружения) и смежным видам работ.

Технология работ может быть приведена в табличной форме (табл. 2).

К основным видам работ относятся: доставка материалов, оборудования, конструкций и монтажных заготовок в рабочую зону (внутрипостроечные транспортные работы); монтаж оборудования вентиляционных камер; прокладка воздухопроводов; пуск и опробование оборудования.

При доставке конструктивных элементов вентсистем в рабочую зону следует использовать механизированные средства горизонтального и вертикального транспорта, имеющиеся на строительной площадке (башенные краны, подъемники). Для перемещения элементов систем внутри помещений и монтажа оборудования необходимо ориентироваться на применение механизированных и ручных лебедок, талей, мачт и других такелажных приспособлений.

Особое внимание следует обращать на наличие предусмотренных проектом монтажных проемов и возможность перемещения громоздкого оборудования и укрупненных узлов через дверные проемы.

В состав технологических операций должны быть включены работы по доставке материалов, оборудования, изделий и заготовок в рабочую зону; разметке мест прокладки трубопроводов и воздухопроводов; установке средств крепления оборудования и воздухопроводов; подаче элементов систем в проектное положение; сборке узлов и деталей (на резьбе, фланцах, сварке и т. д.).

Таблица 2

**Технология работ по монтажу систем вентиляции
и кондиционирования воздуха**

Вид работ	Основные технологические операции	Особые требования к строительной готовности
Выгрузка материалов из транспортных средств, складирование и подача в рабочую зону	Выгрузка материалов, изделий, заготовок из транспортных средств (указывается способ выгрузки). Комплектование и подноска (подвозка, подача краном и т.п.) материалов на расстояние дом	Подъезд в зону действия башенного крана или непосредственно к зданию при использовании самоходных кранов. Наличие площадок для складирования материалов
Монтаж оборудования венткамер	Монтаж вентагрегатов, калориферов, кондиционеров, фильтров, обвязки оборудования	Наличие монтажных проемов фундаментов под оборудование. Устройство гидроизоляции перекрытий (при монтаже камер орошения). Первичная отделка помещения (без окраски). Возможность подключения электросварки, электроинструментов и осветительных приборов
Монтаж воздуховодов	Разметка мест прокладки воздуховодов и установки кронштейнов, подвесок. Сборка и монтаж узлов воздуховодов с установкой кронштейнов и подвесок, уплотнением стыковых соединений (указываются способы крепления кронштейнов, подвесок и уплотнения стыковых соединений)	Наличие отверстий в местах прохода воздуховодов через строительные конструкции, закладных частей. Подготовка стен (штукатурка, шпатлёвка). Возможность подключения электроинструментов и осветительных приборов на расстоянии до 50 м. Устройство лесов или подмостей при работе на высоте
Пуск и опробование оборудования	Подключение электродвигателей к сети электроснабжения. Пуск и опробование вентагрегатов вхолостую и под нагрузкой. Проверка плотности соединения воздуховодов, работоспособности воздухозаборных, регулировочных и воздухоразделительных устройств	Наличие силового электроснабжения. Освещение помещений

При определении способов выполнения технологических операций должны быть приняты решения по применению средств механизации работ (в том числе механизированного инструмента), такелажных и иных приспособлений; методам закрепления кронштейнов к строительным конструкциям (пристрелкой, установкой в просверленные отверстия и т. д.); методам производства работ на высоте и т. д. (табл. 3).

Количество средств механизации работ и приспособлений, а также продолжительность их использования на объекте определяются по результатам разработки календарного плана производства работ.

Работы по монтажу вентиляционных систем зданий и сооружений должны осуществляться в условиях необходимой строительной готовности. Поэтому при разработке технологии монтажных работ должны быть указаны конкретные требования СНиП 3.05.01-85* к строительной готовности конструктивных элементов здания (сооружения) или степени завершенности предшествующих работ, которые позволили бы выполнять монтажные работы в соответствии с принятой технологией.

Таблица 3

**Перечень машин, механизмов, механизированного инструмента
и приспособлений (пример)**

Наименование технологической операции	Машины, механизмы, механизированный инструмент и приспособления
Подача оборудования, материалов, изделий и заготовок в зону монтажа	Кран башенный
Перемещение узлов и оборудования к месту монтажа	Лебёдка ручная грузоподъёмностью 3 т
Перемещение кислородных и ацетиленовых баллонов	Таль ручная грузоподъёмностью 3 т
Крепление кронштейнов для воздухопроводов к бетонным стенам	Тележка двухколёсная на два баллона
То же, к стенам из кирпича, керамзитобетона	Машина сверлильная
Сборка фланцевых соединений воздухопроводов	Электрогайковёрт

1.3. Монтажное проектирование

1.3.1. Общие положения

Системы вентиляции и другие инженерные системы могут иметь большие размеры, а поэтому для транспортировки от места изготовления на объект и для возможности их перемещения при монтаже на объекте они должны делиться на части (детали). Сети металлических воздуховодов систем вентиляции и кондиционирования воздуха монтируются на объектах из унифицированных деталей, изготовленных в заводских условиях. Централизованное изготовление деталей на заводах позволяет существенно сократить затраты труда в процессе производства монтажных работ, а также улучшить качество деталей и систем в целом по сравнению с ручным их производством на объекте.

Заказ и изготовление деталей воздуховодов производится обычно по монтажному проекту. Исходными данными для разработки монтажного проекта служат рабочие чертежи раздела ОВ: планы и разрезы зданий и отдельных помещений, аксонометрические схемы вентиляционных систем, чертежи венткамер. На их основе разрабатываются монтажные схемы воздуховодов и комплектующие ведомости деталей вентсистем – основные документы монтажных проектов.

Монтажные организации получают от заказчика (или генерального подрядчика) рабочие чертежи раздела ОВ, разработанные согласно требованиям ГОСТ 21.602-79. Эти чертежи не содержат необходимых для оформления заказа на специализированные предприятия сведений о делении трассы воздуховодов на удобные для изготовления, перевозки и монтажа детали, а также данных об устройствах соединения деталей между собой и закрепления воздуховодов в монтажных положениях. Поэтому рабочие чертежи раздела ОВ, разработанные проектными организациями, дорабатывают монтажники. Эта стадия разработки технической документации называется монтажным проектированием, а разработанные документы – монтажным проектом.

Ранее была предпринята попытка обязать проектные организации осуществлять монтажное проектирование в типовых проектах СВ. Эта попытка не увенчалась успехом, так как монтажные проекты были оторваны от особенностей индустриальных баз монтажных

трестов, не учитывали технических возможностей и сложившейся практики производства монтажных и заготовительных работ.

Монтажные проекты (МП) разрабатываются монтажной организацией или по ее заказу специализированной фирмой. Монтажное проектирование может осуществляться с использованием рабочих чертежей (РЧ) марок ОВ и АР, выполненных проектной организацией, или по замерочным размерам и эскизам, сделанным монтажниками с натуры. Каждый метод имеет свои достоинства и недостатки.

Схемы, выполненные опытным замерщиком по замерам с натуры, обычно более точны, чем схемы, сделанные по чертежам, соответствуют действительным строительным размерам, а поэтому при выполнении монтажа из заготовок по замерочным эскизам с натуры не требуется дополнительная подгонка или переделка воздухопроводов. В результате уменьшаются трудозатраты при монтаже, сокращается расход металла. Однако замеры с натуры строящихся объектов могут производиться лишь после окончания соответствующих строительных работ (как правило, при готовности объекта под монтаж) при строительстве новых зданий, а также в тех зданиях, где производится реконструкция. Зависимость работ по составлению МП от строительной готовности вновь возводимых зданий, а производство заготовок, в конечном итоге, от наличия монтажных схем, с помощью которых оформляется заказ на завод, влияет на сроки окончания заготовительных работ, а также на сроки сдачи объекта в эксплуатацию. Кроме того, при этом способе может нарушиться ритмичность работы заготовительных предприятий.

МП преимущественно выполняются без замеров с натуры – по замерам на рабочих чертежах. Необходимые размеры определяются по строительным чертежам зданий и рабочим чертежам систем с учетом рекомендуемых монтажных положений воздухопроводов и других (как правило, унифицированных) элементов систем, приведенных в справочниках и строительных нормах по монтажу СВ и СКВ. Разработка МП по этому методу требует тщательного выполнения рабочих чертежей, а также хорошего качества строительных работ.

Работы, связанные с выполнением МП по чертежам и изготовлением унифицированных деталей систем на заводах монтажных заготовок, не зависят от строительной готовности объекта, а зависят от готовности рабочего проекта и поэтому могут быть выполнены

заранее, в удобное время на основе ранее разработанных чертежей или эскизов унифицированных блоков, узлов и деталей, а также без них. На изготовление МП без использования унифицированных заготовок затрачивается много времени, так как в этом случае нужно детально разрабатывать эскиз на каждое изделие. Если же МП выполняется с помощью чертежей унифицированных блоков, узлов и стандартных деталей, то резко сокращается время, необходимое на монтажное проектирование, так как большую часть заготовок разрабатывать не нужно, они уже разработаны и содержатся в соответствующих альбомах унифицированных деталей. Разработчику МП достаточно выбрать из альбома нужные заготовки и включить их в соответствующие комплектовочные ведомости. Такой способ монтажного проектирования предпочтителен, а поэтому рекомендуется для разработчиков МП.

Таким образом, монтажное проектирование СВ и СКВ на основе рабочих чертежей и унифицированных деталей имеет следующие достоинства:

- сокращается время на разработку МП;
- создаются условия для совершенствования технологических процессов на ЗМЗ, внедрения на заводах комплексной механизации и автоматизации производства заготовок, использования современного технологического оборудования, улучшения качества изделий, снижения их стоимости, перехода на обезличенную централизованную заготовку блоков, узлов и деталей, следовательно, и на ритмичную работу заготовительных предприятий в течение всего года;
- сокращаются сроки строительства в целом и сдачи объекта в эксплуатацию.

Системы монтируются из агрегатов, блоков, узлов и деталей, которые можно назвать обобщенно сборочными единицами, а узлы и детали – заготовками.

Сети воздухопроводов komponуются из следующих деталей: прямых участков, узлов ответвлений (врезок в прямые участки или тройников, крестовин), отводов, полуотводов, переходов и заглушек.

Узлы ответвлений, отводы, полуотводы и переходы называют обобщенно фасонными частями. К фасонным частям относятся еще и утки. Утку можно собрать из двух полуотводов или прямого участка и двух полуотводов.

Разработаны нормалы на прямые участки и фасонные части воздуховодов круглого и прямоугольного сечений СВ и СКВ. Нормами и СПиП 2.04.05-91* установлены основные размеры сечений воздуховодов круглого и прямоугольного сечений. Там же содержатся указания по выбору толщины стали для воздуховодов в зависимости от размера их сечений. Установлены также рекомендуемые длины прямых участков воздуховодов.

МП используются не только для составления заявки на изготовление деталей, но и для комплектации систем на месте монтажа и определения по маркировке на детали и номеру детали на монтажной схеме ее места в системе.

1.3.2. Монтажные положения, способы соединения и крепления воздуховодов

В целях унификации расположения воздуховодов относительно строительных конструкций рекомендуется использовать разработанные ГПН «Проектпромвентиляция» монтажные положения воздуховодов круглого и прямоугольного сечения. Эти монтажные положения воздуховодов определяются следующими рекомендациями и размерами.

1. Оси воздуховодов должны быть параллельны плоскостям строительных конструкций.

2. Расстояние l от оси воздуховода до поверхностей строительных конструкций вычисляют по следующим формулам:

- для воздуховодов круглого сечения

$$l = 0,5D_{\max} + 50, \text{ мм}, \quad (3)$$

где $D_{\max}$ – максимальный диаметр прокладываемого воздуховода, включая изоляцию, мм;

- для воздуховодов прямоугольного сечения

$$l = 0,5b_{\max} + x, \text{ мм}, \quad (4)$$

где $b_{\max}$ – максимальная ширина прокладываемого воздуховода, мм;
 x – расстояние между наружной поверхностью воздуховода и стеной (не менее 50 мм), мм.

При ширине воздуховода 100–400 мм $x = 100$ мм, 400–800 мм $x = 200$ мм, 800–1500 мм $x = 400$ мм.

3. Минимально допустимое расстояние от оси воздуховода до наружной поверхности электропроводов определяют по формулам:

- для воздуховодов круглого сечения

$$l = 0,5D_{\max} + 300, \text{ мм}; \quad (5)$$

- для воздуховодов прямоугольного сечения

$$l = 0,5b_{\max} + 300, \text{ мм}. \quad (6)$$

4. Минимально допустимое расстояние от оси воздуховода до наружной поверхности трубопроводов находят по формулам:

- для воздуховодов круглого сечения

$$l = 0,5D_{\max} + 250, \text{ мм}; \quad (7)$$

- для воздуховодов прямоугольного сечения

$$l = 0,5b_{\max} + x, \text{ мм}. \quad (8)$$

5. При параллельной прокладке нескольких воздуховодов на одной отметке минимально допустимое расстояние между осями этих воздуховодов вычисляют по формулам:

- для воздуховодов круглого сечения

$$l = 0,5(D_{\max} + D'_{\max}) + 250, \text{ мм}; \quad (9)$$

- для воздуховодов прямоугольного сечения

$$l = 0,5(b_{\max} + b'_{\max}) + x, \quad (10)$$

где $D_{\max}$ и $D'_{\max}$ – диаметры воздуховодов, мм; $b_{\max}$ и $b'_{\max}$ – размеры сторон воздуховодов прямоугольного сечения, мм.

6. Минимально допустимое расстояние от оси воздуховодов до поверхности потолка определяют по формулам:

- для воздуховодов круглого сечения

$$l = 0,5D_{\max} + 100, \text{ мм}; \quad (11)$$

- для воздуховодов прямоугольного сечения

$$l = 0,5a_{\max} + x. \quad (12)$$

7. При прохождении воздуховодов через строительные конструкции фланцевые и другие разъемные соединения воздуховодов размещать на расстоянии не менее 100 мм от поверхности этих конструкций.

Отдельные детали воздуховодов (прямые участки и фасонные части) соединяются между собой в воздухопроводную сеть с помощью фланцевых и бесфланцевых соединений (бандажей, планок, реек, раструбных и других соединений).

Крепление воздуховодов следует выполнять в соответствии с рабочей документацией и требованиями СНиП 3.05.01-85*. Крепление горизонтальных металлических неизолированных воздуховодов (хомуты, подвески, опоры и другие) на бесфланцевом соединении следует устанавливать на следующих расстояниях:

– не более 4 м при диаметрах воздуховода круглого сечения или размерах большей стороны воздуховода прямоугольного сечения менее 400 мм;

– не более 3 м при диаметрах воздуховода круглого сечения или размерах большей стороны воздуховода прямоугольного сечения 400 мм и более.

Крепления горизонтальных металлических неизолированных воздуховодов на фланцевом соединении круглого сечения диаметром до 2000 мм или прямоугольного сечения при размерах большей его стороны до 2000 мм включительно следует устанавливать на расстоянии не более 6 м. Расстояние между креплениями изолированных металлических воздуховодов любых размеров поперечных сечений, а также неизолированных воздуховодов круглого сечения диаметром более 2000 мм или прямоугольного сечения при размерах его большей стороны более 2000 мм должны назначаться рабочей документацией.

Крепления вертикальных металлических воздуховодов следует устанавливать на расстоянии не более 4 м.

Крепления вертикальных металлических воздуховодов внутри помещений с высотой этажа более 4 м и на кровле здания должно назначаться рабочим проектом.

Конструкции соединений деталей воздуховодов более подробно будут рассмотрены ниже.

1.3.3. Разработка технической документации на изготовление и монтаж воздуховодов

Разработка технической документации на изготовление и монтаж воздуховодов сводится к разработке аксонометрической монтажной схемы системы вентиляции (кондиционирования воздуха), комплектовочных ведомостей деталей воздуховодов и ведомостей серийного производства (шумоглушители, заслонки, воздухораспределители, зонты, дефлекторы и др.), а также чертежей (эскизов) неунифицированных деталей. Перечисленная техническая документация называется монтажным или монтажно-заготовительным (МЗП) проектом.

МЗП нужен для оформления заказа в заготовительном предприятии на изготовление деталей воздуховодов монтируемых систем вентиляции и кондиционирования воздуха, для проверки комплектности заготовок систем, а также для определения места каждой выполненной на заготовительном предприятии детали в системе при ее монтаже. МЗП разрабатывается для каждой системы.

Для разработки МП необходимы следующие исходные данные:

- рабочие чертежи марки ОВ монтируемых систем и архитектурно-строительные чертежи марки АР, планы и разрезы здания (сооружения) в местах расположения монтируемых систем;
- альбомы и другие материалы, в которых содержатся данные по унифицированным деталям и узлам монтируемых систем;
- габаритные и присоединительные размеры оборудования и типовых деталей;
- рекомендуемые монтажные положения сборочных единиц систем;
- нормативные и методические материалы о порядке выполнения и оформления МП систем.

Монтажное проектирование состоит из следующих шагов:

- используя РЧ марки ОВ, вычерчивают аксонометрическую схему системы, производят деление трасс воздухопроводов системы на детали, как правило, унифицированные, содержащиеся в альбомах, нормах и других документах;
- выбирают типы соединения деталей между собой и с другими сборочными единицами системы;
- устанавливают места и типы креплений трасс воздухопроводов системы;
- разрабатывают эскизы (чертежи) неунифицированных деталей с определением всех необходимых для их изготовления размеров;
- составляют обязательные для МП документы:
 - 1) аксонометрическую монтажную схему системы;
 - 2) комплектные ведомости;
 - 3) эскизы на неунифицированные (нетиповые, нестандартные) детали.

Могут разрабатываться и другие документы. Государственного стандарта или других единых норм на состав документов МП нет, а поэтому их перечень в разных регионах и предприятиях может отличаться. Обязательными документами являются перечисленные выше три наименования. Однако и их структура, а также содержание могут отличаться.

Аксонометрическая монтажная схема вычерчивается на основе аксонометрической схемы рабочего чертежа, разработанного проектной организацией до начала монтажного проектирования, т. е. она имеется в качестве исходных данных. Аксонометрическая монтажная схема может быть по конфигурации копией схемы РЧ либо ее изображают произвольно на отдельном листе без соблюдения масштаба. На эту схему наносят отметки уровней вентилятора, перекрытий, подъемов, опусков воздухопроводов, а также длины горизонтальных прямолинейных участков и все диаметры и сечения воздухопроводов. На рис. 3 приведены для сравнения аксонометрические схемы одной и той же системы вентиляции и аксонометрическая схема из состава рабочих чертежей и монтажная схема.

Схему делят на части (детали). Сначала выделяют стандартные, типовые и унифицированные детали системы, размеры которых известны. Затем разрабатывают эскизы нетиповых (неунифицированных) деталей в аксонометрической проекции, определяют размеры, необходимые для их изготовления.

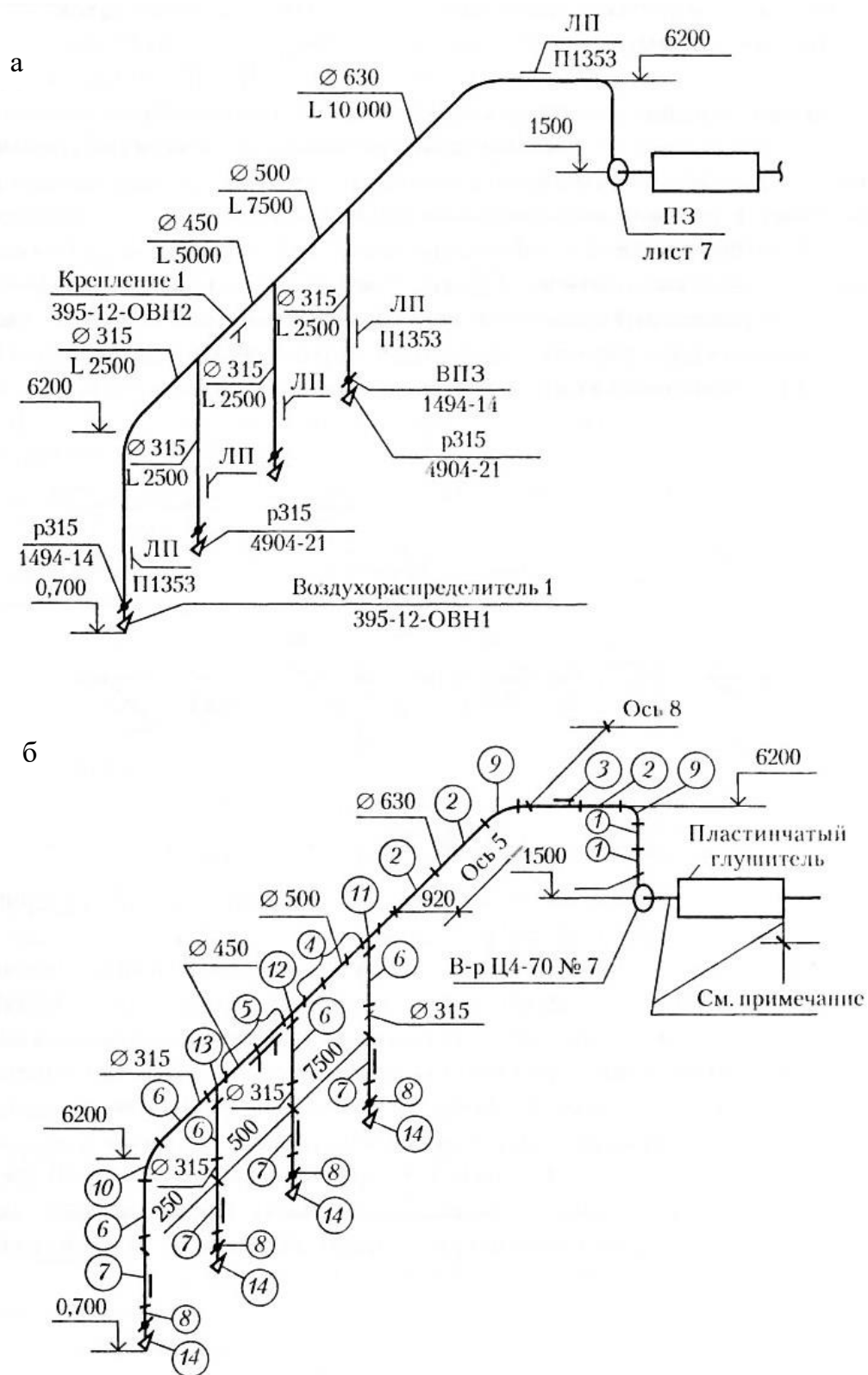


Рис. 3. Аксонометрические схемы систем вентиляции:
а – схема рабочего чертежа; б – монтажная схема; 1 – 14 – унифицированные детали

Далее находят суммарные длины прямых участков сети между стандартными, типовыми, фасонными деталями и другими элементами. Прямолинейные суммарные участки воздухопроводов разбивают на индивидуальные участки (детали) рекомендованной ВСН 353-86 длины. При этом один из индивидуальных участков каждой прямой линии воздухопроводов может отличаться от рекомендованной длины. Его называют подмер. Длина подмера обычно уточняется по месту, а поэтому целесообразно при фланцевом соединении один фланец делать свободным для перемещения вдоль оси воздухопровода. Участкам присваиваются номера, их обозначают цифрами в кружочках, например ①, что означает участок номер 1. На рис. 4 приведен упрощенный фрагмент аксонометрической монтажной схемы трассы воздухопроводов системы вентиляции. Фрагмент использован для иллюстрации упрощенной комплектовочной ведомости (табл. 4).

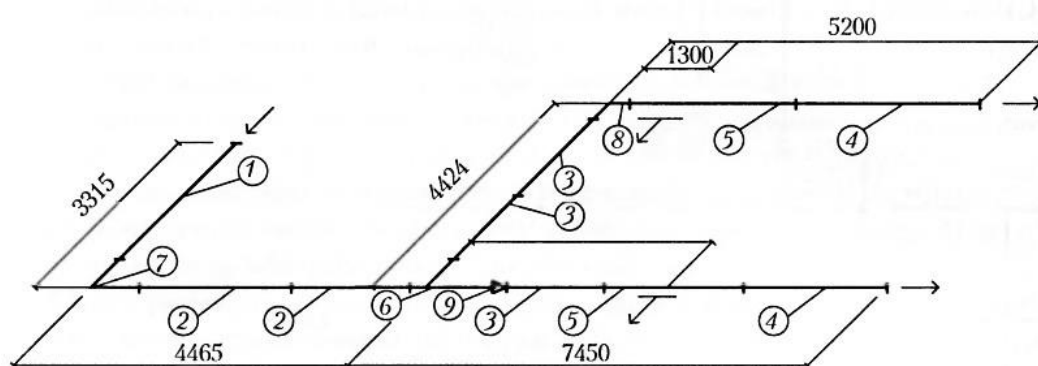


Рис. 4. Фрагмент монтажной схемы воздухопроводов:

1, 2, 3 – прямые участки; 4 – прямой участок с торцевой сеткой; 5 – прямой участок с сеткой и движком; 6 – прямой участок с врезкой; 7, 8 – отводы; 9 – переход

Выше отмечено, что в состав МП входит разработка комплектовочных ведомостей и ведомостей деталей воздухопроводов.

На каждую систему составляется одна или несколько комплектовочных ведомостей. Количество ведомостей и их форма зависят от требований предприятий, выполняющих заказ на изготовление деталей. Так, например, в комплектовочной ведомости системы вентиляции могут быть приведены следующие данные: номера деталей, их наименования, размеры деталей (диаметр для воздухопроводов круглого сечения; размеры сторон воздухопроводов прямоугольного сечения; длины), количество (штук, кг одной штуки и масса всех штук), толщина металла.

Сами детали перечисляются в ведомости не в той последовательности, в которой они расположены в системе по ходу воздуха, а по группировкам однотипности:

- прямые участки;
- прямые участки с врезками;
- прямые участки с решетками, сетками и т. д.;
- отводы и полуотводы;
- переходы;
- коробки.

Состав группировок и их порядок расположения в ведомости в разных региональных организациях может отличаться.

Образец комплектовочной ведомости представлен в табл. 4, которая составлена для фрагмента системы, приведенной на рис. 4. В конце комплектовочной ведомости могут быть приведены данные общей площади поверхности воздухопроводов и общие площади по толщинам металла, деталей (отдельно по прямым участкам и фасонным частям, по толщинам металла в м² и кг); число и перечень соединительных элементов (бандажей, фланцев и соединений на шине – количество по каждому размеру); решетки и сетки, ВЭПШ (воздухораспределители эжекционные панельные штампованные) и других деталей, установленных на воздухопроводах.

Комплектовочная ведомость для фальцевых и сварных воздухопроводов составляется отдельно.

Для изделий серийного производства (шумоглушителей, заслонок, воздухораспределителей, зонтов, дефлекторов и др.) составляется отдельная ведомость с указанием номеров типовых серий.

В монтажное проектирование входит также разработка чертежей (эскизов) неунифицированных деталей, если они применены в рассматриваемой схеме.

Считается, что детали, которые не содержатся в ВСН 353-86, относятся к нетиповым, неунифицированным. На эти детали выполняются рабочие эскизы (чертежи).

Таблица 4

Комплектовочная ведомость деталей воздуховодов

№ детали	Наименование детали	Диаметр, мм	Длина, мм	Количество, шт.	Поверхность, м ²		Примечание
					ед.	общая	
1	Прямой участок	315	3000	1	2,97	2,97	Сетка с движком 200х200 мм
2	То же	315	2000	2	1,98	3,96	
3	— —	200	2000	3	1,26	3,78	
4	Прямой участок с торцевой сеткой	200	3000	2	1,88	3,76	
5	Прямой участок с сеткой и движком	200	3000	2	1,26	2,52	
6	Прямой участок с врезкой	315х200	300х224	1	0,56	0,56	
7	Отвод 90°	315	315	1	0,64	0,64	
8	Отвод 90°	200	200	1	0,32	0,32	
9	Переход	315х200	300	1	0,33	0,33	
	Всего						

Примечание. Кроме приведенных в табл. 4 характеристик представляют и другие.

Согласно ГОСТ 21.602-79, чертеж общего вида нестандартной (нетиповой) конструкции должен содержать (рис. 5):

- изображение конструкции (виды, разрезы, сечения);
- текстовые указания и надписи, необходимые для понимания конструкции;
- наименования составных частей конструкции (при необходимости);
- размеры и другие данные;
- схему, если она требуется.

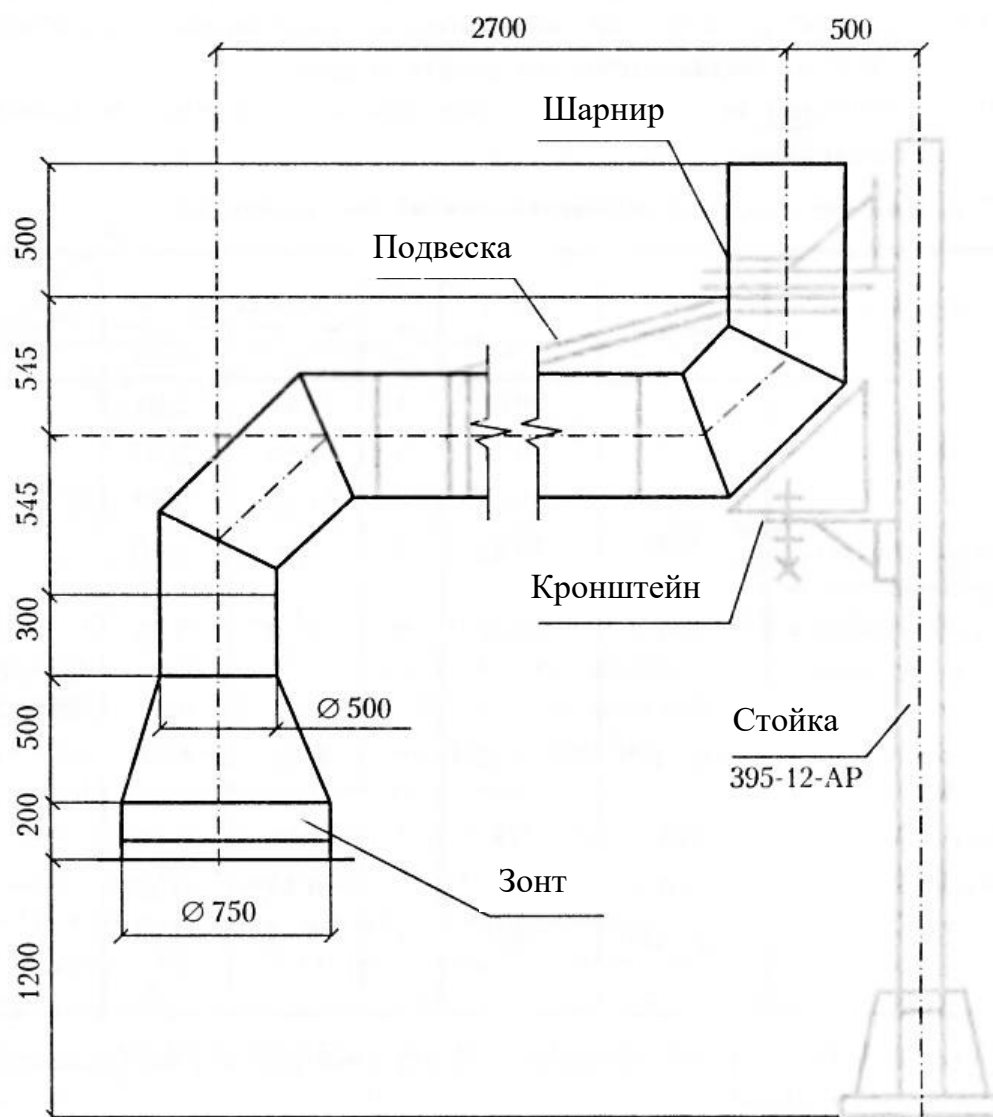


Рис. 5. Общий вид нестандартной конструкции детали

1.4. Подготовка объекта под монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха

Требования к строительной готовности зданий и сооружений изложены в СНиП 3.05.01-85. Причем строительная готовность должна не просто обеспечивать возможность выполнения монтажных работ, а позволять вести их индустриальными методами из узлов трубопроводов, воздуховодов, оборудования, поставляемых комплектно, укрупненными блоками.

Монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха может производиться при строительной готовности объекта (захватки) в объеме:

- для промышленных зданий – все здание при объеме до 5000 м³ и часть здания при объеме свыше 5000 м³, включающая по признаку расположения отдельное производственное помещение, цех, пролет и т. д. или комплекс устройств (система вентиляции, венткамера и т. п.);

- для жилых и общественных зданий до пяти этажей – отдельное здание, одна или несколько секций; свыше пяти этажей – 5 этажей одной или нескольких секций; в последнем случае монтаж допускается, если выше пятого этажа установлено не менее двух перекрытий.

При подготовке объекта под монтаж генподрядчиком должны быть выполнены следующие работы:

- монтаж междуэтажных перекрытий, стен и перегородок, на которых будет устанавливаться оборудование и производиться прокладка воздуховодов;

- возведение строительных конструкций вентиляционных камер при точных и вытяжных систем;

- устройство фундаментов или площадок для установки вентиляторов, калориферов, кондиционеров и другого оборудования;

- устройство гидроизоляции в местах установки кондиционеров, приточных вентиляционных камер и мокрых фильтров;

- устройство полов (или соответствующей подготовки) в местах установки вентиляторов, монтируемых на пружинных виброизоляторах, а также «плавающих» оснований для установки вентиляционного оборудования;

- устройство опор для установки крышных вентиляторов, выхлопных шахт и дефлекторов на покрытиях зданий;

- подготовка отверстий в стенах, перегородках, перекрытиях и покрытиях, необходимых для прокладки воздуховодов;

- нанесение на внутренних и наружных стенах всех помещений вспомогательных отметок, равных проектным отметкам чистого пола плюс 500 мм;

- оштукатуривание или облицовка поверхности стен и ниш в местах установки вентиляционного оборудования и прокладки воздуховодов;

- подготовка монтажных проемов в стенах и перекрытиях для подачи крупногабаритного оборудования и воздуховодов;
- установка в соответствии с рабочей документацией закладных деталей в строительных конструкциях для крепления оборудования и воздуховодов;
- обеспечение искусственного освещения, возможности включения переносных ламп, электроинструментов и электросварочного оборудования на расстоянии не более 50 м один от другого;
- остекление оконных проемов в наружных ограждениях, утепление входов и отверстий.

Перечисленные работы не полностью отражают все обстоятельства, связанные с подготовкой к сдаче объекта под монтаж.

Во-первых, при сдаче объекта под монтаж должны быть выполнены требования, обычно указываемые в проектах производства работ, по обеспечению:

- мест складирования материалов, изделий и оборудования вентиляционных систем в зоне действия грузоподъемных механизмов;
- проездов к зданиям и местам подъема (монтажа) оборудования, изделий и материалов;
- площадок для установки механизмов субподрядчика (автокранов, автовышек и т. п.), используемых им при производстве монтажных работ;
- выносных площадок на этажах зданий для приема поднимаемых материалов, заготовок и оборудования;
- лесов или подмостей для монтажа санитарно-технических систем на отметке выше 4 м;
- бытовых и служебных помещений.

Во-вторых, при сдаче объекта под монтаж должны быть не только оставлены предусмотренные проектом отверстия для прохода воздуховодов, но и пробиты все необходимые отверстия для прохода коммуникаций, даже если отверстия не предусмотрены в строительных рабочих чертежах. Для прокладки воздуховодов размеры отверстий должны на 150 мм превышать диаметр круглого и линейный размер каждой из сторон поперечного сечения прямоугольного воздуховода.

Качество пробивки отверстий и состояние строительных конструкций следует проверять с помощью шнура, уровня и отвеса. Отклонения линейных размеров не должны превышать:

	мм
по высоте этажа.....	10 – 15
расстоянию от чистого пола до низа подоконной доски.....	10 – 15
расстоянию между осями смежных оконных проемов.....	10 – 15
вертикальности стен и перегородок на 1 м высоты.....	3
осям отверстий.....	10

При приемке фундаментов под оборудование следует проверять их размеры в плане, привязку к другим строительным конструкциям, отметку верха фундаментов и точность устройств для крепления оборудования. Допускаемые отклонения составляют:

	мм
по осям фундамента.....	20
размерам в плане.....	30
отметкам верха фундамента.....	–30
осям отверстий для анкерных болтов.....	10
осям фундаментных болтов.....	5

В сооружениях из монолитного железобетона особое внимание должно быть обращено на наличие, качество выполнения и точность установки закладных деталей и пробок, а также на соответствие монтажных проемов проектным размерам.

Готовность зданий, сооружений или их частей под монтаж оформляется актом, который подписывается генподрядчиком, заказчиком и представителем монтажной организации. На устройство фундаментов составляются отдельные акты. Все акты оформляются в трех экземплярах (один – заказчику, второй – генподрядчику, третий – субподрядчику). В последующем акты приемки под монтаж предъявляются рабочей комиссии при сдаче объекта в эксплуатацию.

Леса и подмости принимаются по отдельному акту при условии, что предварительно они были освидетельствованы и приняты для производства работ рабочей комиссией генподрядчика.

2. ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

2.1. Общие положения

Заготовительные работы – это производство деталей воздуховодов для монтируемых систем вентиляции (СВ), систем кондиционирования воздуха (СКВ) и систем воздушного отопления (СВО). Номенклатура деталей воздуховодов для каждой системы индивидуальна и окончательно определяется в ходе монтажного проектирования. Деталь – часть целого (составная часть системы).

СНиП 3.06.01-85*, монтаж внутренних сантехнических систем, к которым относятся рассматриваемые в учебнике СВ, СКВ и СВО, необходимо выполнять индустриальными методами из деталей воздуховодов, изготавливаемых на специализированных предприятиях и поставляемых на объекты комплектно. Часть деталей систем могут быть изготовлены непосредственно на объекте, где монтируются системы.

При индустриальном методе монтажа изготовление деталей воздуховодов (вентиляционных заготовок) отделено от монтажных работ, т. е. детали воздуховодов изготавливаются вне монтажного объекта на заготовительных предприятиях.

Различают следующие виды заготовительных предприятий:

- вентиляционный завод (ВЗ) как самостоятельное юридическое лицо;
- центральная заготовительная мастерская (ЦЗМ), как правило, на балансе монтажной фирмы;
- участковая заготовительная мастерская (УЗМ), как правило, на балансе монтажной фирмы. В УЗМ изготавливаются мелкие детали и подмеры по разовым заказам.

На объектах с большим объемом работ в качестве передвижных заготовительных участков используются передвижные мастерские. Современные технологии и оборудование позволяют так организовать производство вентиляционных заготовок на объекте, что существенно снижаются затраты на транспортировку вентиляционных заготовок, если бы они производились не на объекте монтажа, а на ВЗ, ЦЗМ или УЗМ.

В данном пособии не рассматривается заводская организация и технология работ по производству заготовок для СВ, СКВ и СВО.

Не рассматриваются также технологическое оборудование и механизмы для изготовления вентиляционных заготовок. Монтажников, прежде всего, интересует номенклатура заводских изделий, монтажные и эксплуатационные требования к производимым изделиям и как эти требования обеспечиваются.

Наиболее предпочтительным видом заготовительного предприятия для производства деталей воздуховодов являются вентиляционные заводы (ВЗ). На этих предприятиях внедрены передовые технологии производства, современное производственное оборудование, системы контроля качества, современные системы продаж. Это позволяет сократить сроки изготовления деталей воздуховодов, повысить производительность труда, снизить себестоимость готовых изделий и повысить их качество.

Доказано преимущество индустриального метода монтажа инженерных систем. При таком способе монтажных работ большое значение имеют унификация и типизация деталей воздуховодов.

Типовые детали – детали с постоянной конфигурацией и меняющимися размерами.

Стандартные детали – детали с постоянной конфигурацией и постоянными размерами.

Под унификацией понимают приведение деталей к целесообразному наименьшему числу их типов, типоразмеров и т. п.

Применение в СВ, СКВ и СВО воздуховодов из унифицированных деталей позволяет заготовительным предприятиям наладить производство обезличенных деталей воздуховодов, не привязанных к конкретным объектам, и хранить их на своих складах. Монтажные фирмы при такой организации работ на заготовительных предприятиях могут скомплектовать нужную им систему вентиляции из готовых заводских деталей воздуховодов в короткий промежуток времени и немедленно приступить к монтажу, доставив их на объект. Заготовительным предприятиям остается изготовить по заказу только нетиповые детали и подмеры. Монтажные фирмы, имеющие свои ЦЗМ или УЗМ, могут изготовить нетиповые или нестандартные детали у себя на фирме или прямо на объекте.

Рассматриваемые системы вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления монтируются из:

– стандартного оборудования (кондиционеров, приточных камер, вентиляторов, насосов, теплообменников, фильтров, холодиль-

ных машин, чиллеров, фэнкойлов, увлажнителей воздуха, приводов, электронных систем управления и др.);

- типовых устройств и деталей систем (мягких вставок, глушителей шума, заслонок, шиберов, клапанов, дроссель клапанов, обратных клапанов, зонтов, дефлекторов, узлов прохода через кровлю, воздухораспределительных устройств, деталей подвеса трасс воздухопроводов: хомутов, тяг, кронштейнов, талрепов, траверс и др.);

- деталей воздухопроводов (прямых и фасонных частей круглого, прямоугольного и овального сечения, деталей соединения воздухопроводов между собой: ниппелей, реечных соединений, шин, фланцев, бандажей и др.); фасонные части: отводы, переходы, заглушки и узлы ответвлений (врезки, тройники и крестовины), см. рис. 6–8;

- контрольно-измерительных приборов (КИП) и приборов автоматики;

- различных материалов (уплотнительных прокладок, мастик, изоляционных материалов).

Перечисленное стандартное оборудование, типовые устройства, детали систем, КИП изучаются в специальных курсах.

В данном учебном пособии рассматриваются номенклатура деталей воздухопроводов, основные материалы их изготовления, основные заготовительные и монтажные требования к ним, а также, на примере воздухопроводов круглого сечения, технология изготовления воздухопроводов вручную.

Вопросы, касающиеся трубных заготовок к СВ и СКВ, здесь не рассматриваются.

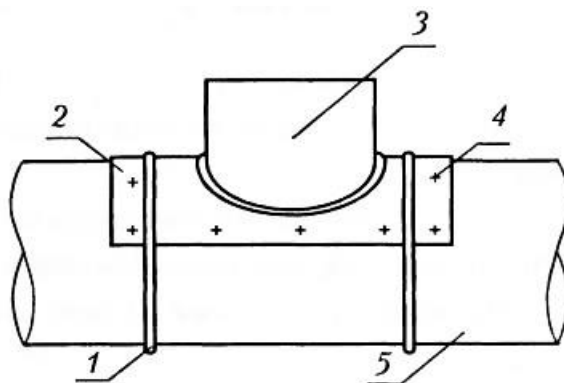


Рис. 6. Узел ответвления с врезкой из унифицированных деталей:
1 – бандаж; 2 – фартук; 3 – патрубок; 4 – заклёпка или точечная сварка;
5 – магистральный воздухопровод

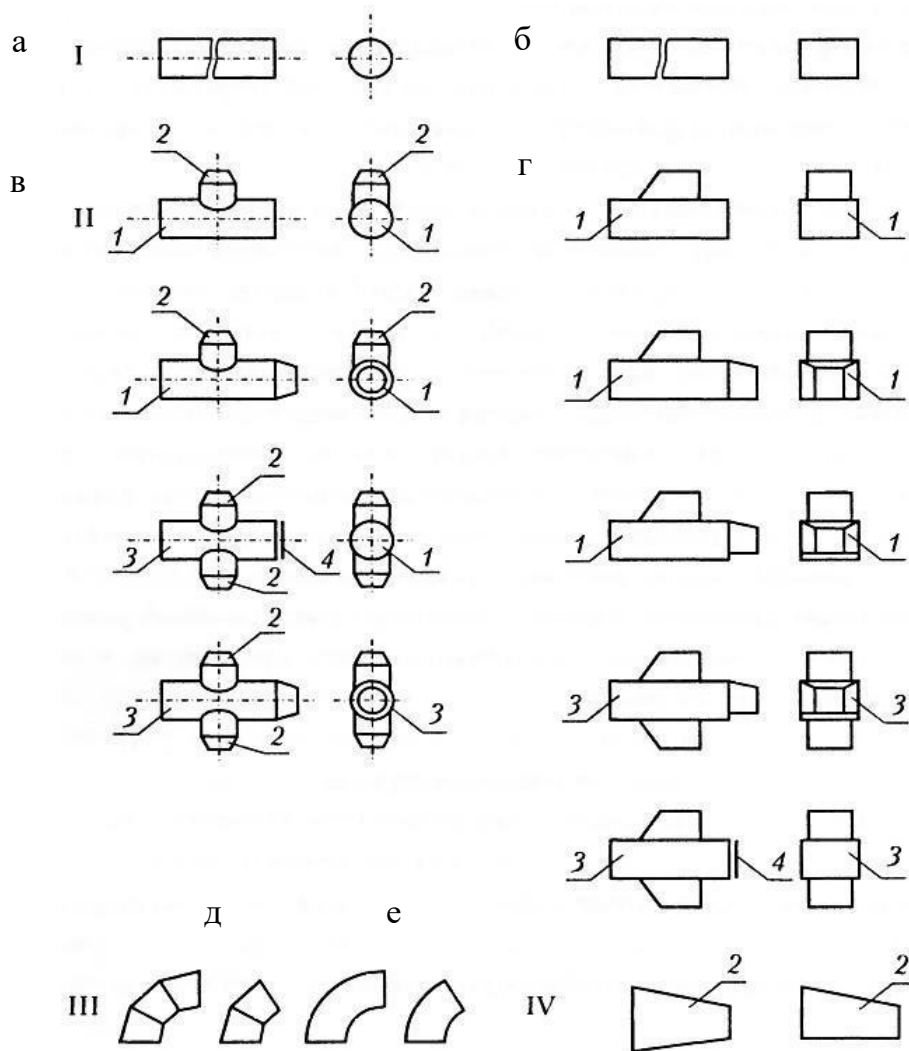


Рис. 7. Детали сетей воздуховодов:

I – прямые участки воздуховодов круглого (а) и прямоугольного (б) сечений; II – узлы ответвлений воздуховодов круглого (в) и прямоугольного (г) сечений; III – отводы и полуотводы воздуховодов круглого (д) и прямоугольного (е) сечений; IV – переходы; 1 – тройник; 2 – переход; 3 – крестовина; 4 – заглушка

2.2. Номенклатура и конструктивные характеристики воздуховодов из унифицированных вентиляционных деталей

В зависимости от материалов, из которых изготовлены воздуховоды, последние подразделяются на металлические, металлопластиковые и неметаллические.

В зависимости от технологии их изготовления они могут быть жесткими, полужесткими (полугибкими) и гибкими.

Их форма сечения может быть круглой, прямоугольной и плоско-коотальной.

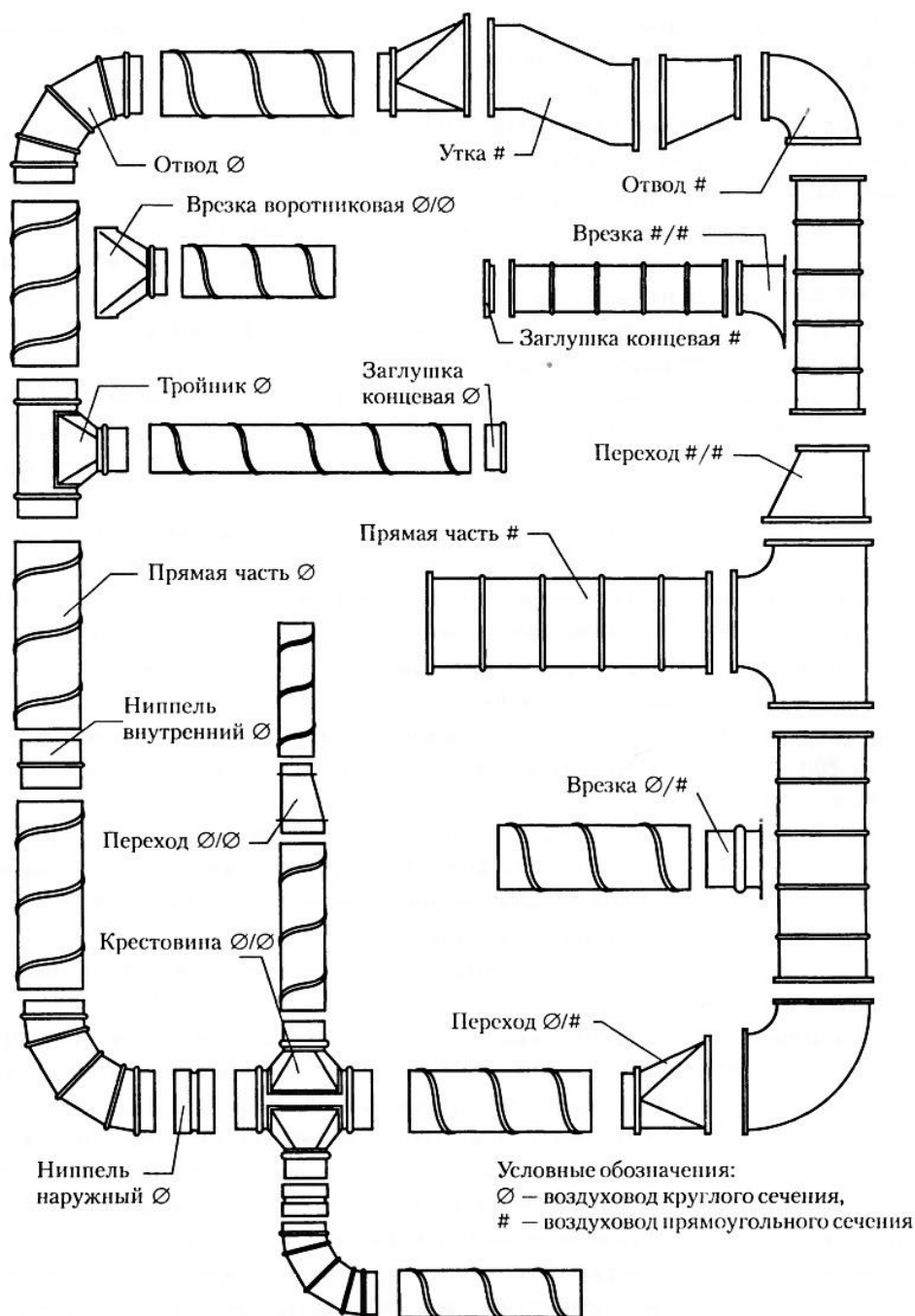


Рис. 8. Сеть воздуховодов, собранная из унифицированных деталей

Наибольшее применение в системах СВ, СКВ и СВО находят жесткие металлические унифицированные воздуховоды.

Номенклатура и основные размеры унифицированных деталей металлических воздуховодов СВ, СКВ и СВО была установлена ведомственными строительными нормами ВСН 353-86 «Проектирование и применение воздуховодов из унифицированных деталей».

В настоящее время основные размеры круглого и прямоугольного сечений унифицированных деталей металлических воздухопроводов СВ, СКВ и СВО, материал изготовления воздухопроводов и его толщину в зависимости от сечения воздухопроводов устанавливает СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Применение воздухопроводов с размерами, отличающимися от размеров, установленных этими документами, нежелательно. Все типовое оборудование, детали воздухопроводов имеют стандартные размеры для присоединения их к воздухопроводам.

Согласно СНиП 41-01-2003, рекомендуется применять воздухопроводы круглого сечения. При технико-экономическом обосновании допускается применять воздухопроводы прямоугольного сечения и других сечений. В последнее время получили распространение плоскоовальные воздухопроводы.

В зависимости от условий эксплуатации воздухопроводы могут быть изготовлены из различных материалов.

Для транспортировки воздуха с температурой до 80 °С (кратковременно до 200 °С) и относительной влажностью до 60 % воздухопроводы изготавливаются из стали:

- тонколистовой холоднокатаной оцинкованной стали толщиной 0,5–1,0 мм, ГОСТ 14918-80 (200–420 г цинка на 1 м² стали с одной стороны);

- тонколистовой горячекатаной стали толщиной 0,5–1,0 мм, ГОСТ 16589-70, ГОСТ 19903-74 (сталь без покрытия).

Предпочтительнее для указанных условий эксплуатации применять оцинкованную сталь.

Оцинкованная сталь. Цинковое покрытие стали с двух сторон обеспечивает надежную антикоррозийную защиту материала при изготовлении и эксплуатации воздухопроводов. Это покрытие обладает уникальным свойством образовывать гальваническую пару со стальной основой при «холодной» обработке материала. При резке оцинкованного материала ручными или механическим инструментом в месте среза образуется гальваническая пара, которая является непроницаемой для влаги и отсутствует процесс коррозии металла. Оцинкованная сталь для ее обработки на технологическом оборудовании для изготовления воздухопроводов должна обладать свойством относительного удлинения не менее 22 %. В этом случае цинк не отслаивается от металлической основы. Широко

используются стали для изготовления воздуховодов с алюмоцинковым покрытием, в состав которого входит 95 % цинка и 5 % алюминия. Это покрытие является более пластичным и коррозионно-стойким.

Заводы-изготовители металлического проката поставляют металл в стандартной упаковке в рулонах или в листах. Стандартная ширина рулона 1250 мм, вес рулона 5 т. На рынке металлов появились рулоны шириной 1500 мм.

Стандартные размеры листов в пачках 1250x2000 мм или 1250x2500 мм. Стандартный вес пачек ≈ 5 т.

При транспортировке воздуха с температурой и относительной влажностью выше указанных пределов используют также оцинкованную сталь и, кроме того, углеродистую сталь толщиной до 1–2 мм, листовой алюминий.

Для перемещения особо агрессивных сред воздуховоды изготавливаются из тонколистовой коррозионно-стойкой, жаростойкой и жаропрочной стали. Это нержавеющие стали и титан.

Титан применяют для изготовления воздуховодов и деталей к ним при перемещении агрессивных сред. Титан отличается высокой коррозионной стойкостью, превосходящей стойкость нержавеющих сталей. Его применяют при наличии в воздухе сернистого газа, паров серной, соляной и азотной кислот, окислов азота, паров растворов почти всех хлористых солей. Для изготовления воздуховодов, местных отсосов и деталей вентиляционных систем применяют либо технически чистый титан марки ВТ1-00 или ВТ1-0, либо низколегированные сплавы повышенной пластичности марки СТ4-0 или СТ4-1, толщиной 0,4–4 мм. Масса 1 м³ титана 4500 кг.

Применяемые в вентиляции сплавы титана имеют высокую пластичность, их можно штамповать, вальцевать и гнуть в холодном состоянии на том же оборудовании, что и для стальных заготовок. При толщине листа до 1,2 мм можно применять фальцевые соединения воздуховодов, а при большей толщине – сварные соединения.

Металлопласт – стальной лист из холоднокатаной оцинкованной стали толщиной 0,5–1 мм, покрытый с одной или двух сторон стойкой поливинилхлоридной пленкой. Его также применяют при изготовлении воздуховодов.

Для всех используемых в изготовлении воздуховодов материалов самой важной величиной является их коррозионная

стойкость к перемещаемой воздушной среде и коэффициент относительного удлинения, который должен быть не менее 22 %.

Толщина применяемого материала по СНиП 41-01-2003 зависит от размера сечений круглых и прямоугольных воздуховодов. Также толщина материала зависит от типа применяемого материала для изготовления воздуховодов.

В табл. 5 на примере круглых воздуховодов приведены соотношения толщин материалов в зависимости от размеров сечений воздуховодов и типов применяемых материалов.

Таблица 5

Стандартный ряд воздуховодов круглого сечения

Внутренний диаметр D , мм	Толщина материала t , мм		
	Сталь оцинкованная, ГОСТ 14918-80	Сталь нержавеющая, 12X18H10T	Сплав алюминия, АМг3
100 *	0,5	0,5	0,7–1,0
125 *			
140			
160 *			
180			
200 *	0,55		
225			
250 *			
280			
315 *			
355		0,7	
400 *			
450			
500 *			
560			
630 *	0,7		1,0
710			
800 *			
900			
1000 *			
1120	1,0		
1250 *			
1400			
1600			
2000			
	1,2	1,0	
	1,4		

*Предпочтительный стандартный ряд воздуховодов

Прямоугольные и круглые воздуховоды обеспечивают герметичность по классу Н по СНиП 41-01-2003 и В по EVROVENT 2/3.

Выше отмечено, что сети металлических воздуховодов рекомендуется компоновать из унифицированных деталей (прямых

участков, отводов, переходов, ниппелей, заглушек, приведенных на рис. 9 и 10), а также узлов ответвлений (тройников, крестовин и врезок) из унифицированных деталей, представленных на рис. 11 и 12.

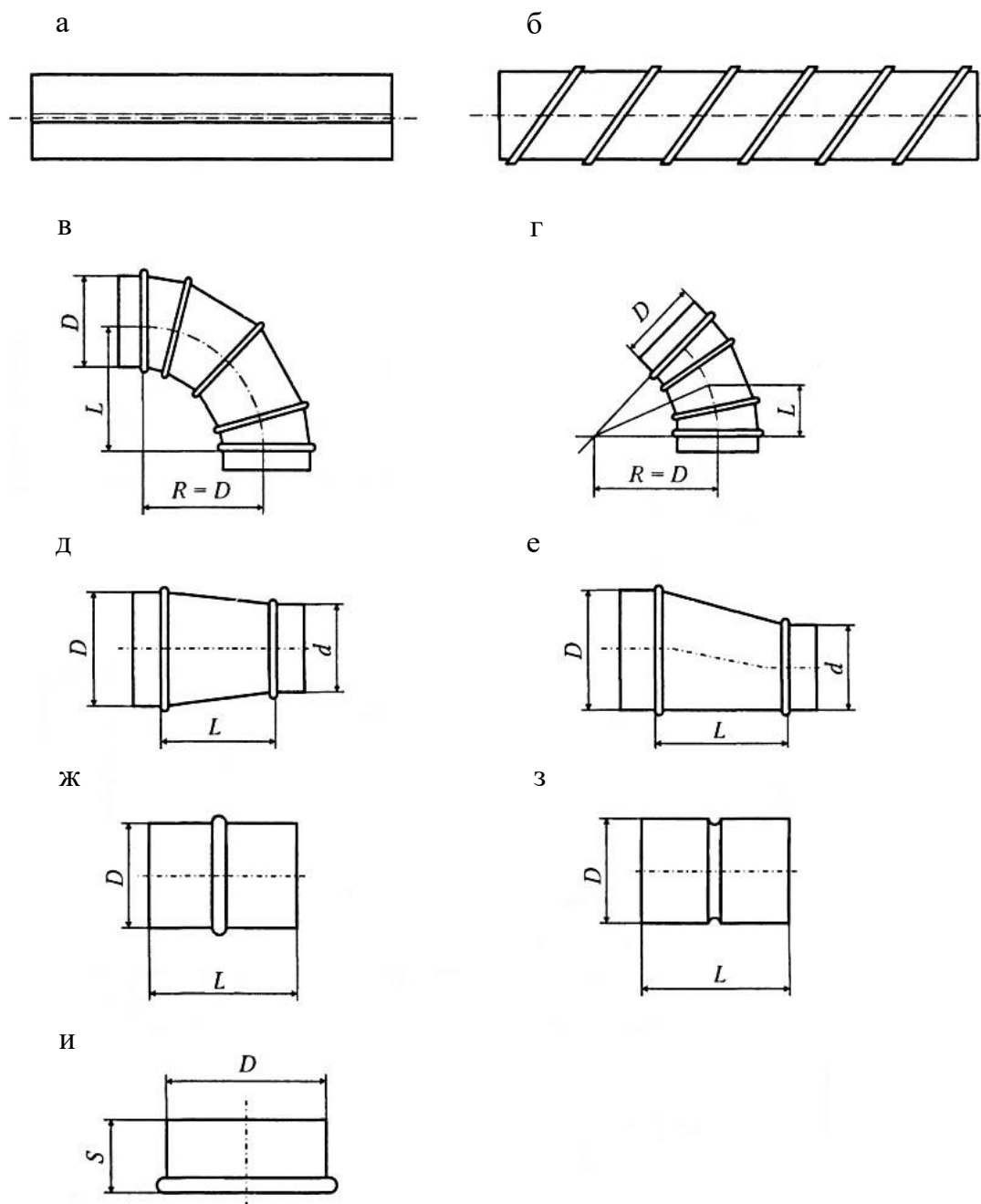


Рис. 9. Унифицированные детали воздуховодов круглого сечения:
а – прямошовная прямая часть; б – спирально-замковая прямая часть; фасонные части:
в – отвод 90 град; г – отвод 30, 45, 60 град; д – переход симметричный до $D = 400$ мм;
е – переход несимметричный свыше $D = 400$ мм; ж – ниппель внутренний, предназна-
чен для соединения прямых частей воздуховодов между собой; з – ниппель наружный,
предназначен для соединения фасонных частей воздуховодов между собой;
и – заглушка торцевая

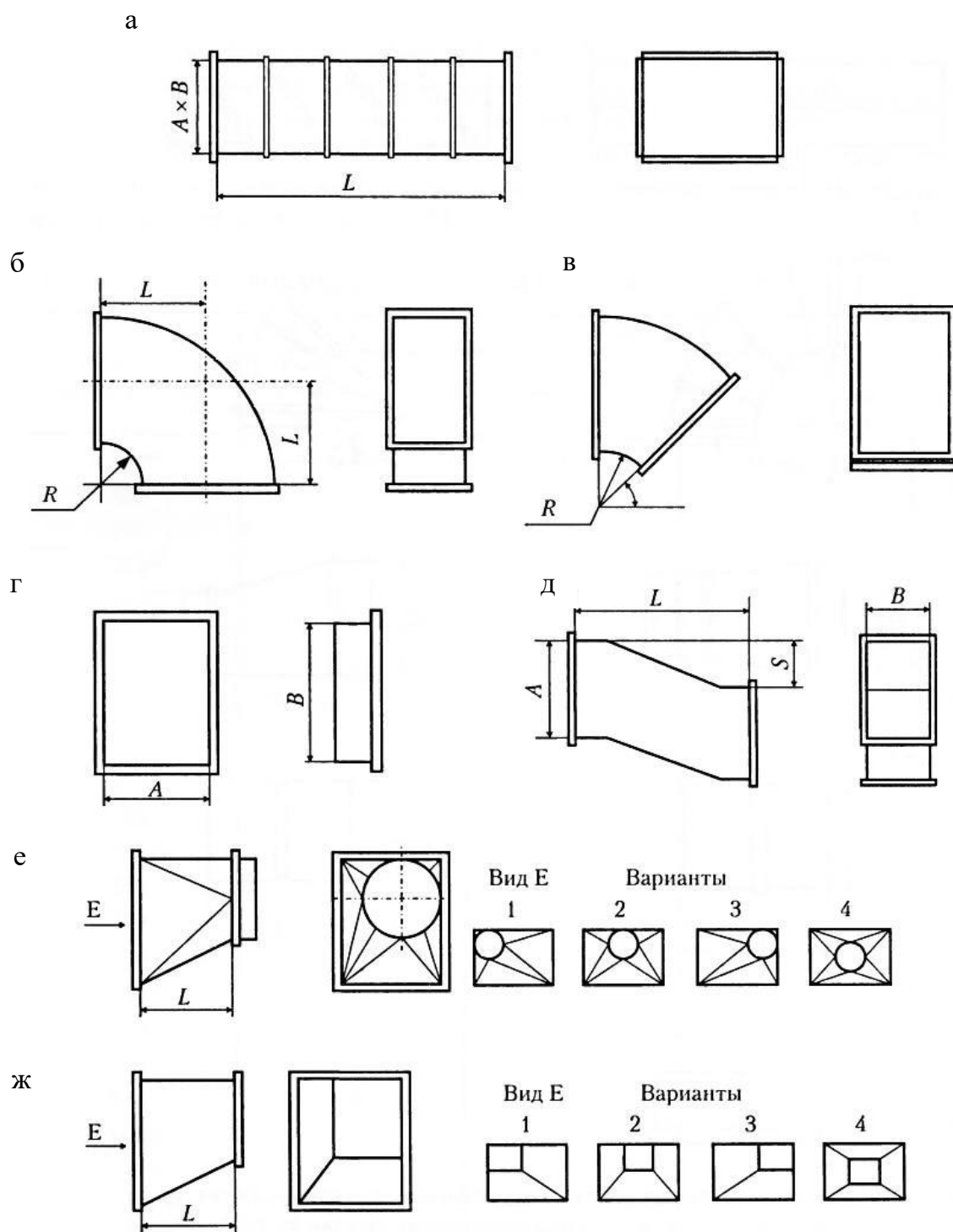


Рис. 10. Унифицированные детали воздуховодов прямоугольного сечения:
а – прямая часть: фасонные части; б – отвод 90 град; в – отвод 45 град; г – заглушка;
д – утка; е – переход с прямоугольного сечения на круглое; ж – переход
с прямоугольного сечения на прямоугольное

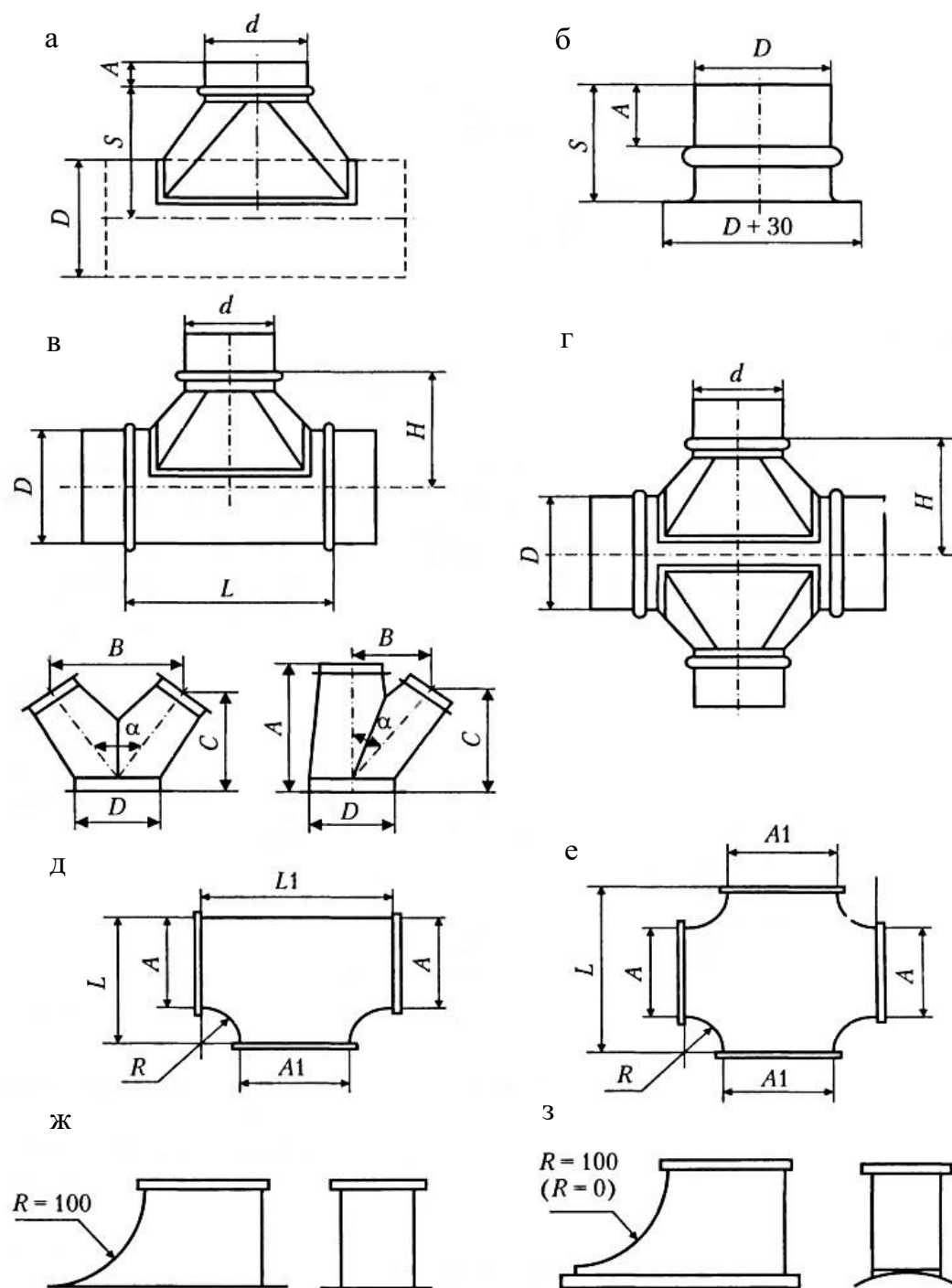


Рис. 11. Унифицированные узлы ответвлений:
а – врезка круг в круг; б – врезка круг в прямоугольный воздуховод; в – тройники круглые; г – крестовина круглая; д – тройник прямоугольный; е – крестовина прямоугольная; ж – врезка прямоугольная в прямоугольную;
з – врезка прямоугольная в круглую

Схема 1

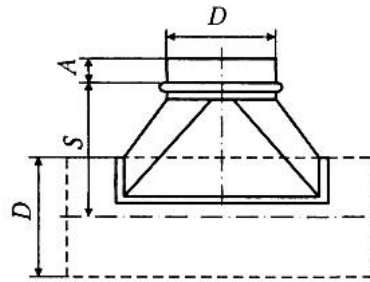


Схема 2

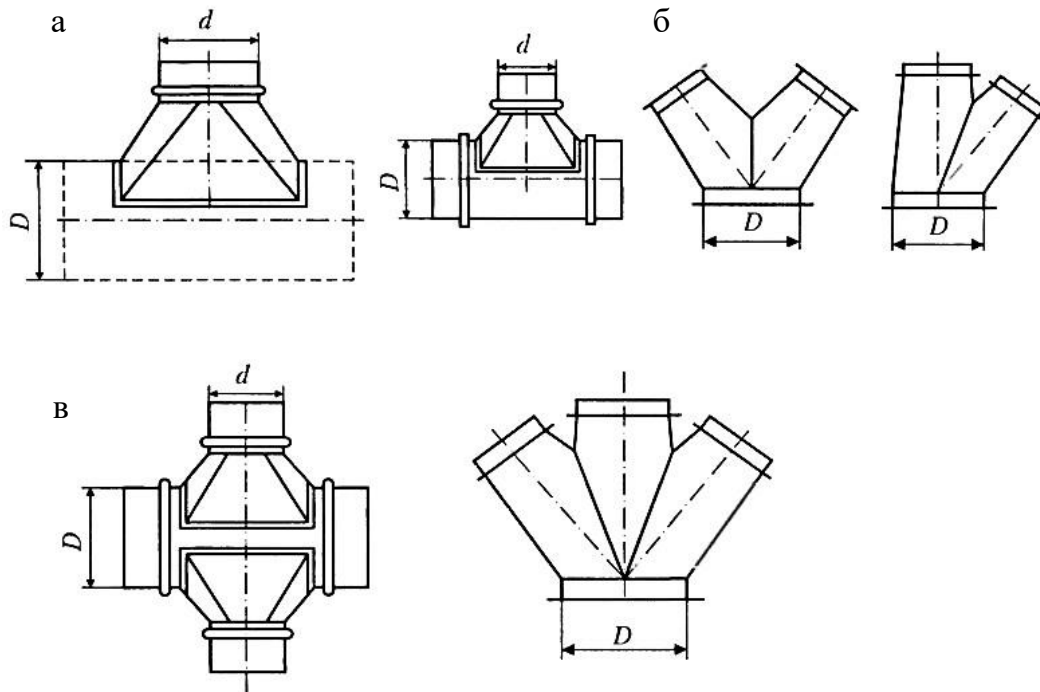


Рис. 12. Схемы образования узлов ответвлений круглого сечения с помощью врезок, тройников и крестовин:

схема 1 – диаметр ответвления равен диаметру основной трассы воздухопроводов;

схема 2 – диаметр ответвления отличается от диаметра основной трассы;

а – врезка воротниковая; б – тройники; в – крестовины

2.2.1. Воздуховоды круглого сечения

По конструкции воздухопроводы круглого сечения подразделяются на прямошовные и спирально-замковые (см. рис. 9).

Прямошовные фальцевые воздухопроводы изготавливают с прямым по длине листа швом, соединяющим между собой две кромки листа на лежащем фальце. Длина воздухопровода равна длине листа, из которого изготавливают воздухопровод. Как правило, это 2 или 2,5 м.

Диаметр воздуховода задается шириной листа железа с учетом припуска под швы.

Спирально-замковые воздуховоды изготавливают на специальных станах путем спиральной навивки стальной ленты шириной 137 мм. Кромки ленты соединены между собой в замок по спиральной образующей. Спирально-замковые воздуховоды обладают хорошей жесткостью и плотностью. Для придания дополнительной жесткости воздуховодам большого диаметра на них в процессе изготовления прокатывается дополнительное ребро жесткости по спиральной образующей.

Стандартный ряд воздуховодов круглого сечения, рекомендуемый для применения в системах вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления, приведен в табл. 5.

Эти воздуховоды могут быть любой длины. Как правило, они изготавливаются стандартной длиной 3 и 6 м.

Длина 3 м обычно используется для монтажа систем вентиляции в административно-бытовых и торговых помещениях, где лестничные марши не позволяют пронести большие длины; длина 6 м – для монтажа систем вентиляции в промышленных зданиях и сооружениях.

При необходимости нарезка воздуховодов в размер менее 3 и 6 м осуществляется электроинструментом в процессе монтажа прямо на объекте.

Узлы ответвлений изготавливаются из прямых участков с одной или двумя врезками необходимого диаметра или размера по схемам 1 и 2, приведенным на рис. 12.

Схему 2 следует применять, если ответвление узла входит в ветвь, определяющую общее аэродинамическое сопротивление сети. В остальных случаях следует применять схему 1.

Наряду с узлами ответвлений из прямых участков с врезками применяются узлы ответвления в виде тройников и крестовин. На рис. 12 представлены тройники и крестовины.

Номенклатура, основные размеры и площади поверхности фасонных частей круглых воздуховодов приведены в ВСН 353-86.

2.2.2. Воздуховоды прямоугольного сечения

В табл. 6 приведен предпочтительный стандартный ряд прямоугольных воздуховодов.

Прямые участки прямоугольных воздуховодов изготавливаются стандартной длиной 2000 и 2500 мм. Эта длина определена стандартом металлургических заводов поставщиков материала в листах, условиями транспортировки материала, рациональным раскроем материала с его минимальным отходом и технологическими возможностями линий и оборудования по изготовлению прямых и фасонных частей прямоугольных воздуховодов.

Таблица 6

Стандартный ряд прямоугольных воздуховодов

Стандартные типоразмеры, мм												
Толщина	Большая сторона	Меньшая сторона										
		100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200
0,55	150	+	+									
	200	+	+	+								
	250	+	+	+	+							
	300	+	+	+	+	+						
0.7	400	+	+	+	+	+	+					
	500		+	+	+	+	+	+				
	600		+	+	+	+	+	+	+			
	800			+	+	+	+	+	+	+		
1,0	1000				+	+	+	+	+	+	+	
	1200					+	+	+	+	+	+	+
	1400						+	+	+	+	+	+
	1600						+	+	+	+	+	+
	1800							+	+	+	+	+
	2000							+	+	+	+	+

Допускается изменение длины прямого участка в меньшую сторону. Любое изменение в сторону уменьшения длины прямых частей воздуховодов приводит к удорожанию в целом системы воздуховодов из-за увеличения количества стыков между частями воздуховодов.

Также как и в круглых воздуховодах, узлы ответвлений изготавливаются из прямых участков с одной или двумя врезками необходимого размера по схемам 1 и 2, приведенным на рис. 13.

Схему 2 следует применять, если ответвление узла входит в ветвь, определяющую общее аэродинамическое сопротивление сети. В остальных случаях следует применять схему 1.

Наряду с узлами ответвлений из прямых участков с врезками применяются узлы ответвления в виде тройников и крестовин. На рис. 13 представлены тройники и крестовины.

Номенклатура, основные размеры и площади поверхности фасонных частей прямоугольных воздуховодов приведены в ВСН 353-86.

Схема 1

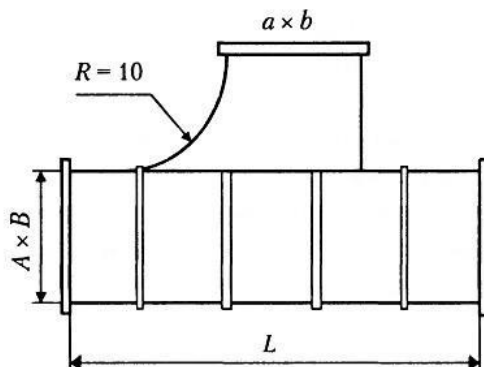


Схема 2

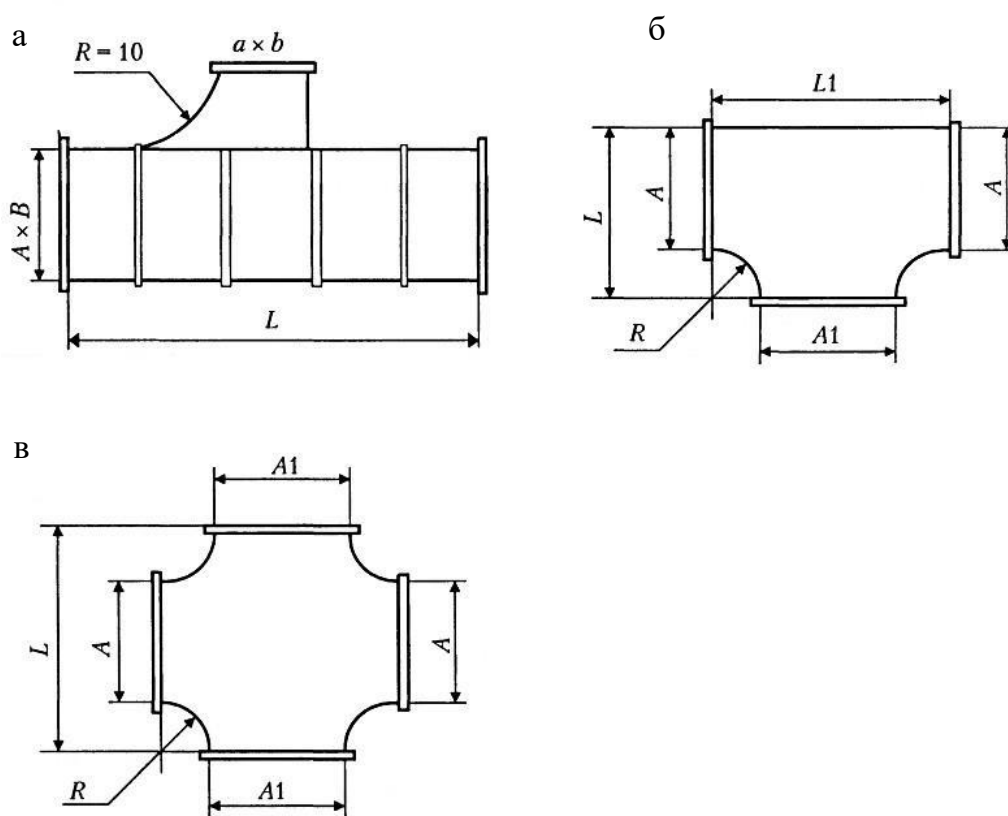


Рис. 13. Схемы образования узлов ответвлений прямоугольного сечения с помощью врезок, тройников и крестовин:

схема 1 – размер ответвления равен размеру основной трассы воздуховодов;
схема 2 – размер ответвления отличается от размера основной трассы воздуховодов;
а – врезка прямоугольная; б – тройник; в – крестовина прямоугольная

2.2.3. Воздуховоды плоскоовальные

В последнее время ряд заводов-изготовителей предлагает плоскоовальные воздуховоды. Прямая часть плоскоовального воздуховода представлена на рис. 14. Плоскоовальные воздуховоды занимают промежуточное положение между круглыми и прямоугольными воздуховодами. Они имеют меньшее сопротивление воздушному потоку по сравнению с прямоугольными, меньший вес при одинаковой площади сечения, требуют меньшего монтажного пространства по высоте. Их недостатком является то, что они могут быть изготовлены только в заводских условиях. Оставляет желать лучшего и плотность соединения образующих элементов фасонных частей (отводов и полуотводов и др.) при их сборке. В отличие от круглых воздуховодов их нельзя собирать на стоячем фальце, который имеет высокую плотность при сборке и придает готовому изделию высокую прочность, что весьма важно для воздуховодов больших размеров.

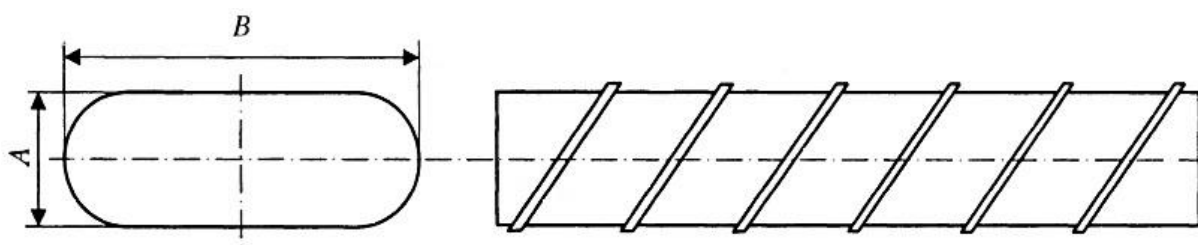


Рис. 14. Прямая часть плоскоовального воздуховода:
 A – малая ось; B – большая ось

Прямые воздуховоды плоскоовального сечения изготавливаются из спирально-замковых воздуховодов круглого сечения путем их дополнительной обработки на специальном оборудовании.

Пересчет воздуховодов круглого сечения в плоскоовальные можно выполнять с помощью табл. 7.

Таблица 7

Пересчет плоскоовальных воздуховодов

Внутренний диаметр круглого воздуховода, мм	Малая ось A , мм										Толщина, мм
	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
	Большая ось B , мм										
400	542,7	514,2									0,55
450	621,1	592,7	564,2	535,6	507,1						
500	699,8	671,2	642,7	614,2	585,6	557,1	528,5				
560	794,0	765,5	736,9	708,4	679,9	651,3	622,8	594,2			
630	904,0	875,4	846,9	818,4	789,8	761,3	732,7	704,2	675,7		
710	1029,6	1001,1	972,6	944,0	915,5	886,9	858,4	829,9	801,3	772,8	0,7
800	1171,0	1142,5	1113,9	1085,4	1056,9	1028,3	999,8	971,2	942,7	914,2	
900	1328,1	1299,6	1271,0	1242,5	1213,9	1185,4	1156,9	1128,3	1099,8	1071,2	1,0
1000	1485,2	1456,6	1428,1	1399,6	1371,0	1342,5	1313,9	1285,4	1256,9	1228,3	
1120	1673,7	1645,1	1616,6	1588,1	1559,5	1531,0	1502,4	1473,9	1445,4	1416,8	
1250	1877,9	1849,3	1820,8	1792,3	1763,7	1735,2	1706,6	1678,1	1649,6	1621,0	1,2

Стандартные длины плоскоовальных воздуховодов, номенклатура фасонных частей, способы ответвления такие же, как и у круглых воздуховодов.

Фасонные части плоскоовальных воздуховодов можно изготовить только в заводских условиях на специальном оборудовании. Раскрой частей, из которых собираются фасонные части, осуществляется на автоматических раскройных станках (плазменных резках), в комплект которых входит компьютер и библиотека программ по раскрою. Придание овальной формы фасонным частям производится на специальных программируемых вальцах. Примеры используемых фасонных частей овальных воздуховодов приведены на рис. 15.

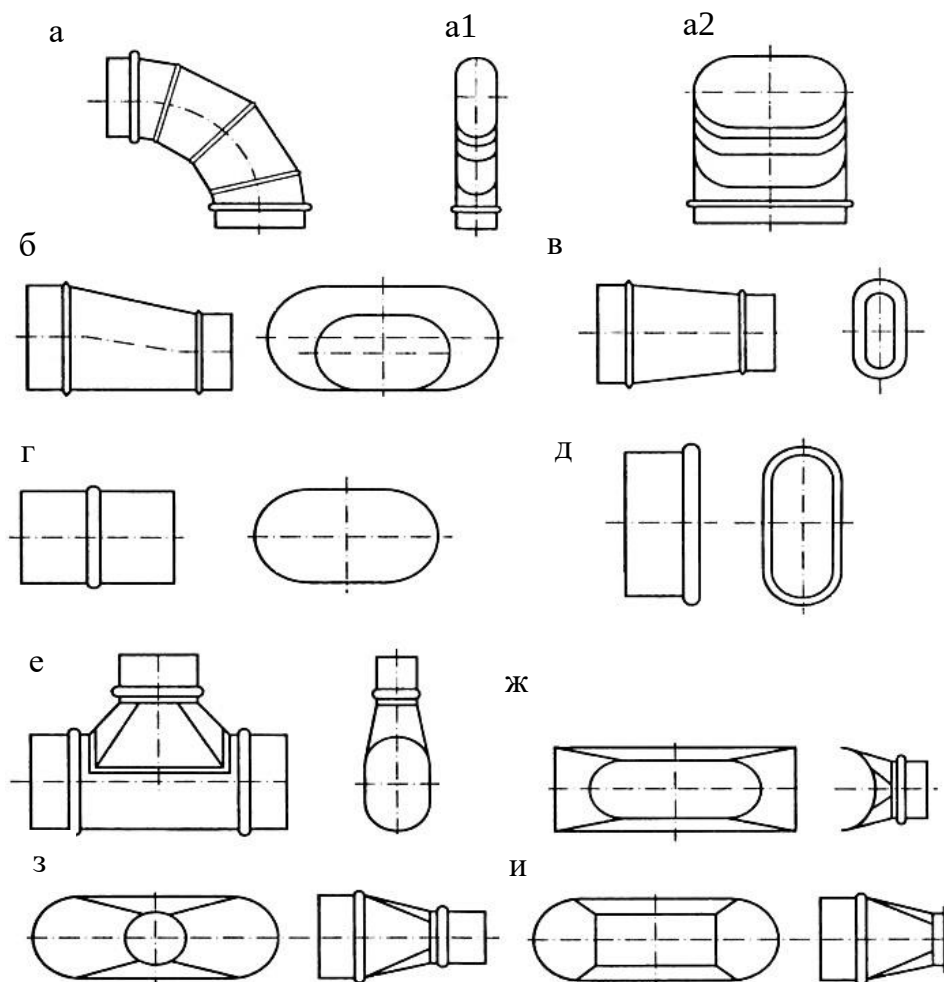


Рис. 15. Фасонные части плоскоовальных воздуховодов:

а – отвод 90 град: а1 – вертикальный; а2 – горизонтальный; б – переход несимметричный; в – переход симметричный; г – ниппель внутренний; д – заглушка; е – тройник; ж – врезка в круг; з – переход с овального сечения на круглое; и – переход с овального сечения на прямоугольное

2.2.4. Воздуховоды металлопластиковые, полужесткие (полугибкие), гибкие и текстильные

Металлопластиковые воздуховоды (эти воздуховоды и воздуховоды из металлопластика, представленные в п. 2.2, не одно и то же), в основном прямоугольного сечения, изготавливаются из листовых трехслойных панелей (рис. 16) (сэндвичей) 4000x1200x20 мм. Трехслойная панель состоит из двух слоев (внутреннего и наружного) термообработанного гофрированного алюминия толщиной 80 микрон каждый слой и вспененного пенополиуретана толщиной 20 мм. Слои алюминия снаружи покрыты лаком «праймер».

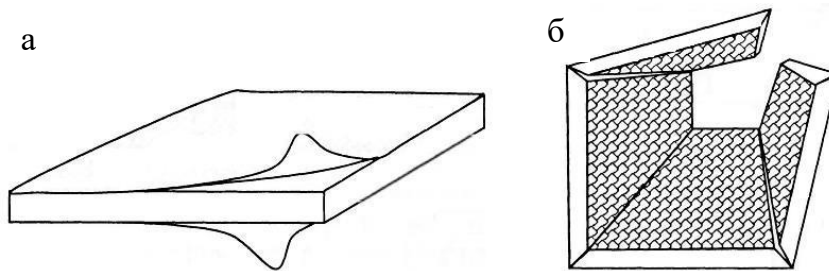


Рис. 16. Металлопластиковый воздуховод:

а – листовая трехслойная панель; б – изготовление металлопластикового воздуховода

Плотность материала – $46\text{--}48\text{ кг/м}^3$, вес – $1,4\text{ кг/м}^2$, температурная устойчивость – $110\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Такие воздуховоды легки, обладают высокой прочностью, изготавливаются из панелей прямо на объекте вручную специальным инструментом. Места стыков склеиваются специальным клеем.

Полужесткие воздуховоды предназначены для присоединения конечных элементов систем вентиляции в труднодоступных местах, там, где невозможно применить стандартные унифицированные элементы систем вентиляции, а также для подсоединения домашних бытовых агрегатов к вытяжным шахтам квартир.

Полужесткие воздуховоды имеют спирально-шовную конструкцию и изготовлены из алюминиевой или нержавеющей фольги соответствующих марок. Толщина используемой фольги составляет $0,12\text{--}0,15\text{ мм}$, что позволяет использовать полужесткие воздуховоды при температуре до $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$ и максимальном давлении до 2000 Па .

Оригинальная конструкция замка воздуховода (рис. 17) позволяет производить многократные сжатия-растяжения без разрушения воздуховода.

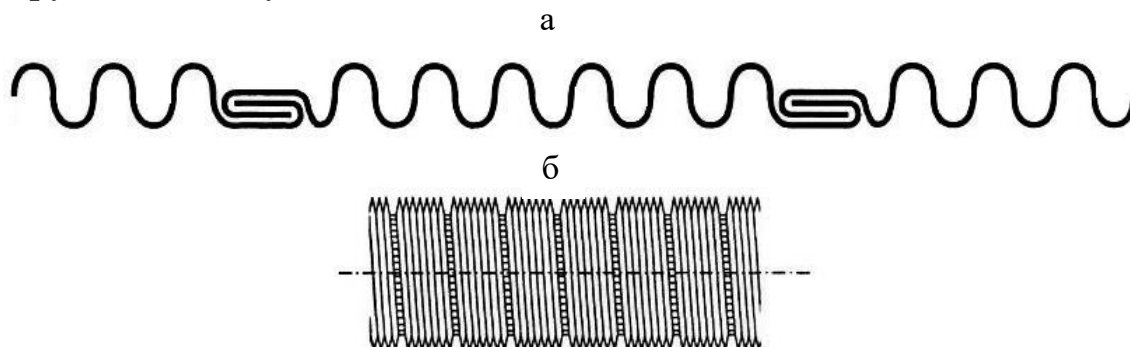


Рис. 17. Полужесткие воздуховоды:

а – принципиальная схема полужесткого воздуховода; б – полужесткий воздуховод

Полужесткие воздуховоды удобны и просты в эксплуатации. Имеют малый вес, легко и быстро соединяются с каналами как круглого, так и овального сечения.

Полужесткие алюминиевые воздуховоды поставляются стандартной длиной 3 м в растянутом состоянии (приблизительно 1 м в сжатом состоянии). Их применение ограничено из-за большого внутреннего сопротивления.

Гибкие воздуховоды имеют следующую конструкцию: алюминиевая фольга, ламинированная лавсановой пленкой, и стальной проволоочный каркас.

Гибкие воздуховоды изготавливаются в заводских условиях на специальном оборудовании путем склейки по спирали слоев алюминия между собой. Расположенный между слоями алюминия проволоочный каркас придает воздуховоду круглую форму и задает необходимый диаметр. Основная область применения – присоединение к существующим трассам воздуховодов конечных элементов систем вентиляции и кондиционирования (потолочных и настенных воздухораспределителей, а также для соединения фэнкойлов с сетевыми воздуховодами).

Стандартная длина 10 м. Максимальное рабочее давление 2400 Па. Температура эксплуатации от -30°C до $+140^{\circ}\text{C}$. Гибкие воздуховоды изготавливаются изолированными и неизолированными. В раскрытом состоянии гибкие воздуховоды могут монтироваться с поворотом при соблюдении допустимого радиуса изгиба.

В 2002 г. в России начато производство гибких воздуховодов под торговой маркой «Диафлекс». До этого в РФ использовались только импортные гибкие воздуховоды. Воздуховоды марки «Диафлекс» подразделяются:

- на гибкие воздуховоды без изоляции (рис. 18);
- звуко- и теплоизолированные гибкие воздуховоды, состоящие из защитной оболочки, армирующей сетки из стекловаты, теплоизоляции, основы и каркаса из проволоки (рис. 19).

Гибкие воздуховоды без теплоизоляции выпускаются двух серий (DF и DFA). DF – серия гибких воздуховодов из многослойной полиэфирной металлизированной ленты (импортные аналоги преобладают в США, Канаде). DFA – гибкие воздуховоды, выполненные из алюминиевой фольги, ламинированной полиэфирной лентой (импортные аналоги широко распространены в Европе).

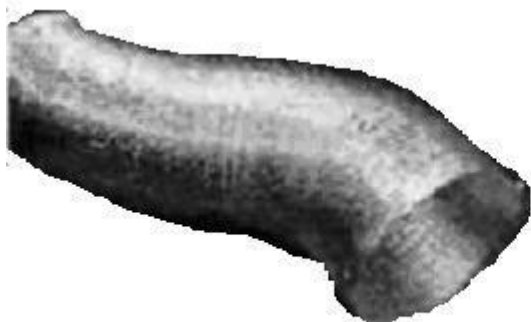


Рис. 18. Воздуховод гибкий без изоляции



Рис. 19. Звуко- и теплоизолированные гибкие воздуховоды

Гибкие воздуховоды являются также основой для теплоизолированных, звуко- и теплоизолированных гибких воздуховодов. Основой гибкого воздуховода без теплоизоляции серии DF и DFA является спиральный каркас из высокоуглеродистой стальной проволоки диаметром от 1 до 1,6 мм. Диаметр каркаса определяет диаметр воздуховода. Каркас находится между слоями ленты, склеенными между собой. Количество слоев ленты – от трех до шести в зависимости от типа воздуховода. Лента применяется полиэфирная прозрачная и с напылением металла или алюминиевая фольга, ламинированная полиэфиром.

В воздуховодах «Диафлекс» используется склеивание слоев ленты акриловым клеем на водной основе с пламягасящими добавками. Эта технология обеспечивает наибольшую прочность на разрыв и экологическую безопасность продукции. Воздуховоды этого типа имеют следующие характеристики: рабочая температура от -30°C до $+120^{\circ}\text{C}$; максимальное давление 2400 Па; стандартная длина воздуховодов 10 м; поставляются в индивидуальной упаковке, сжатые до 0,6 м. Гибкие воздуховоды без изоляции производятся следующих диаметров, мм: 102 (100); 127 (125); 152 (150); 160 (160); 203 (200); 254 (250); 315 (315); 356 (350); 406 (400) (в скобках обозначены условные диаметры).

Теплоизолированные гибкие воздуховоды с эффектом звукопоглощения состоят из основы DF или DFA – гибкого воздуховода без изоляции, обернутого стекловатой, и защищенного рукава из многослойной металлизированной полиэфирной (ISODF) или алюминиевой (ISODFA) ленты. Для отдельных типов

воздуховодов защитный рукав армируется сеткой из стекловолокна. Общий вид теплоизолированного гибкого воздуховода представлен на рис. 19.

Звукопоглощающие гибкие воздуховоды (ISODFA-S) конструктивно аналогичны теплоизолированным воздуховодам ISODFA. Для эффекта шумоглушения в звукопоглощающих воздуховодах используется перфорированная основа. Основа защищена полиэфирной пленкой, исключаящей диффузию мелких частиц стекловаты в воздушный поток, перемещающийся по воздуховоду.

Воздуховоды ISODFA и ISODFA-S имеют теплоизоляцию из стекловаты толщиной 25 мм, плотностью 12-14 кг/м³. Воздуховоды этих типов имеют следующие характеристики: рабочая температура от -30°C до +140°C; максимальное давление 2400 Па; стандартная длина воздуховодов 10 м; поставляются в индивидуальной упаковке, сжатые до 1,2 м. Диаметры воздуховодов такие же, как и для неизолированных воздуховодов, кроме Ø406 (400), производство которых для этих серий не предусмотрено.

Кроме рассмотренных выше гибких воздуховодов в номенклатуру продукции «Диафлекс» входят специальные неизолированные особо прочные гибкие воздуховоды DFA-H. Эти воздуховоды выполнены из утолщенной пятислойной алюминиево-полиэфирной ленты со спиральным каркасом из стальной проволоки. Максимальное давление в воздуховоде 3000 Па.

Текстильные воздуховоды (рис. 20) изготавливаются цилиндрической и полуцилиндрической формы из двух основных типов текстильных материалов: тревира CS – проницаемые и ПВХ – непроницаемые.

Текстильные воздуховоды в основном применяются в приточных системах вентиляции. Типы текстильных воздуховодов: поверхностный, щелевой и перфорированный.

Поверхностный – подача воздуха осуществляется через всю поверхность ткани.

Щелевой – позволяет увеличить зону распределения воздуха.

Перфорированный – осуществляет направленную подачу воздуха через специально сделанные в ткани отверстия.

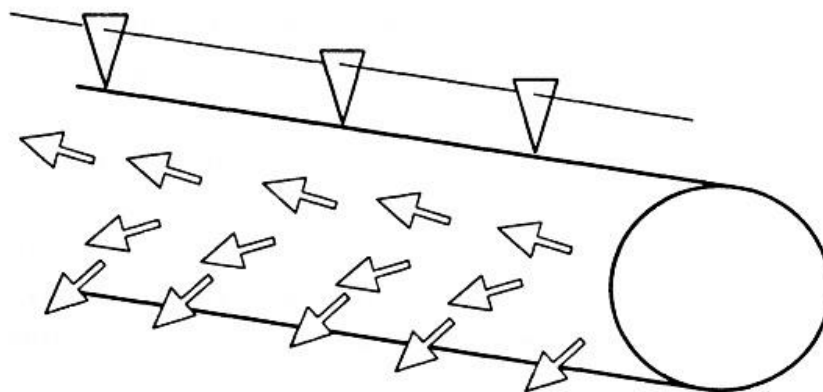


Рис. 20. Текстильный воздуховод

Подвеска воздуховодов осуществляется на тросах или профильных рейках.

Преимуществом текстильных воздуховодов является отсутствие образования конденсата при подаче холодного воздуха, отсутствие сквозняков, бесшумность в работе, легкость чистки и обслуживания. Недостаток – ограниченная область применения.

2.3. Производство вентиляционных деталей, конструктивные и технологические требования к ним

Изготовление деталей и узлов (вентиляционных заготовок) должно выполняться в соответствии с конструкторской, технологической документациями, типовыми альбомами и утвержденными в установленном порядке техническими условиями (ТУ), стандартами и СНиП.

В СНиП изложены типоразмерные ряды сечений воздуховодов, применяемых материалов и их толщин в зависимости от сечений воздуховодов и требований к плотности соединений частей воздуховодов между собой в зависимости от области их применения.

В ТУ заводов-изготовителей изложены требования по конструкции, технологии изготовления, контролю качества готовой продукции, способам испытаний, маркировке, хранению и транспортировке готовых изделий. В ТУ заводов-изготовителей приводятся указания по типам применяемых швов при изготовлении воздуховодов на заводе, по выполнению дополнительных жесткостей (зигов, перегибов, дополнительных элементов жесткости), по типам

соединений деталей воздухопроводов между собой (фланцевое, реечное, ниппельное, бандажное, раструбное и т. д.).

В СВ, СКВ и СВО наибольшее применение для изготовления воздухопроводов нашел стальной тонколистовой оцинкованный прокат в рулонах и листах. Поэтому изделия из этого материала будут в дальнейшем предметом нашего рассмотрения.

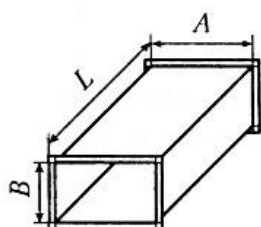
На вентиляционных заводах изготовление частей воздухопроводов круглого и прямоугольного сечений в достаточной степени механизировано применением современного технологического оборудования. В изготовлении фасонных частей воздухопроводов присутствует большая доля ручного труда. И прямые и фасонные части можно изготавливать не только в заводских условиях, но и на объекте, имея в своем распоряжении специальное оборудование для формирования швов под сборку фасонных и прямых участков прямоугольных воздухопроводов.

Изготовление частей круглых и прямоугольных воздухопроводов начинается с их разметки и вырезки элементов под сборку. В заводских условиях вырезка элементов под сборку с учетом припусков под швы осуществляется на специальных станках плазменной резки по имеющимся компьютерным программам. При выполнении этих работ на объекте разметка элементов под сборку осуществляется вручную или по шаблонам с учетом припусков под швы. Вырезка из листов на объекте производится ручными или электрическими ножницами.

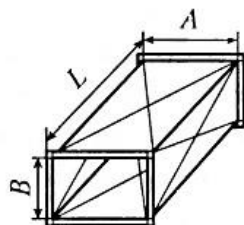
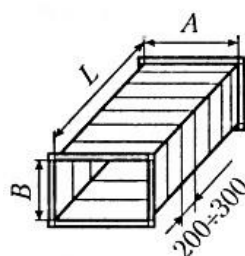
В зависимости от сечения прямоугольных воздухопроводов на прямых и фасонных частях наносятся дополнительные ребра жесткости в виде зигов или диагональных перегибов (рис. 21).

Следующая операция – подготовка швов под сборку частей воздухопроводов. Существует большое количество типов швов, применяемых в изготовлении вентиляции. Основное требование к типам швов – их технологичность и герметичность. Наибольшее применение получили так называемые фальцевые швы.

Фальцевые швы бывают следующих видов: лежащие, стоячие, угловые и разновидности всех типов швов – одинарные и двойные.



Большая сторона, мм	L, мм	Тип соединения
400	2000÷2500	Z-рейка Ширина № 20 Фланец L 25



Большая сторона, мм	L, мм	Тип соединения
400÷800	2000÷2500	Z-рейка Ширина № 20 Фланец L 25

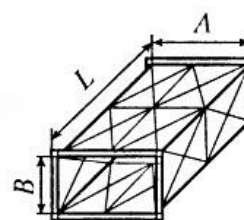
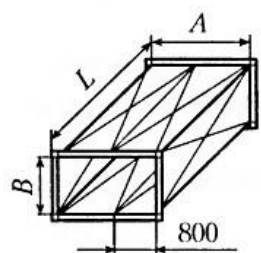
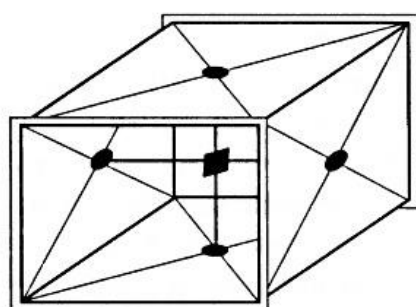


Рис. 1

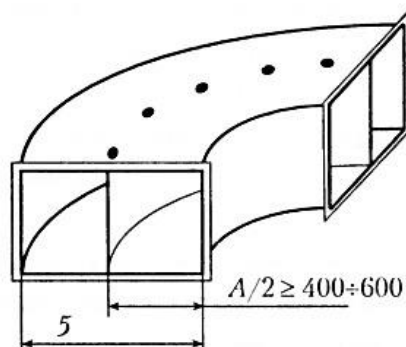
Рис. 2

Большая сторона, мм	L, мм	Тип соединения	Рис.
800÷2000	≤ 1250	Ширина № 20	1
	≥ 1250	Фланец L 32	2



Большая сторона, мм	L, мм	Тип соединения
≥ 3200	≥ 1250	Ширина № 20 Фланец L 32

На прямых частях устанавливаются дополнительные стяжки в виде резьбовых шпилек с шайбами и гайками



На фасонных частях устанавливаются рассекатели на клипсах

Рис. 21. Элементы жесткости воздуховодов

Геометрия швов такова, что при сборке двух сопрягаемых частей и его осаживании все выступающие части собранного шва максимально выходили на наружную и минимально во внутреннюю часть собранного воздуховода. Такая конструкция швов уменьшает внутреннее сопротивление воздуховодов.

Фальцевые швы должны иметь одинаковую ширину по всей длине, осуществляться с отсечкой, быть равномерно и плотно осажены.

Продольные фальцевые швы на воздуховодах должны быть закреплены в начале и в конце звена воздуховода точечной или контактной сваркой или заклепками.

В местах пересечения фальцевых швов не должно быть более 4-кратной толщины листа, для чего в соответствующих местах должны быть вырублены уголки.

При наличии на прямом участке или картине, составленной из отдельных листов, продольных и поперечных швов, последние должны быть смещены так, чтобы не получалось крестообразных соединений, рис. 22.

Фальцевое соединение на зиге (рис. 23), применяется на монтажных площадках для сборки фасонных частей круглых воздуховодов.

Лежачий фалец (рис. 24) применяется на монтажных площадках для изготовления круглых прямошовных прямых и фасонных частей и для сращивания листов между собой для изготовления крупногабаритных воздуховодов.

Стоячий фалец (рис. 25) применяется на монтажных площадках для изготовления прямых и фасонных частей прямоугольных воздуховодов.

Угловой фалец (рис. 26) применяется на монтажных площадках для изготовления прямых и фасонных частей прямоугольных воздуховодов.

Питсбургский (московский) фалец (рис. 27) применяется на монтажных площадках для изготовления прямых и фасонных частей прямоугольных воздуховодов.

Защелочный фалец (рис. 28) изготавливается на заводе-изготовителе в размер в разобранном виде с подготовленными швами под сборку. Детали воздуховодов маркируются посистемно и подетально в соответствии с монтажными схемами.

Доставив заказ на объект, на монтажной площадке осуществляется сборка воздуховодов в соответствии с планами и схемами.

При таком способе изготовления воздуховодов значительно экономятся складские площади на стройплощадке в условиях их дефицита, снижаются затраты при больших объемах заказов на транспортировку воздуховодов на объект, что весьма существенно при перевозке воздуховодов на большие расстояния любым видом транспорта.

Данная технология применима к прямоугольным воздуховодам, сечение которых предусматривает их изготовление из металла, толщиной от 0,7 мм и выше.

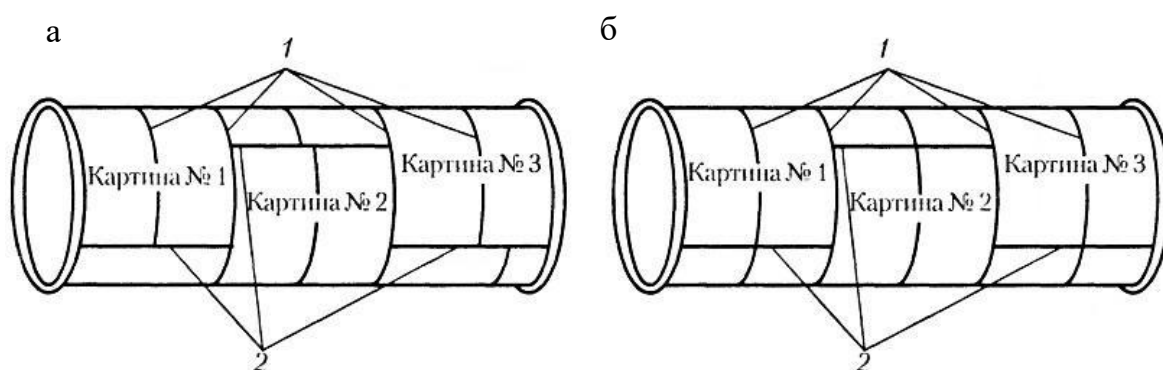


Рис. 22. Элемент воздуховода круглого сечения, составленный из трёх картин:

а – правильная сборка; б – неправильная сборка:

1 – торцевые швы; 2 – продольные швы

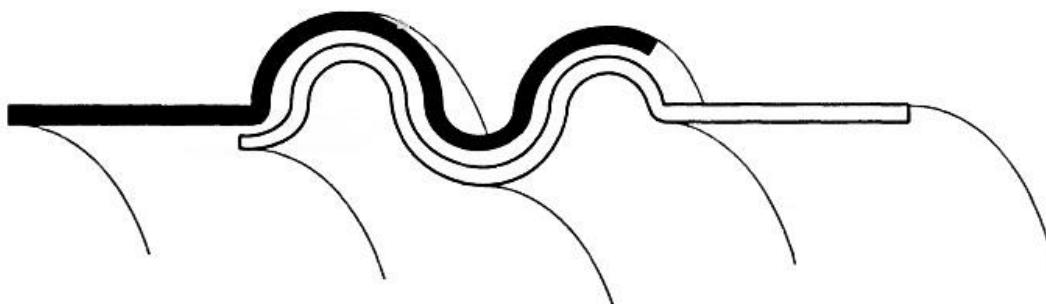


Рис. 23. Фальцевое соединение круглых элементов на зиге

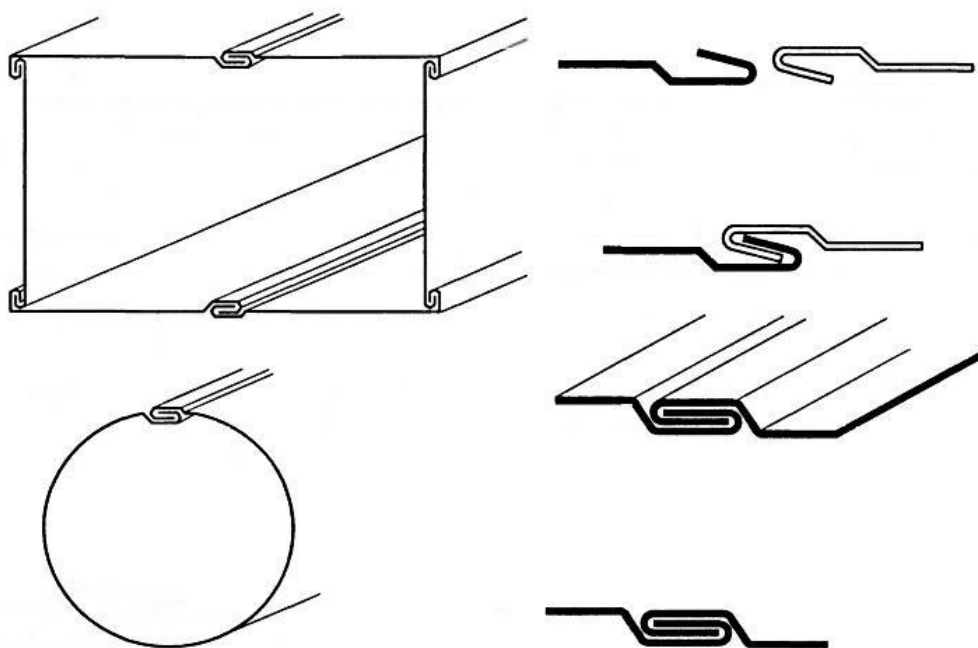


Рис. 24. Лежащий фалец

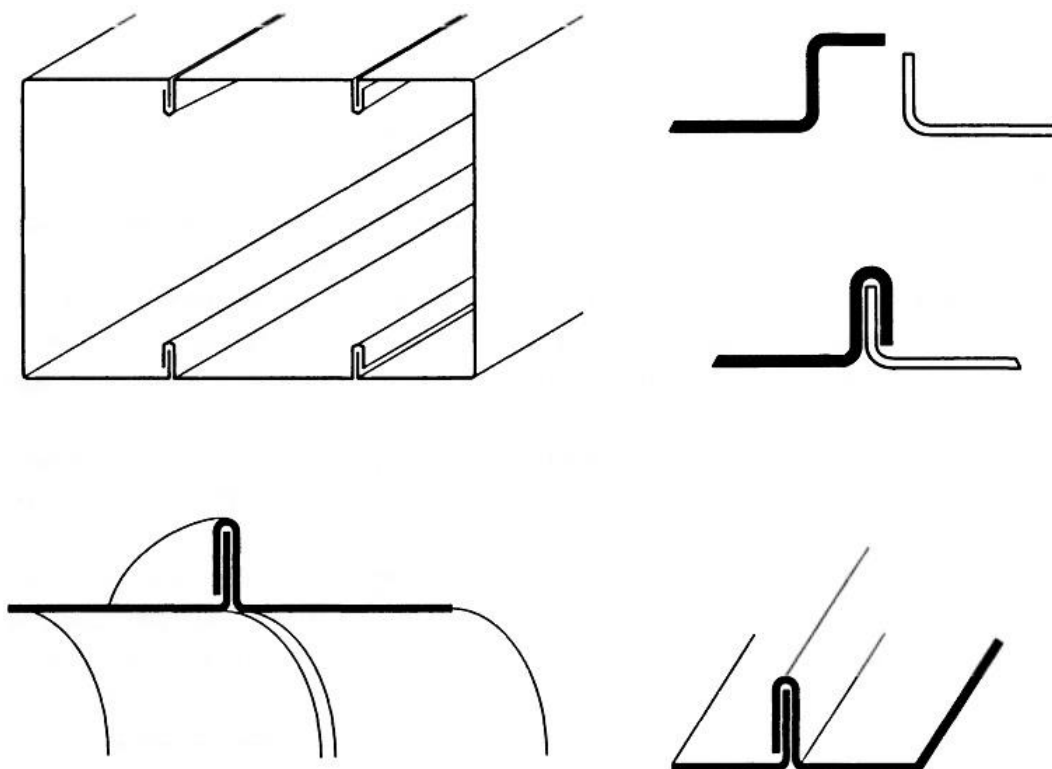


Рис. 25. Стоячий фалец

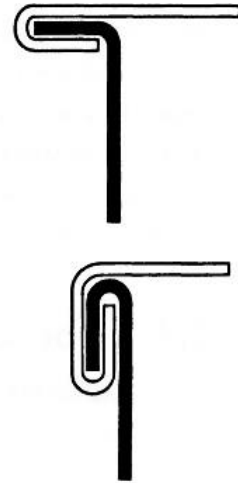
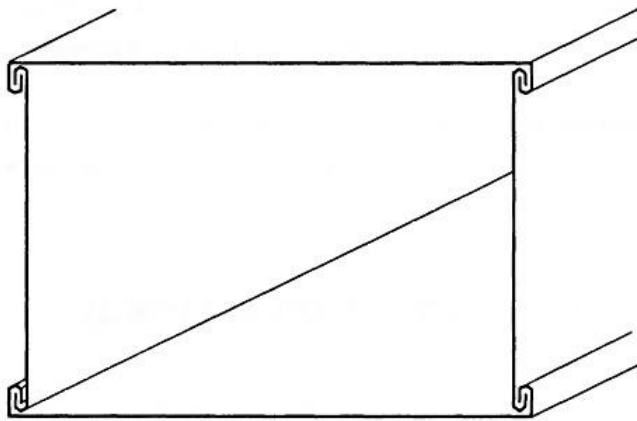


Рис. 26. Угловой фалец

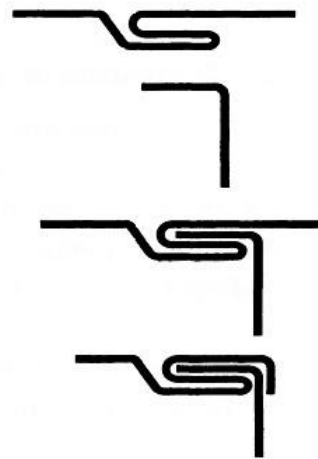
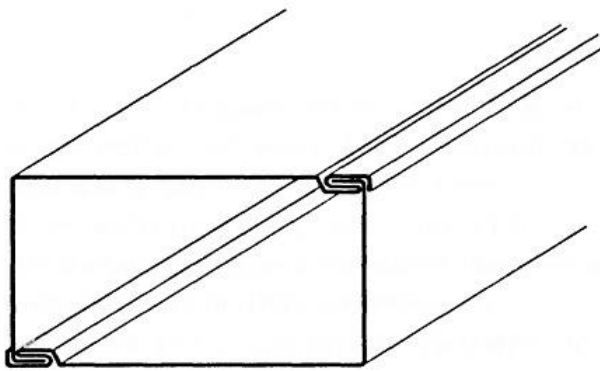


Рис. 27. Питсбургский (московский) фалец

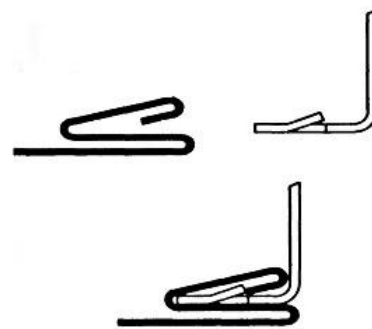
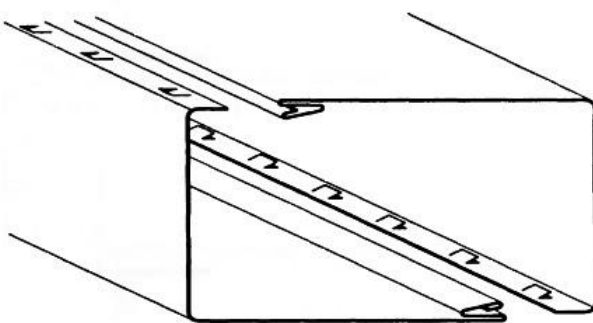


Рис. 28. Защелочный фалец

2.4. Способы соединения воздуховодов между собой

Сборку систем воздуховодов из элементов между собой осуществляют с помощью предварительно установленных в местах стыков соединительных элементов. Соединительные элементы бывают фланцевые и бесфланцевые.

2.4.1. Фланцевые соединения

Фланцы из углового проката. Для соединения круглых элементов воздуховодов изготавливаются (для диаметра воздуховодов до 280 мм включительно) в заводских условиях из листовой стали толщиной 3 мм методом штамповки или плазменной резки. Для воздуховодов диаметром от 315 до 800 мм включительно – из стандартного углового проката 25х25 мм с толщиной полок 3 мм. Для воздуховодов диаметром от 900 мм и выше – из стандартного углового проката 32х32 мм с толщиной полок 3 мм. Во всех случаях во фланцах вырубается отверстия под соединительные болты. Фланцевые соединения воздуховодов приведены на рис. 29.

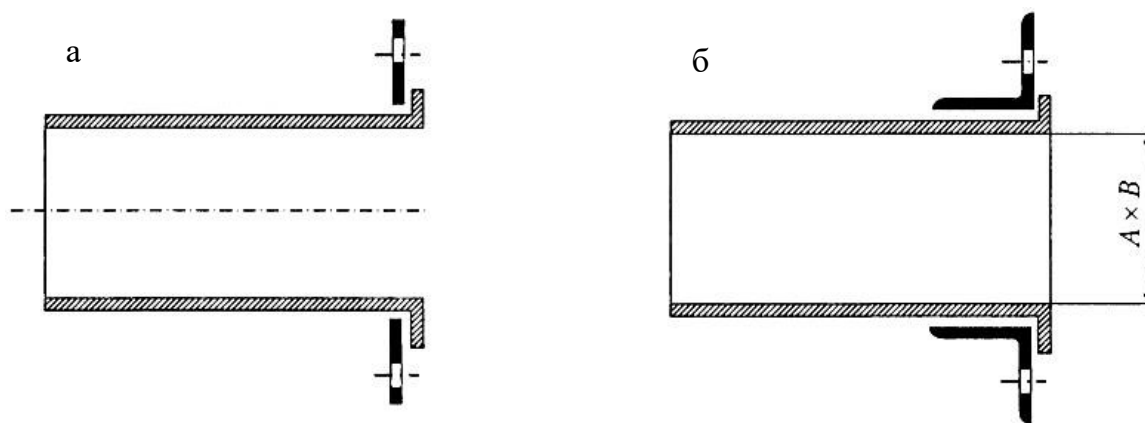


Рис. 29. Фланцевое соединение воздуховодов:
а – фланец из листовой стали; б – фланец из уголка

Фланцы для соединения прямоугольных воздуховодов изготавливаются (для размера воздуховодов со сторонами до 700х700 мм включительно) в заводских условиях из стандартного углового проката 25 х 25 мм с толщиной полок 3 мм. Для воздуховодов со сторонами от 800х800 мм и выше – из стандартного углового проката 32х32 мм с толщиной полок 3 мм. Во всех случаях во фланцах вырубается отверстия под соединительные болты.

Закрепление фланцев на круглых воздуховодах выполняется с отбортовкой кромок торца перпендикулярно оси воздуховода.

Фланец должен свободно перемещаться вокруг оси и иметь осевое перемещение не более 10 мм

Отбортовка кромок круглых воздуховодов должна плотно ложиться на плоскость зеркала фланца не менее 6 мм и не должна перекрывать болтовые отверстия. Сквозные разрывы в отбортовке допускаются не более четырёх на одном торце воздуховода.

Прихватка отбортовки сваркой к зеркалу фланца не допускается.

Прокладки для герметизации стыков между фланцами воздуховодов не должны выступать внутрь воздуховодов и перекрывать болтовые отверстия. Такой способ соединения воздуховодов при их монтаже имеет существенные недостатки: большой расход профильного металла; необходимость применения болтов; существенное увеличение веса воздуховодов за счет веса фланцев (чаще всего вес фланцев превышает вес самих воздуховодов); большая трудоемкость сборки фланцевых соединений на месте монтажа воздуховодов.

Фланцы из профилированной оцинкованной ленты производят двух типов: Z-образной и типа «шина».

Фланец из реек Z-образной формы. Фланец из профилированной на специальных станах Z-образной рейки (рис. 30) нарезается в необходимый размер и собирается в рамку с помощью внутренних уголков. Собранная рамка механически крепится к торцам воздуховодов. При сборке системы воздуховодов на объекте в существующие в рамке пазы закладывается уплотнение для герметизации стыков. Соединяемые стороны двух воздуховодов совмещаются между собой и присоединяются друг к другу с помощью предварительно нарезанной в размер С-образной рейки. В углы устанавливаются декоративные угловые элементы (наружные уголки).

Фланец из профиля типа «шина». Фланец из профилированной на специальных станах «шины» (рис. 31) нарезается в необходимый размер и собирается в рамку с помощью специальных уголков. Собранная рамка механически крепится к торцам воздуховодов.

В зависимости от сечения воздуховода предусмотрено два типа профиля. При размере одной из сторон воздуховода до 500 мм или

полупериметре менее 1000 мм используется профиль высотой 20 мм в комплекте с уголками. Уголок 65х65 мм применяется для малых сечений; 95х95 мм – для средних сечений воздуховодов, соединяемых болтами М8.

Перед сборкой системы воздуховодов по периметру каждой рамки закладывается уплотнительная лента с клейким слоем с одной стороны. Если система вентиляции не предусматривает ее разборку, то возможно нанесение в место стыка рамок вместо уплотнительной ленты слоя герметика.

При размерах сторон воздуховодов свыше 500 мм и полупериметре свыше 1000 мм используется профиль высотой 30 мм в комплекте с уголками 102х102 мм и болтами М10. Перед сборкой системы воздуховодов по периметру каждой рамки закладывается уплотнительная лента с клейким слоем с одной стороны. Если система вентиляции не предусматривает в последующем ее разборку, то возможно уплотнение герметиком.

Соединяемые стороны двух воздуховодов совмещаются между собой и присоединяются друг к другу с помощью болтов и гаек М8 или М10 в зависимости от типа профиля. Для создания дополнительной плотности прилегания фланцев друг к другу рекомендуется устанавливать скобы с шагом 500 мм по каждой стороне стыка воздуховодов.

Фланцы из профиля типа Z рекомендуется применять для воздуховодов прямоугольного сечения малых и средних размеров и в местах, где ограниченное монтажное пространство. Стоимость этих фланцев ниже стоимости фланцев из профиля типа «шина» примерно в два раза.

Скорость сборки воздуховодов, оснащенных фланцами из профиля типа Z, значительно выше всех остальных способов соединений прямоугольных воздуховодов.

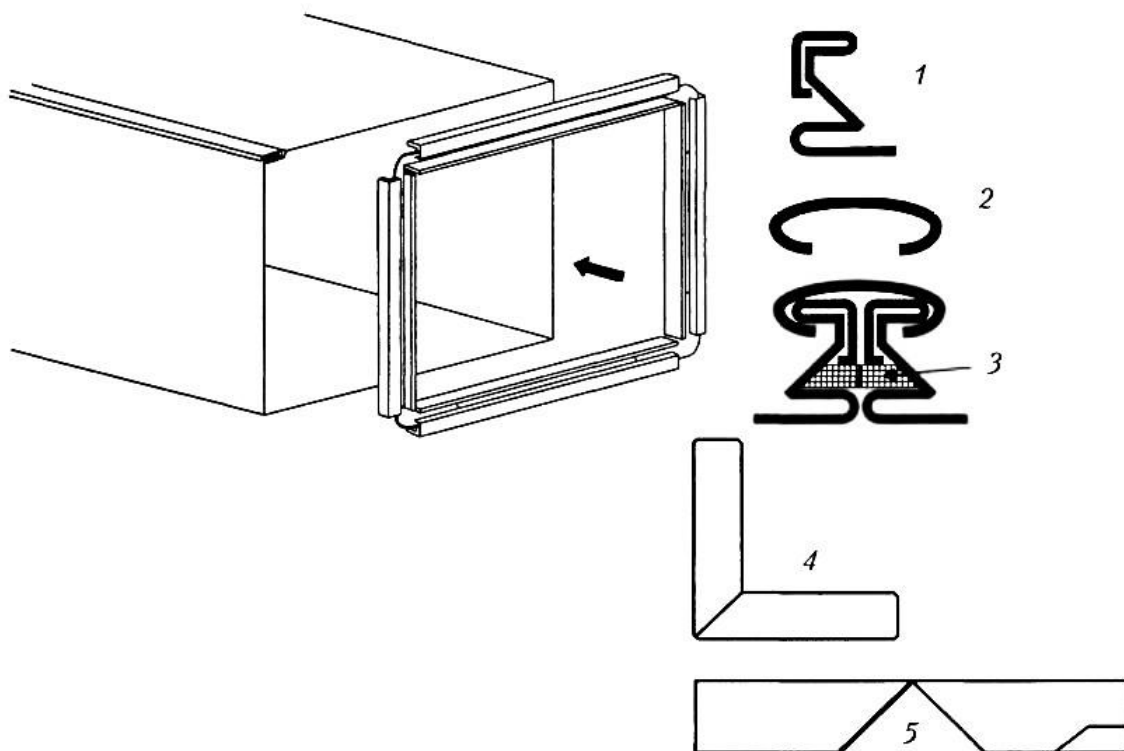


Рис. 30. Фланец из рейки Z-образной формы:
 1 – Z-рейка; 2 – С-рейка; 3 – уплотнение 8х15; 4 – уголок внутренний;
 5 – уголок декоративный

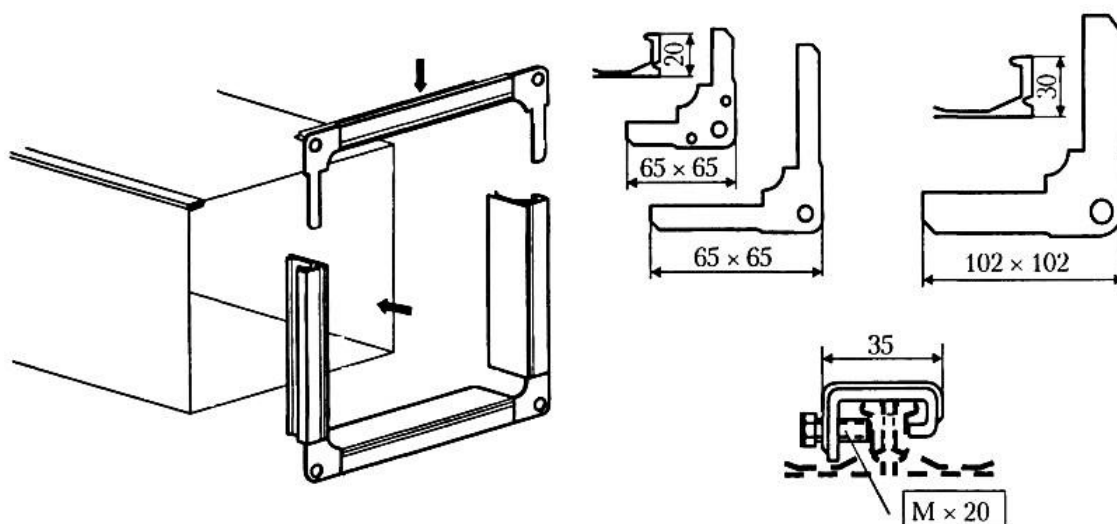


Рис. 31. Фланец из профиля типа «шина»

2.4.2. Бесфланцевые соединения

Наибольшее распространение для сборки круглых воздуховодов между собой при монтаже получили бесфланцевые соединения. Бесфланцевые соединения бывают нескольких типов.

Раструбное (ниппельное) соединение (рис. 32). Принцип ниппельного соединения прямых участков между собой или с фасонными частями круглых воздуховодов основывается на том, что внутренний диаметр воздуховода прямого участка D обеспечивает сопрягаемость с наружным диаметром соединяемой фасонной части или соединительного элемента – ниппеля $D1$. Конструкция всех фасонных частей изначально предусматривает сопрягаемость с прямыми участками воздуховода без дополнительных соединительных элементов.

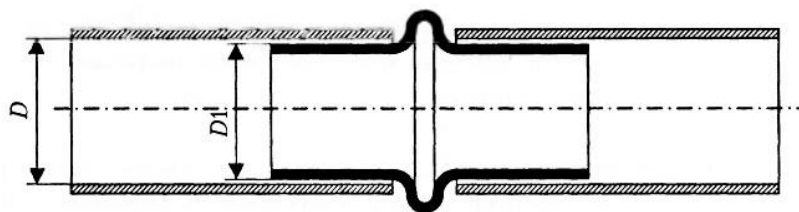


Рис. 32. Ниппельное соединение круглых воздуховодов

Величины полей допусков для ниппельных соединений круглых воздуховодов в зависимости от размеров диаметров соединяемых частей указаны в табл. 8.

Таблица 8

Величины полей допусков круглых воздуховодов

Номинальный размер диаметра, мм	$D_{\min}-D_{\max}$ канала, мм	$D1_{\min}-D1_{\max}$ ниппеля, мм
100	100,0–100,5	98,7–99,3
125	125,0–125,5	123,8–124,3
160	160,0–160,6	158,7–159,3
200	200,0–200,7	198,6–199,3
250	250,0–250,8	248,5–249,3
315	315,0–315,9	313,4–314,3
400	400,0–401,0	398,3–399,3
500	500,0–501,1	498,2–499,3
630	630,0–631,2	628,1–629,3
800	800,0–801,6	798,0–799,3
1000	1000,0–1002,0	997,9–999,3
1250	1250,0–1052,5	1247,8–1249,3

Фасонные части воздухопроводов соединяются между собой с помощью наружного ниппеля, имеющего внутренний зиг и допуск по диаметру прямых участков круглых воздухопроводов.

При монтаже на объекте для герметизации ниппельных соединений используется силиконовый герметик, наносимый шприцом на край шейки ниппеля или фасонной части воздуховода тонкой (2 мм) полоской, и липкую монтажную ленту, обматывающую соединение в 2–3 слоя.

Собранные между собой воздухопроводы необходимо механически прикрепить друг к другу с помощью тяговых заклепок или самонарезающихся шурупов. Количество устанавливаемых заклепок в зависимости от диаметра воздухопроводов, величины проемов под прокладку трасс через перекрытия и расстояния между деталями подвески приведены в табл. 9.

Некоторые заводы-изготовители поставляют фасонные части круглых воздухопроводов и ниппеля с установленными на них резиновыми уплотнениями. В этом случае нет необходимости наносить слой герметика. Достаточно только соединить части воздухопроводов между собой механически с помощью тяговых заклепок или самонарезающихся шурупов. В ответственных местах желательно дополнительно изолировать место стыка снаружи с помощью липкой монтажной ленты.

Таблица 9

Технические данные для монтажа воздухопроводов

Диаметр или сторона воздуховода, мм	Необходимый проём, мм	Максимальное расстояние между деталями подвески, мм	Количество заклёпок, шт.
100	125	3	3
125	160	3	3
160	200	3	4
200	260	3	5
250	300	3	6
315	370	3	7
400	450	3	9
500	550	3	11
630	680	3	14
800	850	3	17
1000	1100	3	21
1250	1400	3	27

Бандажное соединение (рис. 33). При бандажном соединении круглых воздухопроводов между собой кромки торцов воздухопроводов (прямых и фасонных частей) должны быть предварительно отбортованы. При монтаже торцы воздухопроводов совмещаются. Бандаж предварительно заполняется слоем герметика, после чего он надевается на собираемые воздухопроводы. Бандаж стягивается струбцинами, и натяжные петли затягиваются болтами.

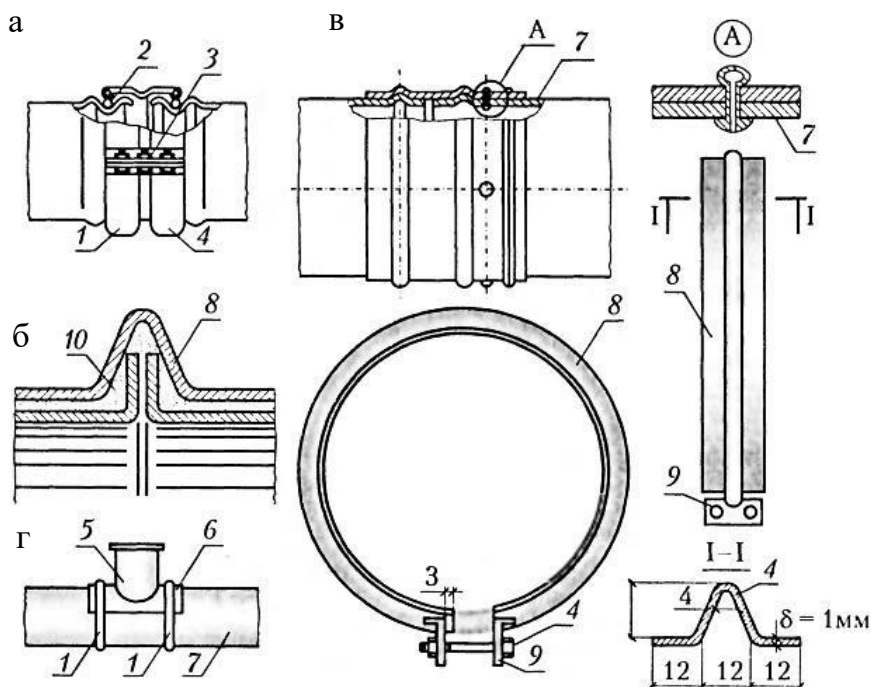


Рис. 33. Бандажные соединения звеньев круглых воздухопроводов:

- а – с резиновыми уплотнителями; б – с бутипроловым уплотнителем; в – на заклепках;
 г – с врезками при монтаже:
 1 – бандаж; 2 – уплотнитель; 3 – стальные уголки; 4 – болт; 5 – патрубок; 6 – фартук;
 7 – воздухопровод; 8 – бандаж с бутипроловым уплотнителем; 9 – нижняя петля;
 10 – бутипрол

Для воздухопроводов круглого и прямоугольного сечений для общеобменной вентиляции, изготовленных из чёрной, стали, существуют способы их изготовления и сборки на сварном соединении. Так как эти воздухопроводы практически не находят применения из-за их недолговечности, трудоемкости изготовления и эксплуатации, то в данном пособии они не рассматриваются.

Телескопическое соединение (рис. 34) на самонарезающихся шурупах или комбинированных заклепках является разновидностью раструбного соединения. Соединение может выполняться насухо, на клею, на эпоксидных составах и на полимерных составах с добавлением пластификаторов.

Технологический процесс соединения двух деталей (рис. 35) комбинированными заклепками выполняется следующим образом. Склепываемые детали 1 и 2 плотно соединяют друг с другом, после чего в них просверливают отверстие нужного диаметра, в которое вставляют заклепку так, чтобы ее головка и выступающая часть стержня (сердечника или концентратора напряжения) оказались над наружной поверхностью воздуховода. С помощью заклепочника или пистолета 6 с ручным, электрическим или пневматическим приводом его цанга 7 начинает затягивать стержень 8 заклепки. Корпус 3 заклепки под давлением головки 4 стержня начинает развальцовываться. При достижении определенных усилий стержень 8 обрывается в ослабленном сечении 5. Обрыв стержня происходит в тот момент, когда детали достаточно плотно соединены между собой. Чтобы обеспечить жесткость, прочность и плотность указанных телескопических соединений, применяют различные клеи и мастики.

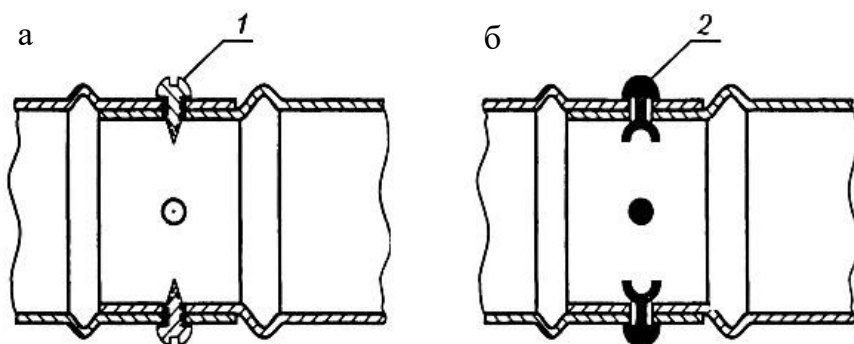


Рис. 34. Телескопическое соединение воздухопроводов:
а – на саморезающихся шурупах; б – с помощью комбинированных заклепок:
1 – самонарезающийся шуруп; 2 – заклепка односторонней клепки

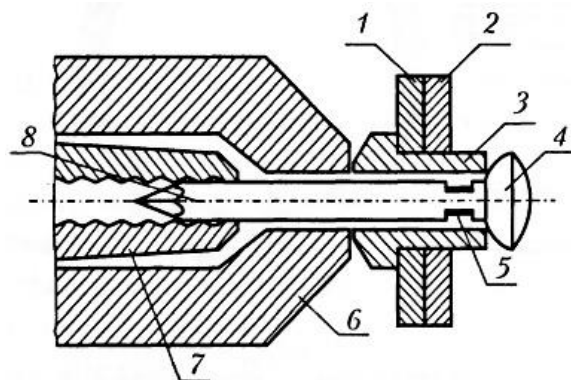


Рис. 35. Соединение деталей односторонней клепкой:
1 – деталь 1; 2 – деталь 2; 3 – корпус заклепки; 4 – головка стержня;
5 – ослабленное сечение стержня; 6 – заклепочник; 7 – цанга; 8 – стержень

3. МОНТАЖ ВОЗДУХОВОДОВ И ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

3.1. Средства крепления воздуховодов

Согласно СНиП 3.05.01-85*, крепление воздуховодов следует выполнять в соответствии с рабочей документацией. Чертежи нетиповых креплений должны входить в её комплект.

Крепления горизонтальных металлических неизолированных воздуховодов (хомуты, подвески, опоры и др.) на бесфланцевом соединении следует устанавливать на расстоянии не более 4 м одно от другого при диаметрах воздуховода круглого сечения или размерах большей стороны воздуховода прямоугольного сечения менее 400 мм и на расстоянии не более 3 м одно от другого – при диаметрах воздуховода круглого сечения или размерах большей стороны воздуховода прямоугольного сечения 400 мм и более.

Крепления горизонтальных металлических неизолированных воздуховодов на фланцевом соединении круглого сечения диаметром до 2000 мм или прямоугольного сечения при размерах его большей стороны до 2000 мм включительно следует устанавливать на расстоянии не более 6 м одно от другого. Расстояния между креплениями изолированных металлических воздуховодов любых размеров поперечных сечений, а также неизолированных воздуховодов круглого сечения диаметром более 2000 мм или прямоугольного сечения при размерах его большей стороны более 2000 мм должны назначаться рабочей документацией.

Хомуты должны плотно охватывать металлические воздуховоды. Крепления вертикальных металлических воздуховодов следует устанавливать на расстоянии не более 4 м одно от другого.

Крепление вертикальных металлических воздуховодов внутри помещений многоэтажных корпусов с высотой этажа до 4 м следует выполнять в междуэтажных перекрытиях.

Крепление вертикальных металлических воздуховодов внутри помещений с высотой этажа более 4 м и на кровле здания должно назначаться проектом.

Крепление растяжек и подвесок непосредственно к фланцам воздуховода не допускается. Натяжение регулируемых подвесок должно быть равномерным.

Свободно подвешиваемые воздуховоды должны быть расчалены путем установки двойных подвесок через каждые две одинарные подвески при длине подвески от 0,5 до 1,5 м.

При длине подвесок более 1,5 м двойные подвески следует устанавливать через каждую одинарную подвеску.

Конструкции типовых креплений круглых и прямоугольных воздуховодов к стенам и металлоконструкциям показаны на рис. 36.

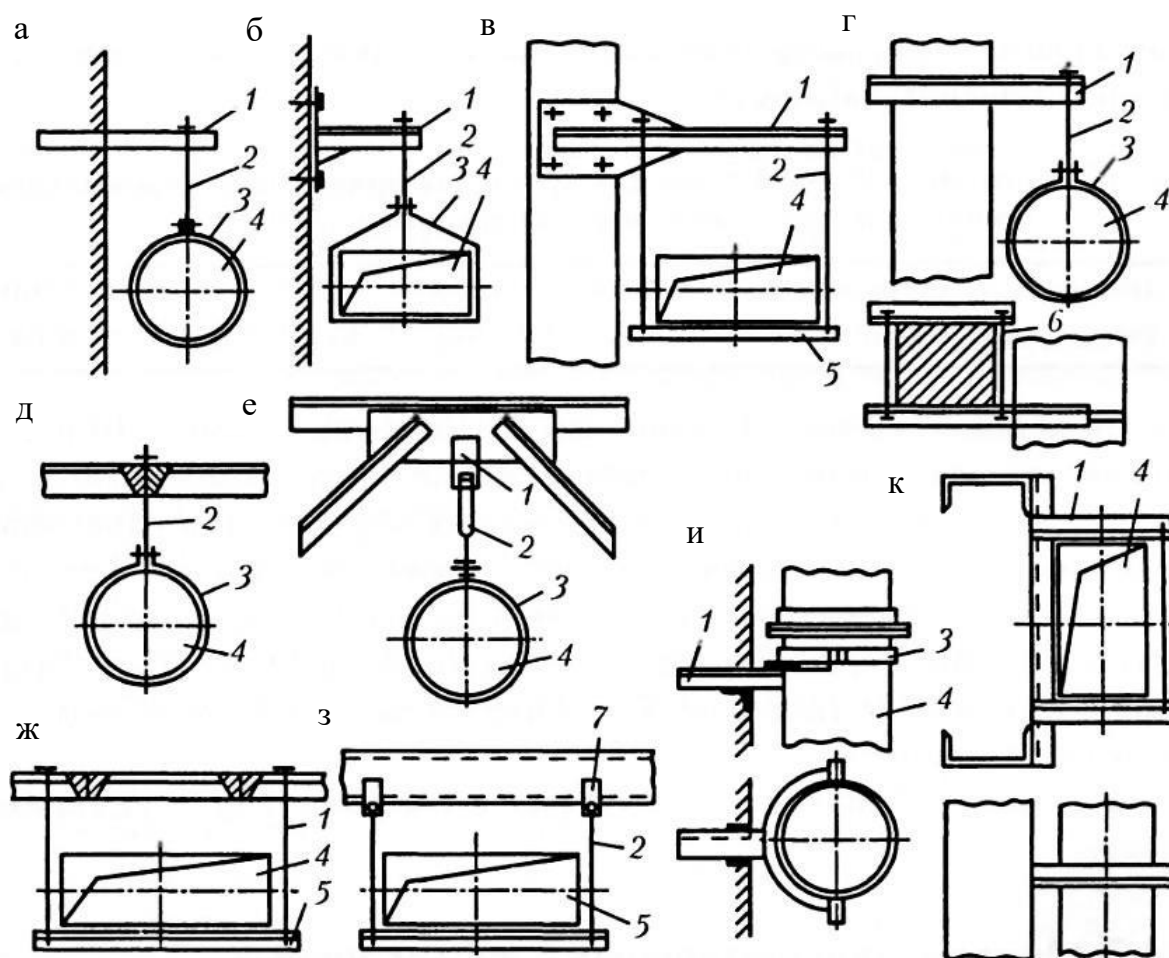


Рис.36. Схемы крепления круглых и прямоугольных воздуховодов:

а-з – горизонтальных воздуховодов; и, к – вертикальных воздуховодов; а, и – к стенам;
б, в, г, к – к колоннам; д, в – к перекрытиям; е, з – к фермам и прогонам:

1 – консоль; 2 – тяга; 3 – хомут; 4 – воздуховод; 5 – траверса;

6 – стяжной болт; 7 – накладка

Кронштейны крепят, как правило, двумя способами: заделкой в строительные конструкции и пристрелкой с помощью строительного монтажного пистолета.

Типовые крепления круглых и прямоугольных воздуховодов к стенам и металлоконструкциям показаны на рис. 36. При креплении кронштейнов к стене (рис. 36, а) глубина заделки лежит в пределах 250–510 мм. Расстояние между горизонтальным воздуховодом круглого сечения и колонной для всех размеров сечений принимают равным 50 мм. Прямоугольные воздуховоды периметром свыше 1000 мм подвешивают на траверсах (см. рис. 36, в, ж, з), до 1000 мм – хомутах (см. рис. 36, б). Крепления вертикальных шахт приведены на рис. 36, и, к. Крепление к колоннам и плитам перекрытий – на рис. 36, г, д. Для воздуховодов прямоугольного сечения периметром до 1000 мм и круглого сечения диаметром до 400 мм хомуты изготавливают из полосы 20х2 мм; для больших сечений круглых воздуховодов – из полосы 30х3 мм. Для подвески воздуховодов прямоугольного сечения периметром свыше 1000 мм применяют траверсы из угловой стали следующих сечений (табл. 10):

Таблица 10

**Сортамент угловой стали для крепления прямоугольных воздуховодов
прямоугольного сечения периметром свыше 1000 мм**

Периметр воздуховода, мм	1200	1800	4000	4800	7000
Сталь угловая, мм	32х4	40х4	50х5	63х5	80х6

Тяги для подвески воздуховодов изготавливают диаметром 8, 10 и 12 мм с метрической резьбой на обоих концах. Длина тяг не лимитируется. Для изменения длины подвесок и тяг в небольших пределах для равномерной нагрузки на кронштейны применяют регулируемую подвеску. Крепления устанавливают по тщательно выполненной разметке. К фермам покрытий цехов воздуховоды 4 крепят только в узлах (см. рис. 36, ж). К узлу фермы приваривают пластину (накладку 7) и к ней крепят подвеску на сварке или на болтовом соединении.

Изолированные воздуховоды крепят в соответствии с указаниями в проекте.

3.2. Монтаж вентиляционного оборудования

3.2.1. Монтаж радиальных вентиляторов

Поставляемые заводами-изготовителями вентиляторы должны отвечать требованиям ГОСТов или техническим условиям на их изготовление. Для определения исправности поступившего на монтаж оборудования проводят полную или неполную ревизию; полная ревизия необходима, если нарушены условия и срок хранения оборудования или условия транспортирования. При полной ревизии разбирают все сборочные единицы и детали, промывают их и проверяют. При неполной ревизии выполняют:

- доукомплектование вентагрегата (при необходимости);
- расконсервацию деталей и узлов от пленочных покрытий;
- очистку внутренних полостей корпуса и рабочего колеса от пыли и грязи;
- проверку величины зазора между кромкой переднего диска рабочего колеса и кромкой входного патрубка (в общем случае для радиального вентилятора зазор не должен превышать 1 % от диаметра рабочего колеса);
- проверку балансировки рабочего колеса;
- проверку наличия смазки в подшипниках;
- проверку центровки валов вентилятора и электродвигателя;
- натяжение ремней;
- проверку изоляции обмоток электродвигателя.

Ревизия выполняется заказчиком или по его поручению монтажной организацией. Перед монтажом также необходимо проверить комплектность вентиляционного оборудования. Следует также установить соответствие характеристик каждого вентилятора проектным данным: тип, направление вращения, номер, исполнение, тип и марку электродвигателя, его мощность, количество оборотов. Затем нужно убедиться в механической целостности оборудования, отсутствии повреждений.

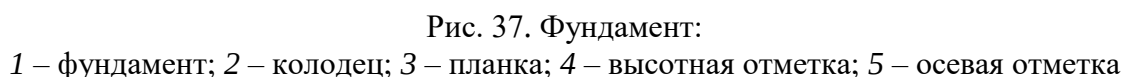
Радиальные вентиляторы могут устанавливаться на жесткие или виброизолирующие основания.

Небольшие вентиляторы (до № 12) обычно доставляются на объект в собранном состоянии. Вентиляторы свыше № 12 – в виде отдельных узлов. Степень агрегированности при поставке

Вентиляторы в собранном виде могут устанавливаться на фундаментах, металлических кронштейнах или площадках.

Выбор конструкции определяется геологическими и гидро-геологическими условиями строительной площадки, характером и назначением возводимого сооружения, значениями действующих нагрузок.

Один из вариантов фундаментов представлен на рис. 37. Он состоит из верхней части А, выступающей над полом, на которой размещается оборудование, и нижней Б, опирающейся на грунт. Нижняя плоскость фундамента называется подошвой, а слой грунта, на который опирается подошва, – основанием. Надежное основание предотвращает осадку фундамента и обеспечивает устойчивое положение оборудования на фундаменте.



Для установки фундаментных или анкерных болтов, к которым крепится оборудование, в фундаменте устраивают колодцы 2.

Для определения высотной и горизонтальной отметок (положений) в тело фундамента заделывают планки 3 с нанесёнными высотной 4 и осевой 5 отметками.

Приемка фундамента. Фундамент изготавливает строительная организация. Перед началом монтажа принимают подготовленный к монтажу фундамент. Фундаменты должны быть очищены от строительного мусора и освобождены от опалубки и строительных конструкций, если последние не будут использованы при монтаже. Сжигать опалубку в колодцах фундаментов запрещается, так как остающаяся копоть мешает схватыванию бетона при подливке его в колодцы. Канавы в полу, отверстия и проемы должны быть ограждены или закрыты.

Порядок приемки зависит от типа фундамента. В процессе приемки фундамент подвергают всестороннему обследованию и проверяют на соответствие чертежам и техническим условиям. Правила приемки фундаментов регламентируются соответствующими Строительными нормами и правилами (СНиП). На все фундаменты составляют формуляр с привязочными фактическими и проектными размерами.

Фундаменты не должны иметь раковин, поверхностных трещин, а качество бетона должно подтверждаться актом испытания контрольных кубиков.

Далее проверяют правильность геометрических размеров и осей фундамента, фундаментных колодцев, различных ниш, проемов по схеме (рис. 38). Вдоль главных осей вентагрегата на высоте 200–250 мм от фундамента подвешивают струны 1 из рояльной проволоки диаметром 0,3–0,5 мм и натягивают их с помощью груза 6 так, чтобы опущенные с них отвесы 2 попадали в точки пересечения высотных и осевых отметок планок 4. Геометрические размеры фундамента и правильность заложения колодцев, ниш и каналов проверяют от установленных струн масштабной линейкой или рулеткой. Одновременно проверяют правильность положения его по отношению к зданию, а также к фундаментам других машин, если в здании их устанавливают несколько. Прямоугольность фундамента в целом проверяют натяжением шнуров по его диагоналям: диагонали должны быть равны.

Если геометрические размеры фундамента и расположение колодцев (под фундаментные болты) и проемов соответствуют допускам, проверяют глубину заложения колодцев и проемов от высотных отметок. Для этого на фундамент на подкладки укладывают по уровню проверочную линейку, нижняя грань которой должна соответствовать положению подошвы вентагрегата, определяемому замером от высотной отметки. Измеряют глубину колодца деревянной рейкой с нанесенными на неё масштабными отметками.

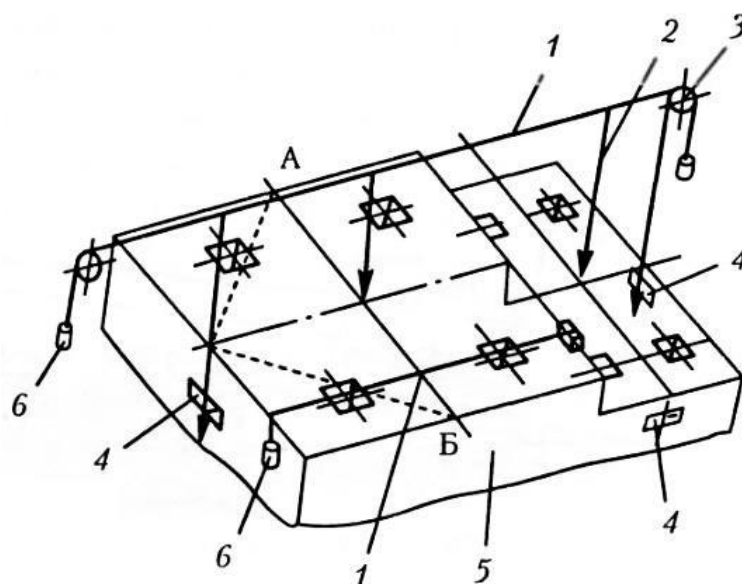


Рис. 38. Схема разметки фундамента:

1 – струна; 2 – отвес; 3 – скоба; 4 – планка с осевыми высотными отметками;
5 – фундамент; 6 – груз

От качества изготовления фундаментов зависит правильность установки агрегата и сроки монтажа. Исправление фундаментов в процессе монтажа – трудоемкая операция, поэтому необходимо тщательно проверять фундаменты при приёмке.

Приемку фундаментов оформляют актом, который подписывают представители строительной и монтажной организаций и заказчика.

После приемки фундамента приступают к монтажу вентагрегатов. Их монтаж состоит в подъёме на подготовленное основание, например, автокраном (рис. 39) и креплении в проектном положении. На кронштейны и площадки вентиляторы поднимают с помощью строп лебедками или таями, а на фундаменты, кроме того, – накатыванием или надвижкой по лагам (рис. 40).

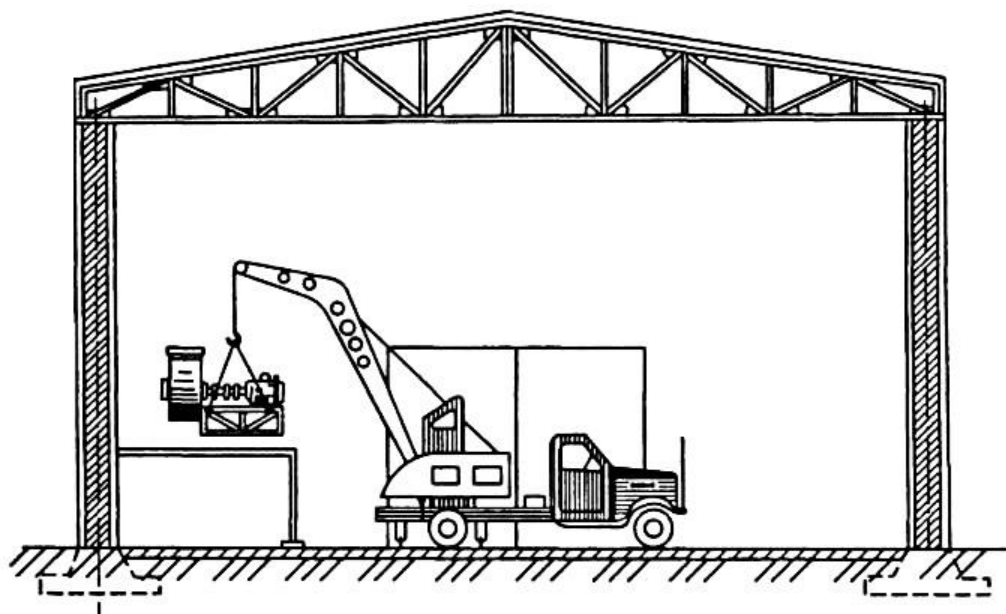


Рис. 39. Монтаж вентилятора автокраном

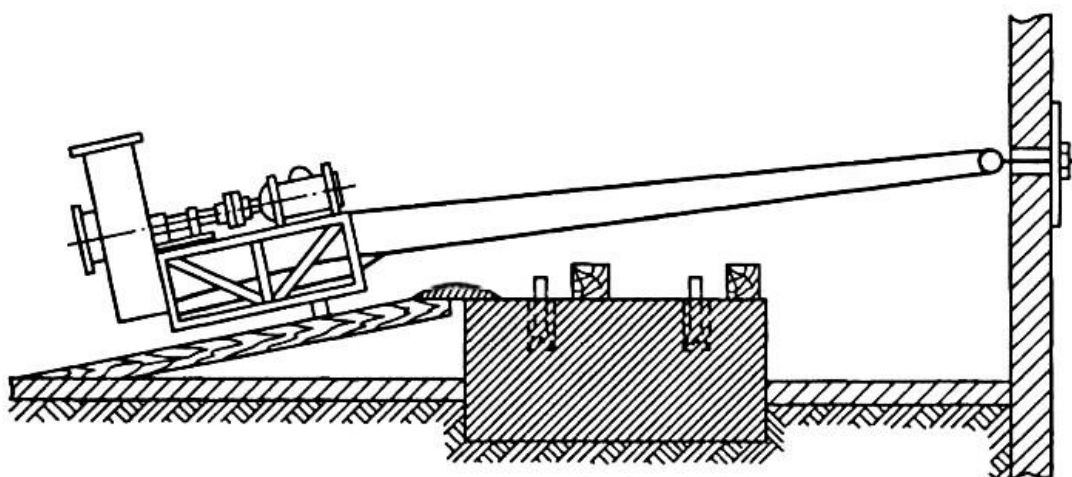


Рис. 40. Схема установки вентиляторов на фундамент накаткой

При установке на жесткое основание станина вентилятора должна плотно прилегать к звукоизолирующим прокладкам.

При выверке установленного вентилятора следует добиваться, чтобы его вал был расположен строго горизонтально, а стенки кожуха не имели перекосов. Положение станины вентилятора на фундаменте корректируется деревянными клиньями и металлическими подкладками. Подбивая клинья под станину или вытаскивая их на некоторую величину, добиваются правильного положения вентилятора, после чего его фиксируют металлическими

подкладками. Образовавшийся зазор между станиной вентилятора и фундаментом заполняют цементным раствором (подливка под раму). Для обеспечения монолитности на фундаменте перед подливкой следует сделать насечку, пыль и крошки бетона удалить, рабочую поверхность смочить водой. При выполнении подливки нельзя делать перерыв в работе.

Затяжка гаек на фундаментных болтах должна производиться только после схватывания цементного раствора. Болты следует закреплять контргайками.

При установке радиальных вентиляторов на пружинные виброизоляторы их предварительно крепят болтами к раме, при этом необходимо, чтобы осадка была равномерной.

У крупных радиальных вентиляторов (свыше № 12) кожух может выполняться составным в виде двух частей (верхней и нижней) и отдельно устанавливаемым электродвигателем, соединяемым с вентилятором ременной передачей.

Перед монтажом таких вентиляторов производят распаковывание и расконсервацию поставленных заводом узлов и выявляют комплектность и состояние вентагрегата в соответствии с заводской документацией. При отсутствии замечаний приступают к монтажу.

Сначала устанавливают раму вентилятора и выверяют ее положение. Затем на ней монтируют нижнюю половину кожуха. Сняв входной патрубок, производят монтаж вала со стойкой, на который насаживают рабочее колесо, после выверки положения его закрепляют. Устанавливают верхнюю половину кожуха. Между верхней и нижней частями кожуха ставится прокладка. Обе части соединяются на болтах. Устанавливают и закрепляют входной патрубок вентилятора.

В правильно собранном вентиляторе зазоры между кромкой переднего диска рабочего колеса и кромкой входного патрубка радиального вентилятора как в осевом, так и в радиальном направлениях не превышают 1 % диаметра рабочего колеса (рис. 41). Колесо должно быть сбалансировано, т. е. при разгоне его от руки всякий раз оно должно останавливаться в произвольном положении. На заключительном этапе монтируется электродвигатель. Он устанавливается на салазки и закрепляется. Оси шкивов электродвигателя и вентилятора при ременной передаче должны быть

параллельными, а средние линии должны совпадать, т.е. канавки шкивов клиноременной передачи должны находиться на одной прямой (проверяется натяжением шнура).

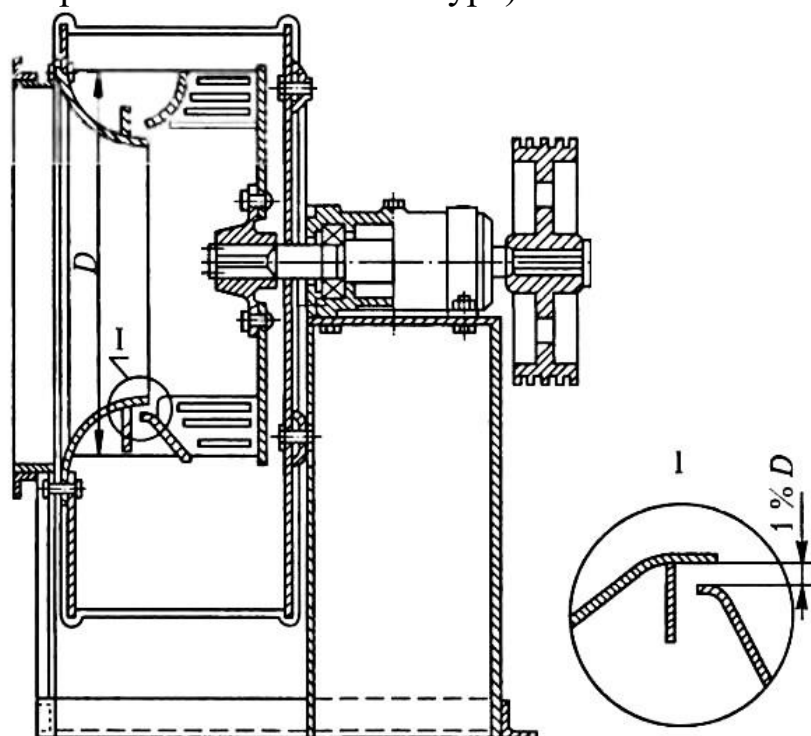


Рис. 41. Выверка зазоров при сборке вентилятора

При клиноременной передаче расстояние между шкивами принимается в соответствии с размерами ремней. Натяжение ремней следует тщательно отрегулировать (правильно натянутый ремень при приложении к нему поперечной силы пружинит). Нижняя часть ременной передачи должна быть ведущей, набегающей на шкив электродвигателя.

Всасывающее отверстие вентилятора, не присоединенное к воздуховоду, для безопасности должно быть затянуто металлической сеткой с размером ячейки не более 70x70 мм. По этой же причине ременная передача закрывается прочным ограждением, выполненным из угловой стали, затянутым мелкоячеистой сеткой, а соединительные муфты – кожухами.

После присоединения электродвигателя вентилятора к электросети производится пробный пуск. Корпус электродвигателя подлежит заземлению.

Для контроля направления вращения вентилятора с наружной удобной для наблюдателя стороны ограждения наносится яркой краской соответствующая стрелка.

Перед пробным пуском в работу вентиляторов проверяют наличие прокладок в местах соединения составных частей корпуса и в местах подсоединения вентилятора к системе. Материал прокладок должен соответствовать свойствам перекачиваемого воздуха (табл. 11).

Таблица 11

Материалы прокладок для воздуха разных параметров

Состав воздуха	Материалы прокладок
Воздух нормальной влажности температурой до 70°C	Картон или пряди каната с суриковой замазкой
Влажный воздух	Резина или картон, проваренный в олифе и смазанный суриковой замазкой
Воздух температурой более 70°C	Асбестовый картон или шнур
Пыль температурой до 90°C	Асбестовый картон толщиной более 4 мм
Газ или воздух температурой до 400°C	Асбестовый шнур диаметром 8–10 мм

Пуск вентиляторов в работу можно осуществлять при закрытом дросселе (шибере) на входе. Радиальные вентиляторы пускают в работу при закрытом дросселе на нагнетании, осевые – при открытом.

При запуске электродвигателя в первую очередь проверяют правильность направления вращения вентилятора. Для предотвращения перегрузки электродвигателя пробный пуск проводят при частичном открытии лопаток входных направляющих аппаратов.

Во время работы вентилятора проверяют герметичность и вибрацию воздухопроводов, плавность хода дроссельных устройств, на которых должны быть предусмотрены специальные ручки и фиксаторы положения. Герметичность воздухопроводов проверяют введением порошка мела в перекачиваемый воздух. Постоянно контролируют состояние электродвигателя, температуру подшипников и корпуса вентилятора. При пробном пуске, через 10 мин работы, агрегат рекомендуется остановить и проверить затяжку фундаментных болтов, болтов крепления кромок корпусов подшипников, состояние масляной системы.

Продолжительность обкатки при отсутствии неполадок определяется временем, необходимым для проведения работ по регулировке, но не менее 1 ч.

Наладку вентиляторов производят под нагрузкой на рабочей вентиляционной системе. Продолжительность испытания под нагрузкой не менее 4 ч. В процессе наладки подбирают дроссельные шайбы, обеспечивающие требуемые режимы работы вентиляционной системы, проверяют устойчивость работы вентилятора на различных режимах, устанавливают рабочую зону.

3.2.2. Монтаж осевых вентиляторов

Осевые вентиляторы могут устанавливаться в оконных или стенных проемах, на кронштейнах и в воздуховодах. Варианты установки осевых вентиляторов приведены на рис. 42. Монтаж осевого вентилятора проще монтажа осевого и состоит в его подъёме на подготовленное основание, установке и креплении в проектном положении.

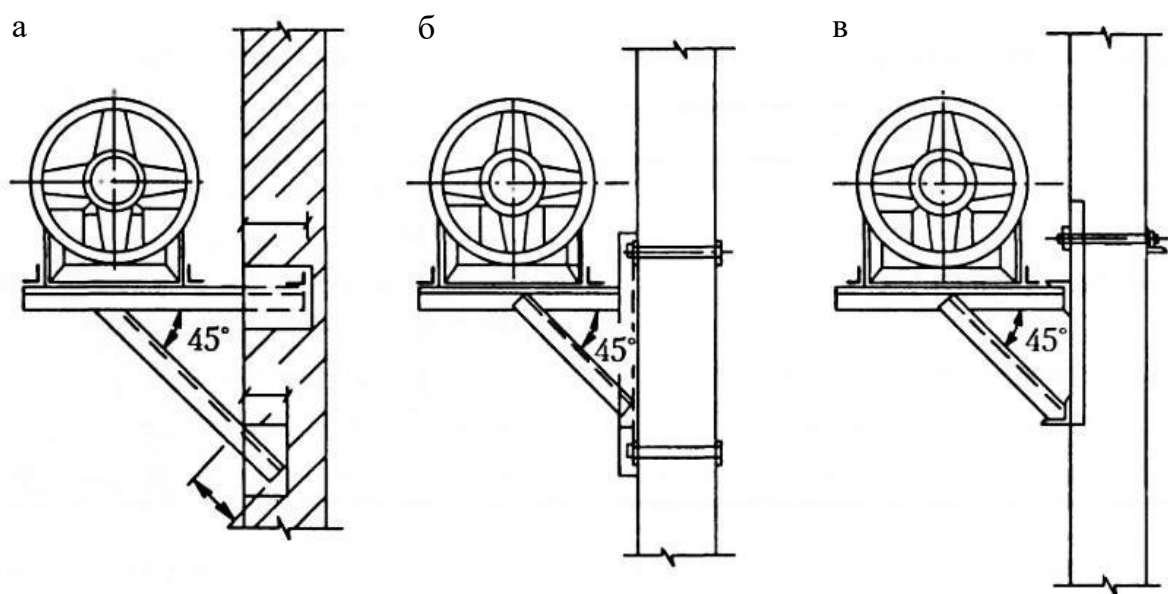


Рис. 42. Установка осевых вентиляторов:

а – на кирпичной стене; б – на панельной стене; в – на железобетонной стене

При установке осевого вентилятора в стенном проеме его закрепляют болтами к закладной металлической раме, обрамляющей проем. Для предотвращения попадания на вентилятор атмосферных осадков с наружной стороны обечайки устанавливается полуотвод, обращенный вниз. Осевые вентиляторы, монтируемые в стенных или оконных проемах, оборудуют клапанами, управление которыми располагается в помещении на высоте 1,5–1,8 м от пола.

До установки вентилятора на кронштейны предварительно убеждаются в надежности опорных конструкций.

При монтаже осевого вентилятора в воздуховоде (рис. 43) сначала устанавливают для него средства крепления, а затем поднимают и закрепляют его на проектной отметке. После проверки правильности положения вентилятора к фланцам подсоединяется воздуховод. Для подключения электродвигателя вентилятора к электросети, а также наблюдения за его работой в воздуховоде предусматривается лючок.

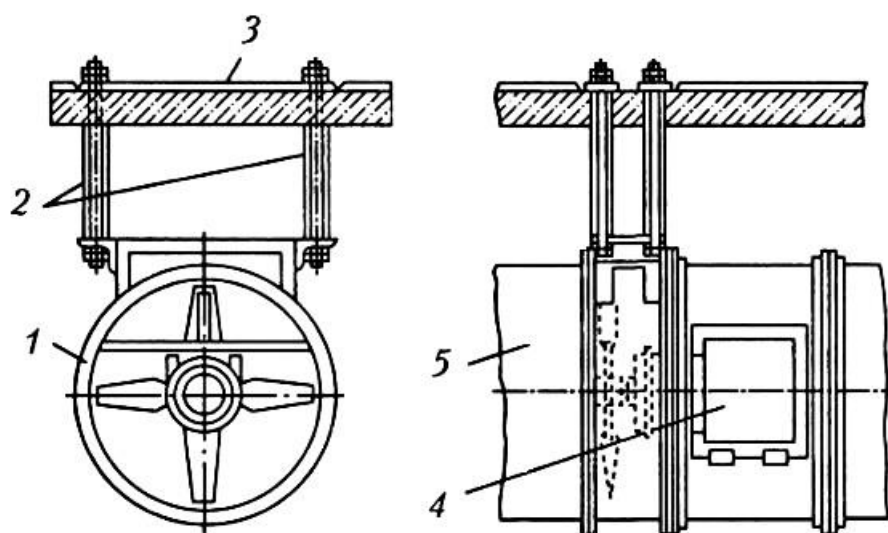


Рис. 43. Установка осевого вентилятора в воздуховоде:

1 – осевой вентилятор; 2 – подвесы; 3 – перекрытие; 4 – лючок; 5 – воздуховод

При оценке качества монтажа осевого вентилятора следует проверить:

- прочность крепления вентилятора к опорным конструкциям или подвескам;
- вертикальность и горизонтальность установки;
- герметичность соединения обечайки с фланцами воздуховода (при установке вентилятора в воздуховоде);
- зазор между обечайкой и рабочим колесом (он должен быть равномерным и не превышать 1% от диаметра рабочего колеса);
- легкость и правильность направления вращения рабочего колеса (направление вращения определяется путем кратковременного включения электродвигателя; в правильно смонтированном вентиляторе поток воздуха направлен со стороны электродвигателя).

3.2.3. Монтаж канальных вентиляторов

Круглые канальные вентиляторы крепятся к стене или потолку с помощью комплектных консолей (отдельной поставки или установленной на корпусе) и подсоединяются к воздуховоду с помощью быстросъемных гибких вставок (рис. 44), представляющих собой хомуты из оцинкованной стали, на которую наклеена микропористая резина толщиной 10 мм, что позволяет герметизировать места соединения и снижает вибрацию.

Прямоугольные канальные вентиляторы (рис. 45) подсоединяются к воздуховодам с помощью гибких вставок (рис. 46), состоящих из двух фланцев с закрепленной между ними тканевой ленты. Вставка крепится к фланцам вентиляторов с помощью болтов или реечного соединения.

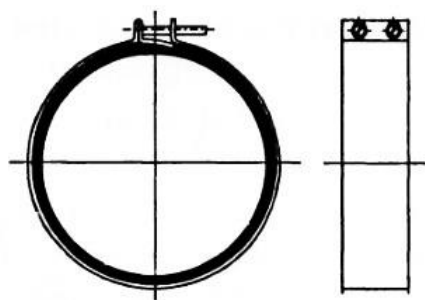


Рис. 44. Быстросъемный хомут

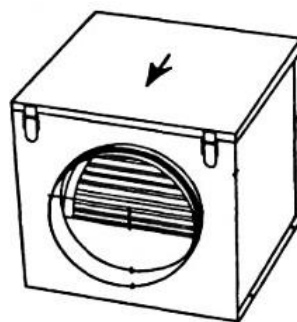


Рис. 45. Прямоугольный канальный вентилятор

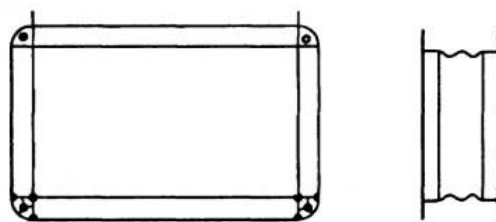


Рис. 46. Гибкая вставка для прямоугольных канальных вентиляторов

Распространенными способами крепления канальных вентиляторов является подвешивание их на стальных стержнях с резьбой или перфорированной ленте, а также на кронштейнах.

Большинство канальных вентиляторов может работать в любом положении. При их монтаже следует придерживаться общих правил:

- оставлять участки прямых воздуховодов перед всасывающим и напорными патрубками не менее 1,5 м;

- фланцы со стороной более 400 мм усиливать дополнительными болтами;
- вентилятор необходимо всегда укреплять на самостоятельных подвесах или кронштейнах, чтобы избежать давления на гибкие вставки и воздуховод;
- монтировать вентилятор таким образом, чтобы обеспечить свободный доступ к штатным люкам и крышкам, необходимым для правильной эксплуатации;
- если перемещаемый воздух имеет высокую влажность или существует опасность выпадения конденсата, необходимо устанавливать канальный вентилятор открывающейся плитой электродвигателя вверх.

3.2.4. Монтаж крышных вентиляторов

Радиальные и осевые крышные вентиляторы устанавливают на типовые железобетонные стаканы (рис. 47), которые служат конструктивной частью усиленной железобетонной плиты перекрытия цеха.

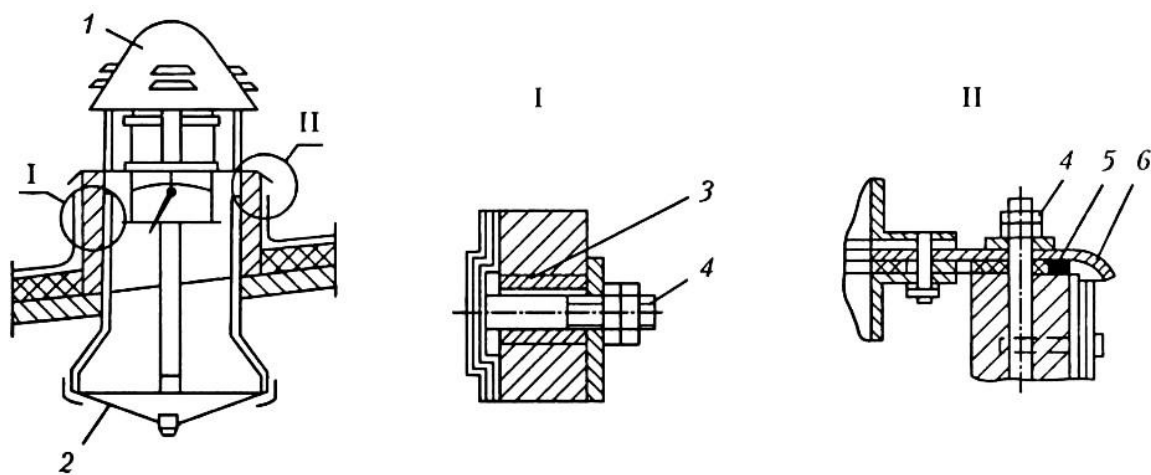


Рис. 47. Установка крышного вентилятора на железобетонном стакане:
 1 – вентилятор; 2 – поддон; 3 – трубка; 4 – анкерный болт;
 5 – резиновая прокладка; 6 – козырёк

Стаканы внутренним диаметром 700, 1000 и 1450 мм, минимальной высотой 400 мм оборудуются закладными деталями: анкерными болтами 4 для крепления вентилятора и трубками 3, через которые проходят болты крепления поддона 2 вентилятора 1. Поддоны предназначены для сбора влаги, конденсирующейся на

металлических частях вентилятора в холодный период года. Поддоны оборудуют дренажным трубопроводом диаметром 15–20 мм, который присоединяют к муфте в нижней части поддона. По периметру примыкания вентилятора к стакану устанавливают козырек 6, чтобы атмосферные осадки не проникали в зазор между стаканом и вентилятором. Вентиляторы крепят к стакану восемью закладными анкерными болтами. Между стаканом и вентилятором устанавливают резиновую прокладку 5.

Перед монтажом крышного вентилятора проверяют: размеры и привязку стакана к строительным конструкциям; высоту стакана и соответствие закладных анкерных болтов в стакане диаметру и шагу крепежного фланца вентилятора.

До начала монтажа выполняют ревизию вентилятора и его электродвигателя и проверяют зазор между рабочим колесом и обечайкой или входным патрубком.

После осмотра к всасывающему патрубку радиального вентилятора присоединяют самооткрывающийся обратный клапан, который автоматически открывается при работе вентилятора, а при его остановке закрывает сечение патрубка. Если в соответствии с проектом к крышному вентилятору подключают сеть воздухопроводов, то ее первое звено (патрубок) присоединяют к вентилятору до его монтажа на стакане.

Масса сети воздухопроводов не должна передаваться на крышный вентилятор, для чего воздухопроводы крепят к строительным конструкциям. Монтаж крышного вентилятора ведут в такой последовательности:

- строят вентилятор, поднимают и перемещают его башенным или автомобильным краном к месту установки либо надвигают на стакан вручную; если вентилятор оборудован виброизоляторами, то виброизолированную часть крепят стопорными болтами и втулками, предусмотренными в конструкции вентилятора;

- устанавливают вентилятор на железобетонный стакан, на который предварительно устанавливается резиновая прокладка; отверстия крепежного фланца вентилятора осторожно пропускают через анкерные болты;

- выверяют горизонтальность положения вентилятора по уровню и устанавливают козырек; на каждый анкерный болт наворачивают гайку и контргайку; под гайки устанавливают шайбы;

– после монтажа вентилятора проверяют легкость хода самооткрывающегося клапана и при необходимости регулируют ход противовесом; у вентиляторов, снабженных виброизоляторами, снимают стопорные болты и втулки, которыми была закреплена виброизолированная часть при транспортировании и такелажных работах;

– подводят электропитание; проверяют прочность соединений, легкость вращения рабочего колеса; пробным включением определяют соответствие направления вращения рабочего колеса вентилятора указанию стрелки.

На рис. 48 показана схема монтажа крышных вентиляторов с помощью домкратов.

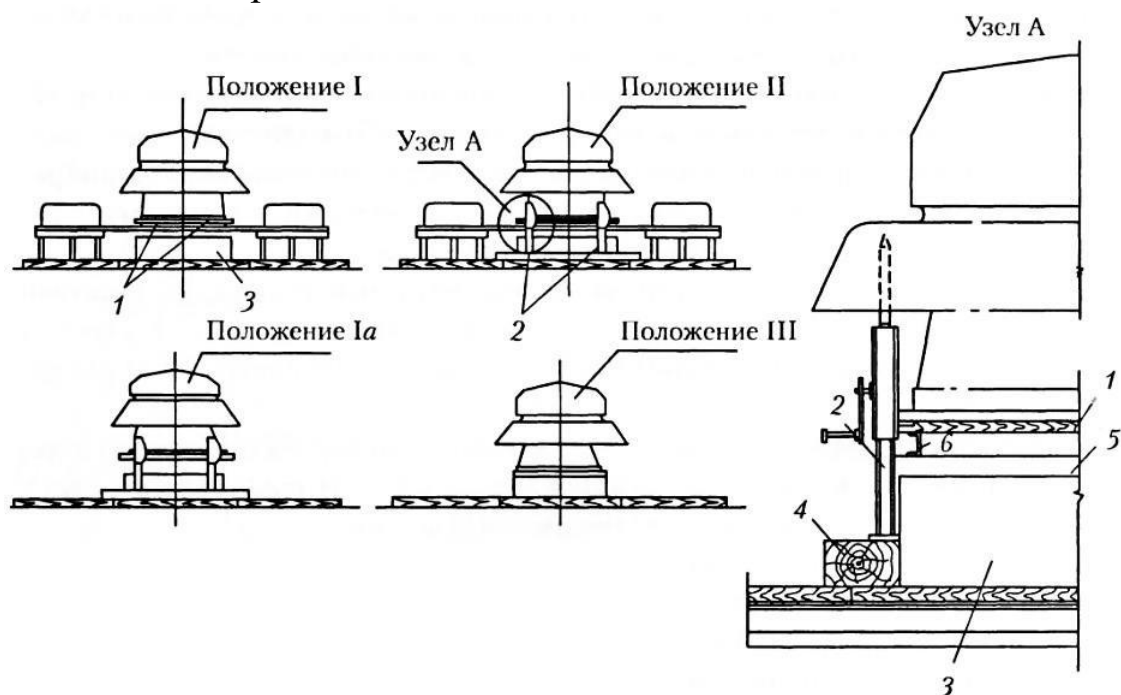


Рис. 48. Схема монтажа крышных вентиляторов с помощью домкратов:

1 – деревянные бруски сечением 40х100 мм; 2 – реечный домкрат; 3 – опорный стакан;
4 – шпала марки А2 (250х150х200мм); 5 – платформа тележки; 6 – швеллер №8

Технология предполагает проведение следующих операций:

– уложить на кровлю настил из дощатых щитов;
– поднять краном крышный вентилятор, установить его на две ранее поднятые тележки, предварительно положив на них два разгрузочных швеллера №8 длиной 4 м и закрепить вентилятор к швеллерам в четырех местах болтами М16х80. Проложить между швеллерами и плитой вентилятора два деревянных бруска высотой 40 мм, шириной 100 мм и длиной 1300 мм;

- привезти на тележках крышный вентилятор к месту монтажа и установить его над стаканом (положение I);
- установить четыре реечных домкрата грузоподъемностью 5 т или реечных автомобильных домкрата грузоподъемностью 300 кг (узел А);
- приподнять домкратом крышный вентилятор на 30 мм в положение II;
- снять швеллеры и откатить тележку (положение II);
- опустить домкратами крышный вентилятор на стакан в положение III и закрепить его;
- снять реечные домкраты.

Для установки крышных вентиляторов импортного производства используются различные комплектные принадлежности: рамы, покрывающие пластины, крышные короба, обратные клапаны (рис. 49–51).

Вентиляторы дымоудаления и подпора воздуха монтируются аналогично вентиляторам общего назначения.

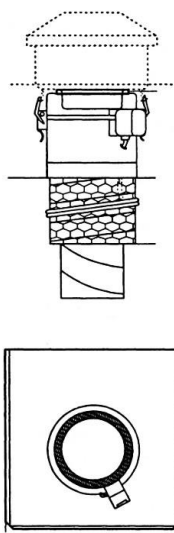


Рис. 49. Крышный вентилятор с плоской покрывающей пластиной

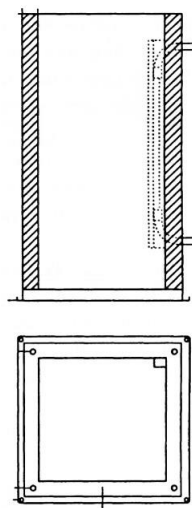


Рис. 50. Крышный короб с тканевой изоляцией

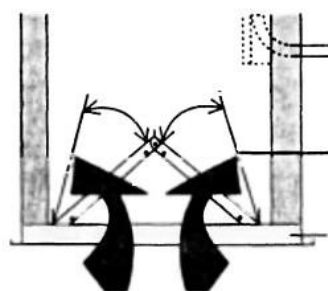
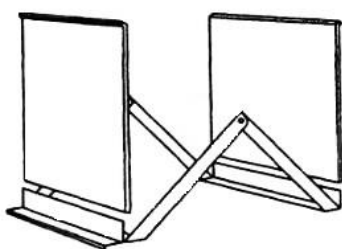


Рис. 51. Обратный клапан

$$\text{Отсюда } R_1 = \frac{Q_1 b - Q_2(b + c)}{a} = \frac{342 \cdot 50 + 342 \cdot 200}{100} = 855 \text{ Н}.$$

Таким образом, усилие R_1 в опоре составляет не менее 855 Н. Опора должна быть сконструирована таким образом, чтобы крепление было способно выдержать эту нагрузку.

В этой задаче требуется проверить кронштейн на прочность при изгибе. Для этого нужно построить эпюру изгибающего момента, воспользовавшись методом сечений (рис. 52).

I участок

$$0 \leq z_1 \leq b \quad M_I(z) = 0;$$

II участок

$$0 \leq z_2 \leq c \quad M_{II}(z) = -Q_2 z_2;$$

$$M_{II} \Big|_{z_2=0} = 0 ;$$

$$M_{II} \Big|_{z_2=c} = -Q_2 c = -342 \cdot 0,150 = -51,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

III участок

$$0 \leq z_3 \leq b \quad M_{III}(z) = -Q_2(c + z_2) - Q_1 z_2;$$

$$M_{III} \Big|_{z_3=0} = -Q_2 c = -51,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{III} \Big|_{z_3=b} = -Q_2(c + b) - Q_1 b = -342 \cdot 0,2 - 342 \cdot 0,05 = -85,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Построим эпюру изгибающего момента, на которой видно, что опасное сечение находится в закреплении, где максимальный изгибающий момент равен 85,5 Н·м.

Для проверки прочности кронштейна на изгиб воспользуемся условием прочности при изгибе:

$$\sigma_{\max} = \frac{|M_{\max}|}{W_x} \leq [\sigma],$$

где $|M_{\max}|$ – значение изгибающего момента в опасном сечении; W_x – осевой момент сопротивления сечения кронштейна; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение материала кронштейна при изгибе ($[\sigma]=150$ МПа).

Осевой момент сопротивления сечения находим, используя схему сечения (рис. 53).

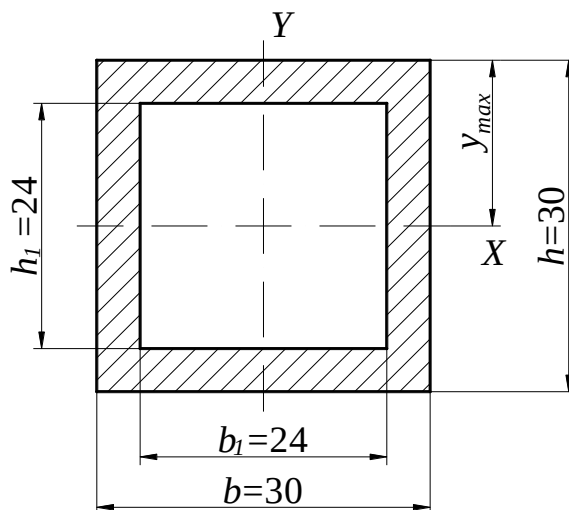


Рис. 53. Схема сечения кронштейна

Сначала находим осевой момент инерции сечения:

$$J_x = \frac{bh^3}{12} - \frac{b_1h_1^3}{12},$$

тогда момент сопротивления:

$$W_x = \frac{J_x}{y_{\max}} = \frac{\frac{bh^3}{12} - \frac{b_1h_1^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{\frac{30 \cdot 30^3}{12} - \frac{24 \cdot 24^3}{12}}{\frac{30}{2}} = 2660 \text{ мм}^3.$$

Проверка прочности кронштейна при изгибе:

$$\sigma_{\max} = \frac{|M_{\max}|}{W_x} = \frac{85,5 \cdot 10^3}{2660} = 32,1 \text{ МПа} \leq [\sigma].$$

Условие прочности выполняется.

4.2. Расчёт кронштейна на жёсткость при изгибе

Поскольку сечение кронштейна имеет невысокую жёсткость, требуется проверить его по прогибу:

$$y_{\max} \leq [y],$$

где $y_{\max}$ – максимальный прогиб на свободном конце; $[y]$ – допускаемый прогиб, принимаемый $[y] = 0,001l = 0,25\text{мм}$.

Расчёт выполним, используя метод начальных параметров:

$$EJy'' = M(x) = M_A z^0 + R_A z - Q_1(z - b) - Q_2(z - b - c),$$

где M_A , R_A – опорные реакции кронштейна в заделке (см. схему на рис. 54).

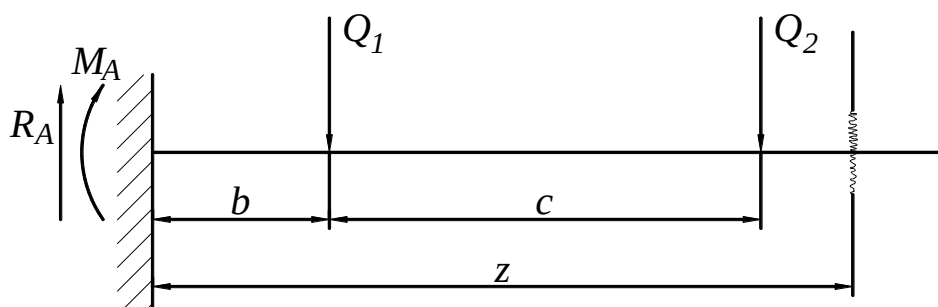


Рис. 54. Схема нагружения кронштейна

$$\sum M_A = M_A + Q_1 b + Q_2 (b + c) = 0;$$

$$M_A = -Q_1 b - Q_2 (b + c) = -342 \cdot 0,05 - 342 \cdot 0,2 = -85,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\sum Y = R_A - Q_1 - Q_2 = 0;$$

$$R_A = Q_1 + Q_2 = 342 + 342 = 684 \text{ Н}.$$

Уравнение прогибов, получаемое при двойном интегрировании уравнения изгибающего момента, примет такой вид:

$$y = \frac{1}{EJ_x} \left[R_A \frac{z^3}{6} + M_A \frac{z^2}{2} - Q_1 \frac{(z - b)^3}{6} - Q_2 \frac{(z - b - c)^3}{6} + Cz + D \right],$$

где C , D – постоянные интегрирования, определяемые из условий закрепления кронштейна.

Начало координат выбираем в заделке, тогда обе постоянные обращаются в нуль. Тогда прогиб на свободном конце балки можно вычислить по следующей формуле:

$$y_{\max} \Big|_{z=2b+c} = \frac{1}{EJ} \left[R_A \frac{(2b+c)^3}{6} + M_A \frac{(2b+c)^2}{2} - Q_1 \frac{(b+c)^3}{6} - Q_2 \frac{b^3}{6} \right] =$$

$$= \frac{1}{EJ} \left[684 \frac{(2 \cdot 0,05 + 0,15)^3}{6} + 85,5 \frac{(2 \cdot 0,05 + 0,15)^2}{2} - 342 \frac{(0,05 + 0,15)^3}{6} - 342 \frac{0,05^3}{6} \right] = - \frac{8,47}{EJ} \text{ м},$$

или

$$y_{\max} = \frac{8,47 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^{11} \cdot 3,99} = 1,06 \text{ мм}.$$

Такой прогиб превышает допускаемую величину в 4 раза, поэтому для кронштейна должен быть принят другой, более жёсткий, профиль с размерами стороны 40 мм.

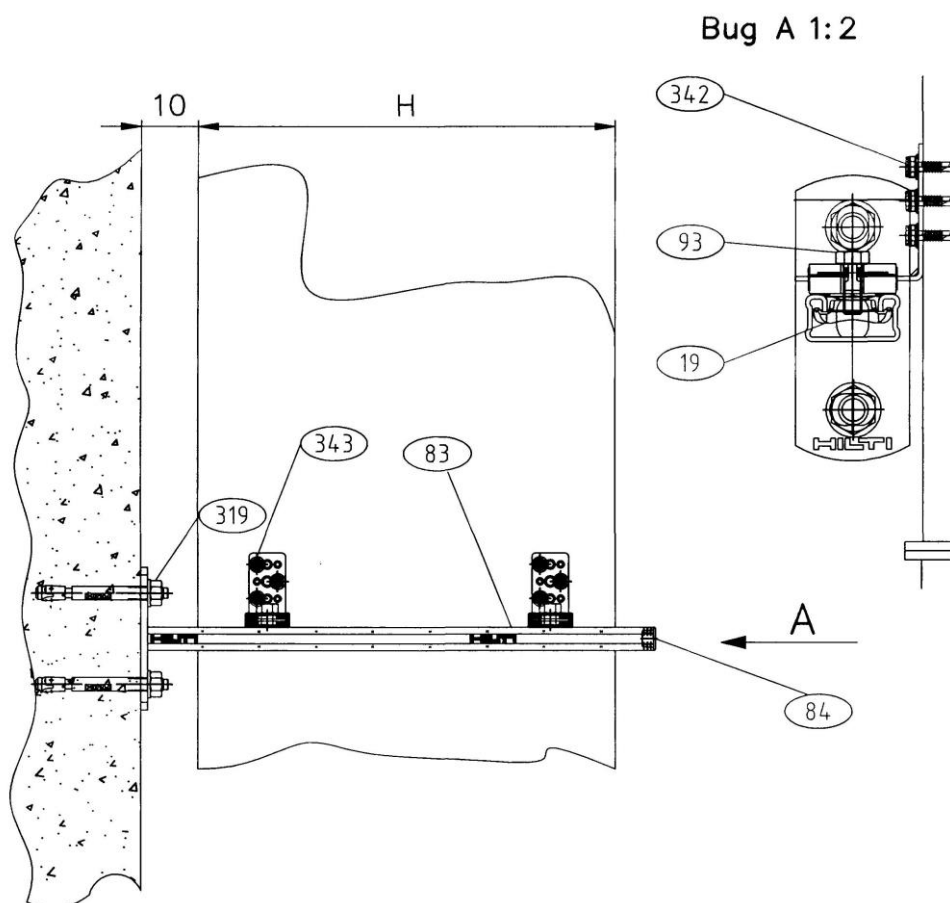
4.3. Крепление вертикального вентиляционного короба к стене

Конструкция крепления вертикального вентиляционного короба к стене приведена на рис. 55.

В соответствии со схемой крепления (рис. 36, и) при жёстком креплении хомута к воздуховоду крепёж к стене будет работать на срез (сдвиг). При этом нужно учитывать, что по вертикали воздуховод будет крепиться в нескольких местах. Выбранный крепёж необходимо проверить на срез по формуле:

$$\tau_c = \frac{2Q}{\pi d^2} \leq [\tau_c],$$

где d – диаметр сечения крепежа; Q – вес участка воздуховода, удерживаемого расчётным крепежом, Н; $[\tau_c]$ – допускаемое напряжение среза материала крепежа, МПа.



Поз.	Шт.	Наименование
19	4/6	Гайка монтажная М8
83	2	Консоль MQK
93	4/6	Болт М8х25
319	4	Анкер-шпилька М12х115/20
342	12/18	Шуруп самосверлящийся 4,2х13
343	4/6	Кронштейн
84	1	Крышка декоративная

Рис. 55. Крепление вертикального венткороба к перекрытию

4.4. Крепление горизонтального вентиляционного короба к перекрытию

Для крепления горизонтальных воздуховодов к перекрытию используют стальные стержни и специальный крепёж. В этих случаях требуется выбрать такой крепёж, который будет надёжно удерживать подвешенную конструкцию и не будет вырван из железобетонного перекрытия.

Расчёту должна быть подвержена траверса, на которой расположен вентиляционный короб, испытывающая деформацию изгиба от веса короба и собственного веса.

Расчётная схема траверсы приведена на рис. 56.

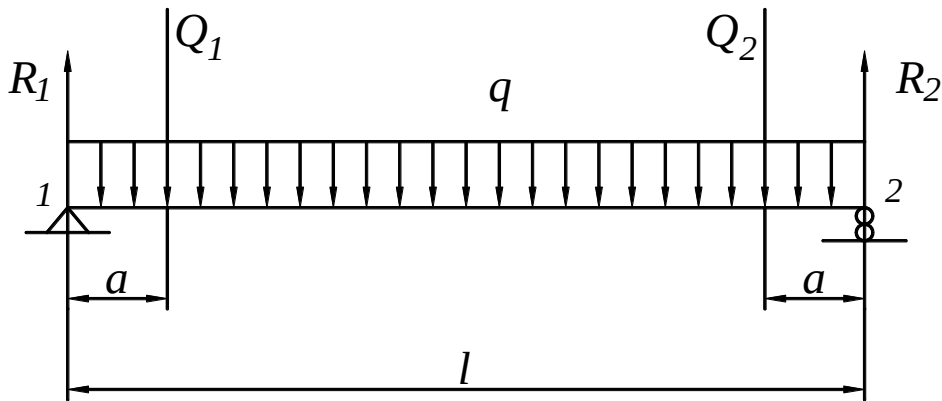


Рис. 56. Схема для расчёта траверсы

Траверса может быть рассчитана как двухопорная балка. Опорные реакции могут быть найдены достаточно просто, учитывая симметрию нагрузки:

$$R_1 = R_2 = \frac{ql}{2} + Q_1;$$

Изгибающий момент в середине балки будет иметь наибольшее значение:

$$M_{\max} = R_1 \frac{l}{2} - Q_1 \left(\frac{l}{2} - a \right) - \frac{ql^2}{8}.$$

Условие прочности будет таким:

$$\sigma_{\max} = \frac{|M_{\max}|}{W_x} = \frac{R_1 \frac{l}{2} - Q_1 \left(\frac{l}{2} - a \right) - \frac{ql^2}{8}}{W_x} \leq [\sigma],$$

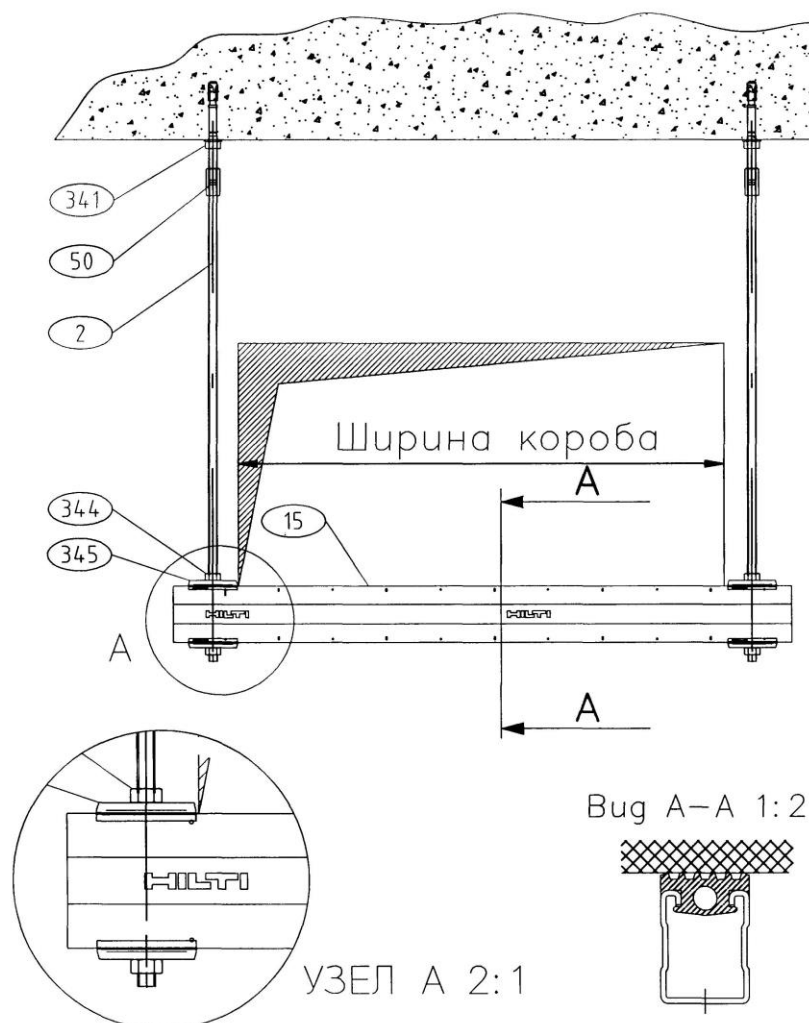
где W_x – осевой момент сопротивления сечения траверсы; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение изгиба материала траверсы; $2Q_1$ – вес расчётного участка воздуховода; q – распределённый вес траверсы (погонный вес) по длине.

Распределённый вес (интенсивность распределённой нагрузки) равен:

$$q = A\gamma,$$

где A – площадь сечения траверсы; γ – объёмный вес материала траверсы (для стали $\gamma = 0,078 \text{ кг/см}^3 = 78000 \text{ Н/м}^3$).

Конструкция крепления горизонтального венткороба к перекрытию приведена на рис. 57.



Поз.	Шт.	Наименование
2	1	Шпилька М8х.....(согласно заданию)
15	1	Профиль MQ-52
50	2	Муфта промежуточная шестигранная М8х25
341	2	Анкер-шпилька М8х95/30
344	4	Гайка М8
345	4	Шайба

Рис. 57. Крепление горизонтального венткороба к перекрытию

В случае использования круглого воздуховода (рис. 36, а, г, и) рассчитывается вес подвешиваемых конструкций (воздуховода, стержней, хомутов, крепежа) и по расчётному усилию выбирают крепёж для крепления к железобетонному перекрытию.

На рис. 58 приведена конструкция крепления горизонтального воздуховода к перекрытию.

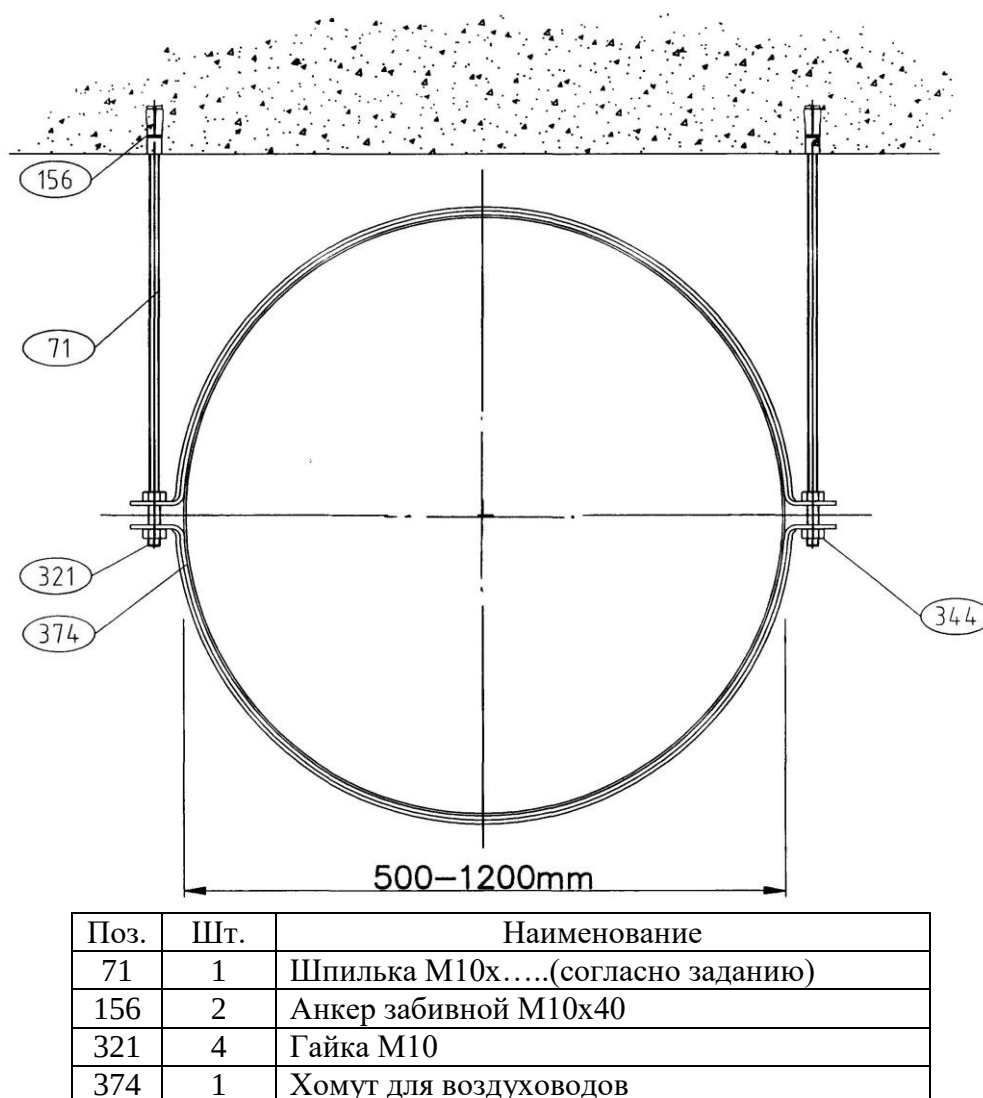


Рис. 58. Крепление горизонтального воздуховода к перекрытию

4.5. Расчёт кронштейна для размещения вентиляционной установки

Осевые вентиляторы могут устанавливаться в оконных или стенных проёмах, на кронштейнах и в воздуховодах. Варианты установки осевых вентиляторов приведены на рис. 42.

Достаточно простой и широко применяемой в практике является конструкция опорного узла вентилятора в форме треугольника из стального проката, изготовленная с применением электросварки.

Показанная на рис. 42, в конструкция размещена на железобетонной колонне, к которой она крепится двумя парами стяжных болтов.

На рис. 42, а показана опорная конструкция с креплением своими концами в кирпичной стене с помощью цементного раствора.

Крепление опорной конструкции к панельной стене показано на рис. 42, б. Оно осуществляется четырьмя стяжными болтами.

При расчёте таких конструкций важно не только подобрать стальной прокат, но и рассчитать крепёжные болты, удерживающие конструкцию на стене, либо колонне.

Расчетная схема опорной конструкции во всех этих случаях может быть приведена к треугольной стержневой системе. Для упрощения задачи соединения стержней будем считать шарнирными.

При расчёте крепления к железобетонной колонне следует приравнять к нулю размер h_2 (рис. 59). При креплении к кирпичной стене нужно приравнять к нулю оба размера ($h_1=0$, $h_2=0$).

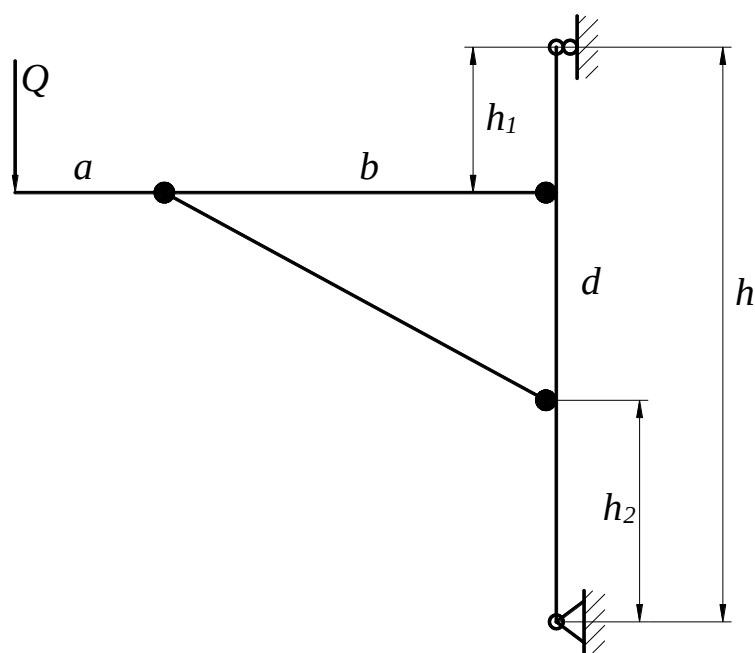


Рис. 59. Расчётная схема опорной стержневой конструкции вентиляторного узла при креплении на панельной стене

Горизонтальный стержень (рис. 60) работает на изгиб, как и вертикальный, касающийся стены. Распорный стержень работает на сжатие.

Определение усилий в стержнях.

Используем расчётную схему (рис. 60).

Здесь Q – вес вентилятора с приводом; R_1 , R_2 – опорные реакции; S_B , S_C – усилия в стержнях.

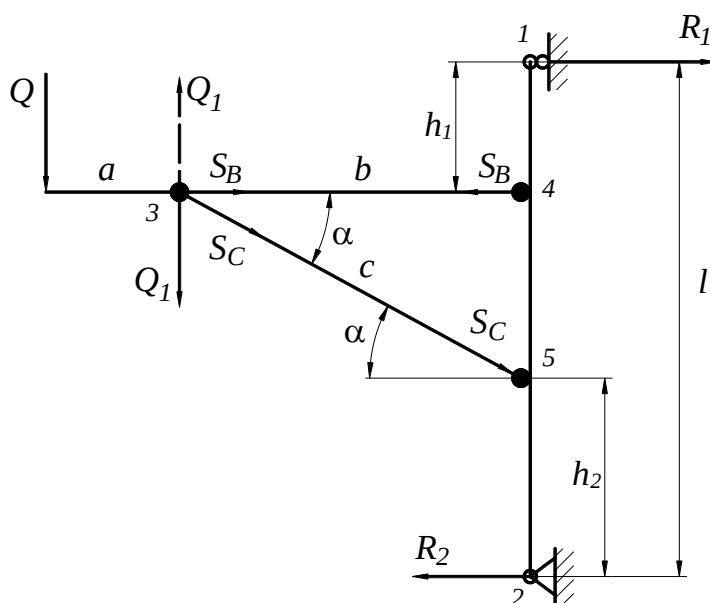


Рис. 60. Расчётная схема конструкции опорного узла

Усилия в стержнях S_B и S_C находим методом вырезания узлов. Вырезаем узел 3 и помещаем в этот узел силу Q_1 (рис. 61).

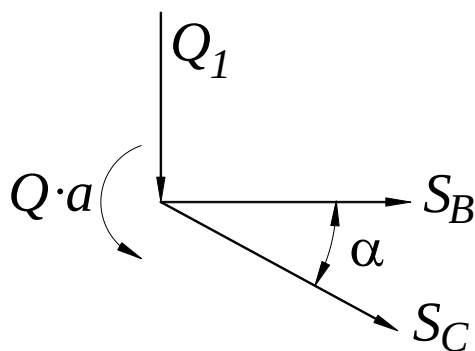


Рис. 61. Схема узла 3

Находим Q_1 из уравнения равновесия:

$$\Sigma M_4 = Q(a+b) - Q_1 b = 0 ; \quad (13)$$

$$Q_1 = Q \frac{(a+b)}{b} . \quad (14)$$

Уравнения равновесия для вырезанного узла:

$$\Sigma X = S_B + S_C \cos \alpha = 0 ; \quad (15)$$

$$\Sigma Y = -Q_1 - S_C \sin \alpha = 0 . \quad (16)$$

Из последнего находим:

$$S_C = \frac{Q_1}{\sin \alpha} . \quad (17)$$

Тогда

$$S_B = -S_C \cos \alpha = \frac{Q_1}{\sin \alpha} \cos \alpha = Q_1 \operatorname{tg} \alpha . \quad (18)$$

Таким образом, стержень $(a+b)$ – растянут, а стержень (c) – сжат. Участок длиной (a) , кроме этого, работает на изгиб моментом, равным:

$$M_a = Q \cdot a . \quad (19)$$

Важным при расчёте является определение усилия R_1 , воспринимаемого стяжным болтом, и расчёт стержня 1–2 на изгиб.

Определяем усилия R_1 и R_2 из уравнения:

$$\Sigma M_2 = R_1 l - S_B(l - h_1) + S_C h_2 \cos \alpha = 0 . \quad (20)$$

Отсюда получим:

$$R_1 = \frac{S_B(l - h_1) - S_C h_2 \cos \alpha}{l} ; \quad (21)$$

$$\Sigma M_1 = S_B h_1 - S_C(l - h_2) \cos \alpha + R_2 l = 0 . \quad (22)$$

Отсюда:

$$R_2 = \frac{-S_B h_1 + S_C (l - h_2) \cos \alpha}{l}. \quad (23)$$

По этим результатам можно построить эпюру изгибающего момента для стержня 1–2 (рис. 62).

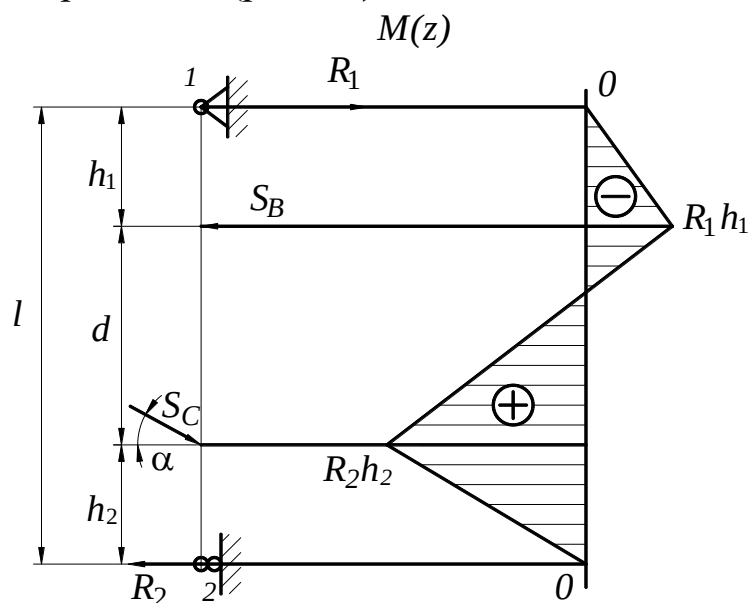


Рис. 62. Схема балки 1–2 и эпюра изгибающего момента

Опасные сечения под силой S_B либо силой S_C могут быть установлены в результате численного расчёта. Например, при следующих данных: $Q=800\text{Н}$; $a=0,2\text{м}$; $b=0,9\text{м}$; $\alpha=45^\circ$; $h_1=0,3\text{м}$; $h_2=0,2\text{м}$; $l=1,4\text{м}$.

Опорные реакции:

$$R_1 = \frac{S_B (l - h_1) - S_C h_2 \cos \alpha}{l} = \frac{977,78(1,4 - 0,3) - 1381 \cdot 0,2 \cdot 0,707}{1,4} = 628,78\text{Н};$$

при

$$Q_1 = Q \frac{(a + b)}{b} = 800 \frac{0,2 + 0,9}{0,9} = 977,78\text{Н};$$

$$S_C = \frac{Q_1}{\sin \alpha} = \frac{977,78}{0,707} = 1381\text{Н};$$

$$S_B = Q_1 \operatorname{tg} \alpha = 977,78 \text{ Н}.$$

$$R_2 = \frac{-S_B h_1 + S_C (l - h_2) \cos \alpha}{l} = \frac{-977,78 \cdot 0,3 + 1381(1,4 - 0,2)0,707}{1,4} = 627,36 \text{ Н}.$$

Тогда значения изгибающих моментов будут следующими:

– под силой S_B – $M(z) = R_1 h_1 = 628,78 \cdot 0,3 = 188,63 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

– под силой S_C – $M(z) = R_2 h_2 = 627,36 \cdot 0,2 = 125,47 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Опасным сечением будет сечение под силой S_B , где $M_{\max} = 188,63 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Учитывая, что стальных уголков будет два, расчёт выполним по формуле:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{2W_x} \leq [\sigma], \quad (24)$$

откуда находим значение осевого момента сопротивления W_x , по которому будем выбирать прокат:

$$W_x = \frac{M_{\max}}{2[\sigma]} = \frac{188,63 \cdot 10^3}{2 \cdot 150} = 628,7 \text{ мм}^3.$$

Выбираем в соответствии с ГОСТом уголкового проката № 5/3,2 с массой одного погонного метра 2,4 кг; $A = 3,17 \text{ см}^2$; $J_x = 7,98 \text{ см}^4$; $J_y = 2,56 \text{ см}^4$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ананьев В.А. и др.** Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика: Учеб. пособие. – М.: Изд-во Арина, 2000. – 416 с.
2. **Агафонов Е.П.** Наладка систем промышленной вентиляции. – М.: Стройиздат, 1978. – 136 с.
3. **Белова Е.М.** Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами. – М.: Евроклимат, 2003. – 400 с.
4. **Егизаров А.Г.** Устройство и изготовление вентиляционных систем. – М.: Высш. шк., 1987. – 304 с.
5. **Журавлёв Б.А.** Справочник мастера-вентиляционщика. – М.: Стройиздат, 1983. – 36с.
6. **Краснов Ю.С.** Монтаж систем промышленной вентиляции. – М.: Стройиздат, 1988. – 287 с.
7. **Минин В.Е.** Монтаж и наладка систем кондиционирования воздуха: Учеб. пособие. – Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1989. – 62 с.
8. **Минин В.Е.** Поверхностные воздухонагреватели систем вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления: Пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2001. – 128 с.
9. Монтаж, эксплуатация и сервис систем вентиляции и кондиционирования воздуха: Учебн.-справ. пособие / С.И.Бурцев, А.В.Блинов, Б.С.Востров, В.Е.Минин и др.; Под общ. ред. проф. В.Е.Минина. – СПб.: Профессия, 2005. – 376с.
10. **Поляков В.В., Скворцов Л.С.** Насосы и вентиляторы: Учеб. для вузов. – М.: Энергия, 1978. – 704 с.
11. **Пронин В.А., Цыганков А.В., Шляховецкий Д.В.** Основы проектирования рамных конструкций: Метод. указания для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2009. – 42с.
12. **Сосков В.И.** Технология монтажа и заготовительные работы: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1989. – 344 с.
13. **Стефанов Е.В.** Вентиляция и кондиционирование воздуха. – Л.: ЛВИСКУ, 1982. – 474 с.
14. **Харланов С.А.** Изготовление деталей систем вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1988. – 271 с.
15. **Харланов С.А., Степанов В.А.** Монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Высш. шк., 1991. – 261 с.
16. **Хлебников Ю.П.** Фильтры систем кондиционирования воздуха и вентиляции. – М.: Стройиздат, 1990. – 127 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ.....	6
1.1. Изучение и оценка договорной и проектно-сметной документации.....	6
1.1.1. Договор подряда (контракт).....	6
1.1.2. Рабочий проект.....	8
1.1.3. Локальная смета.....	12
1.2. Разработка технологии монтажа систем вентиляции и кондиционирования воздуха.....	13
1.3. Монтажное проектирование.....	16
1.3.1. Общие положения.....	16
1.3.2. Монтажные положения, способы соединения и крепления воздуховодов.....	19
1.3.3. Разработка технической документации на изготовление и монтаж воздуховодов.....	22
1.4. Подготовка объекта под монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха.....	28
2. ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ.....	32
2.1. Общие положения.....	32
2.2. Номенклатура и конструктивные характеристики воздуховодов из унифицированных вентиляционных деталей.....	35
2.2.1. Воздуховоды круглого сечения.....	43
2.2.2. Воздуховоды прямоугольного сечения.....	44
2.2.3. Воздуховоды плоскоовальные.....	47
2.2.4. Воздуховоды металлопластиковые, полужесткие (полугибкие), гибкие и текстильные.....	49
2.3. Производство вентиляционных деталей, конструктивные и технологические требования к ним.....	54
2.4. Способы соединения воздуховодов между собой.....	61
2.4.1. Фланцевые соединения.....	61
2.4.2. Бесфланцевые соединения.....	65

3. МОНТАЖ ВОЗДУХОВОДОВ И ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	69
3.1. Средства крепления воздуховодов.....	69
3.2. Монтаж вентиляционного оборудования.....	72
3.2.1. Монтаж радиальных вентиляторов.....	72
3.2.2. Монтаж осевых вентиляторов.....	80
3.2.3. Монтаж канальных вентиляторов.....	82
3.2.4. Монтаж крышных вентиляторов.....	83
4. РАСЧЁТ ОПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	87
4.1. Расчёт крепления воздуховодов.....	87
4.2. Расчёт кронштейна на жёсткость при изгибе.....	90
4.3. Крепление вертикального вентиляционного короба к стене.....	91
4.4. Крепление горизонтального вентиляционного короба к перекрытию.....	92
4.5. Расчёт кронштейна для размещения вентиляционной установки.....	95
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	101

Пронин Владимир Александрович,
Глухих Владимир Николаевич,
Прилуцкий Алексей Андреевич

Элементы систем жизнеобеспечения

Проектирование и монтаж

Учебное пособие

Ответственный редактор
Т.Г. Смирнова

Компьютерная верстка
А.А. Прилуцкий

Дизайн обложки
Н.А. Потехина

Подписано в печать 20.09.2016. Формат 60х84 1/16
Усл. печ. л. 6,05. Печ. л. 6,5. Уч.-изд. л. 6,25
Тираж 50 экз. Заказ № С 34

Университет ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49
Издательско-информационный комплекс
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9