ВЕНТИЛЯЦИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Методические указания к выполнению курсового проекта

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания к выполнению курсового проекта "Вентиляция общественного здания" составлены в соответствии с программой курса "Вентиляция" для студентов, обучающихся по направлению «Строительство».

Курсовой проект является частью комплексного проекта "Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха общественного здания".

К началу выполнения проекта должна быть закончена курсовая работа по дисциплине "Основы обеспечения микроклимата зданий" и курсовой проект по дисциплине "Отопление", выполненные для этого же здания.

В методических указаниях в сжатой форме систематизирован материал, необходимый для выполнения проекта, описаны его основные разделы и даны рекомендации по выполнению расчетной и графической части. Для качественного выполнения работы необходимо использовать рекомендуемую литературу и консультации преподавателей.

В методических указаниях содержатся рекомендации по трассировке воздуховодов, размещению приточных и вытяжных устройств, аэродинамическому расчету вентиляционных сетей, а также компоновке оборудования приточных и вытяжных установок вентиляции и кондиционирования воздуха.

Последовательность изложения материала соответствует последовательности выполнения курсового проекта.

1. СОСТАВ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из расчетной части (пояснительная записка) из 20 – 25 страниц и графической части из 2 – 3 листов.

Пояснительная записка включает:

– содержание;

– исходные данные (описание объекта, расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха);

– расчет воздухообмена в помещении зрительного зала;

– описание систем вентиляции (количество, обслуживаемые помещения, производительность, материал, форма сечения и место прокладки воздуховодов, способ объединения ветвей на разных этажах и противопожарные мероприятия, приточные и вытяжные устройства и их размещение и т.д.);

– расчет воздухораспределения для расчетного помещения;

– аэродинамический расчет одной приточной и одной вытяжной систем;

– подбор вентиляционного оборудования для расчетных систем: приемного блока, фильтра, воздухонагревателя, вентилятора;

– акустический расчет приточной системы, при необходимости подбор шумоглушителя;

– список литературы.

Графическая часть проекта включает:

– планы этажей, подвала и чердака (при его наличии) с нанесенными воздуховодами, шахтами, устройствами для подачи и удаления воздуха, вентиляционными установками с указанием диаметров или размеров сечений воздуховодов, типоразмеров воздухораспределителей, привязок магистральных воздуховодов к строительным конструкциям;

– аксонометрические схемы двух систем (приточной и вытяжной) с обозначением расчетных участков, диаметров или размеров сечений воздуховодов, типоразмеров воздухораспределителей, отметок воздуховодов и вентиляционных решеток для забора воздуха, устья вытяжных зонтов, параметров вентиляторов;

– планы и разрезы приточной и вытяжной венткамер со спецификацией оборудования.

Последовательность конструирования систем вентиляции:

1. Расчет воздухораспределения для помещения большого объема, в котором воздухообмен определен расчетом: определение типоразмера и количества воздухораспределителей, проверка параметров воздуха на входе приточной струи в рабочую зону.

2. Конструирование систем вентиляции:

– объединение отдельными системами приточной и вытяжной вентиляции всех помещений здания в зависимости от их назначения, определение количества приточных и вытяжных систем;

– выбор материала и формы сечения воздуховодов, места прокладки воздуховодов, способа объединения ответвлений, расположенных на разных этажах, места размещения вентиляционных шахт с учетом противопожарных требований;

– для нерасчетных систем выбор типоразмера приточных и вытяжных устройств и размеров воздуховодов по рекомендуемым скоростям движения воздуха;

– нанесение устройств для подачи и удаления воздуха в помещениях (воздухораспределителей) на планы этажей и подвала, объединение их приточными и вытяжными воздуховодами, для расчетных систем воздуховоды необходимо показать схематически в одну линию, так как размеры будут уточнены в ходе аэродинамического расчета.

3. Размещение приточных и вытяжных установок, а также воздухозаборных и вытяжных шахт на плане подвала и чердака (при его наличии);

4. Составление аксонометрических схем приточной и вытяжной систем вентиляции.

5. Аэродинамический расчет приточной и вытяжной систем вентиляции.

6. По результатам аэродинамического расчета нанесение воздуховодов и шахт для расчетных систем на планы этажей, подвала и чердака с указанием размеров на планах и на аксонометрических схемах.

7. Подбор основного оборудования для вентиляционных установок (кроме вентиляторов), обслуживающих расчетные системы.

8. Предварительный подбор вентиляторов.

9. Акустический расчет приточной системы, выявление необходимости установки шумоглушителя и подбор его типоразмера, отображение его на планах и на схеме, окончательный подбор вентилятора.

10. Вычерчивание планов и разрезов приточной и вытяжной венткамер, составление спецификации вентиляционного оборудования.

2. РАСЧЕТ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЯ БОЛЬШОГО ОБЪЕМА

В помещениях большого объема и в других помещениях рекомендуется использовать способ распределения воздуха – перемешивающую вентиляцию. При этом способе воздухораспределители размещают на потолке помещения (потолочные решетки, диффузоры) или на стене под потолком помещения (вентиляционные решетки). Воздух подают настилающимися или веерными струями на потолок.

Расчет воздухораспределения следует выполнять для теплого периода года с проверкой для холодного периода. Температура приточного воздуха в холодный период года определяется из уравнения теплового баланса при расчете воздухообмена. Кроме того проводится проверка при минимальном расстоянии до обслуживаемой зоны помещения.

При использовании потолочных воздухораспределителей помещение разбивают на ячейки, в центре которых размещают воздухораспределитель. Размеры ячейки определяют из условия равномерного распределения воздуха в помещении. При размещении вентиляционных решеток на стене их размещают вдоль длинной стены помещения в один ряд, а при значительной ширине помещения в два ряда на противоположных стенах. Выбор типоразмера воздухораспределителя определяют из условия обеспечения настилания струи на потолок, чтобы длина отрыва струи превышала характерный линейный размер помещения.

Предварительный выбор типоразмеров вентиляционных решеток или диффузоров для вытяжных систем, а также приточных систем для всех помещений, кроме расчетного, осуществляют по рекомендуемым скоростям воздуха в проходном сечении решетки или диффузора $w_{\text{ор}}$, для вытяжных устройств скорость ограничена только условием малошумной работы. Величина $w_{\text{ор}}$ составляет 2 - 3 м/с для приточных и 2,0 м/с - для вытяжных устройств.

Площадь выходного сечения воздухораспределителя:

$$f_{\text{ор}} = \frac{L_o}{3600 \cdot v_{\text{ор}}}, \text{ м}^2 \qquad (2.1)$$

Затем по каталогу подбирают воздухораспределитель с ближайшим фактическим сечением $f_{\text{факт}}$.

Расчет воздухораспределения выполняется по СП 60.13330.2020 (по рекомендациям и с использованием данных компании "Арктос").

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И СОСТАВЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ

3.1. Конструирование вентиляционных сетей

В здании должно быть запроектировано несколько приточных и вытяжных систем. При конструировании систем вентиляции также следует использовать ГОСТ 21.602-2016. Отдельные системы предусматриваются в отдельных блоках, корпусах или других четко выраженных с архитектурно-планировочной точки зрения частях здания, например для отдельных фасадов. В отдельных помещениях большого объема со специфическим назначением, режимом эксплуатации и характером вредных выделений, например, торговых и спортивных залах, конференц-залах, обеденных залов столовых, гаражах и т.д. проектируются отдельные системы вентиляции. Производительность каждой приточной и вытяжной системы равна суммарному воздухообмену соответственно по притоку или по вытяжке для всех помещений, обслуживаемых данной системой. Вытяжные системы, как правило, должны обслуживать те же группы помещений, что и соответствующие приточные, за исключением отдельных загрязненных помещений (кухни, санузлы, душевые и т.д.), из которых устраивают отдельную вытяжку.

В помещениях большого объема приточные потолочные воздухораспределители располагают в центре ячеек, на которые разбивается помещение, определяемое при расчете воздухораспределения. Вытяжные устройства должны размещаться вне зоны действия приточной струи в углах ячеек равномерно по помещению. В качестве вытяжных устройств можно использовать потолочные воздухораспределители или вентиляционные решетки, размещая их на потолке, или вентиляционные решетки, размещая их на противоположных стенах под потолком. На плане указывают диаметры или размеры сечения прямоугольных воздуховодов, а также типоразмеры воздухораспределителей. Воздухораспределители могут присоединяться к воздуховоду через камеру статического давления или через отвод, первое предпочтительно. Количество вытяжных устройств обычно меньше количества приточных.

Воздуховоды, как правило, рекомендуются металлические из оцинкованной стали круглого сечения с прокладкой в пространстве подвесного потолка. При малой высоте этого пространства допускаются воздуховоды прямоугольного сечения с шириной, превышающей высоту, но не более чем в 3 раза. Оценку имеющихся возможностей по прокладке следует проводить, исходя из минимальной высоты подвесного потолка над полом, равной 2,4 м для наиболее высокорасположенного ряда зрительских кресел. В подвале, технических и подсобных помещениях воздуховоды можно прокладывать открыто.

Основные правила оформления чертежей приведены в ГОСТ 21.602-2016. Пример нанесения воздуховодов и воздухораспределителей на план помещения приведен на рис. 1. В кружках указывают номера помещений, а у кружков над и под дробной чертой – воздухообмен соответственно по притоку и по вытяжке, $м^3/ч$.

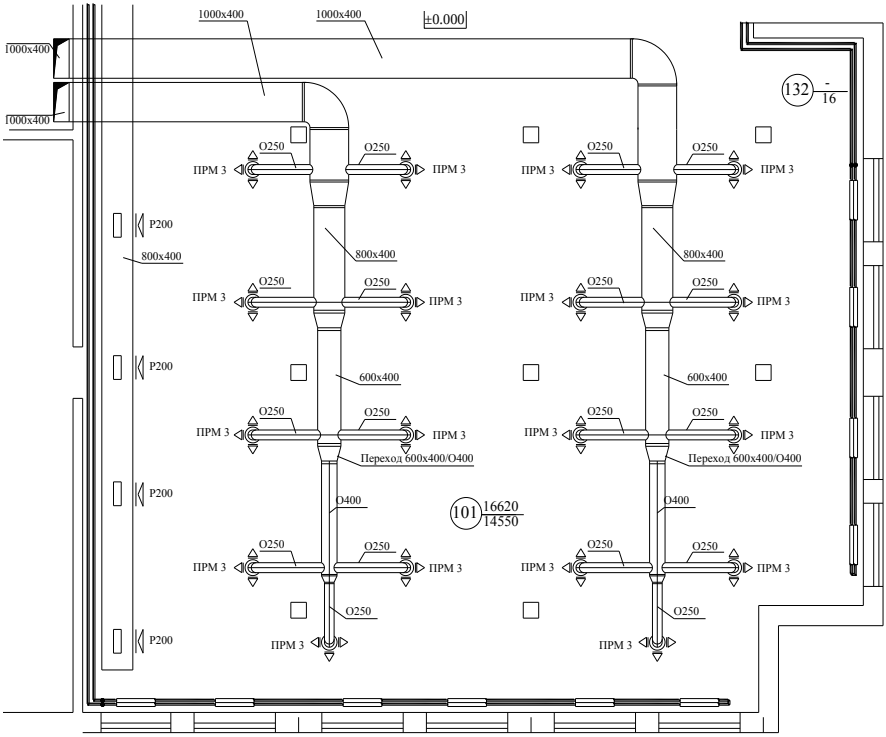


Рис.1. План помещения с нанесением воздуховодов и потолочных воздухораспределителей

Для группы рядовых помещений, объединенных общим коридором, рекомендуется так называемая коридорная раздача. В этом случае магистральный приточный и вытяжной воздуховоды прокладывают по коридору параллельно друг другу в пространстве подвесного потолка (рис. 2). От них к расположенным по обе стороны помещениям подводят ответвления, заканчивающиеся приточными и вытяжными устройствами. Как правило, в этом качестве используют вентиляционные решетки. Обход ответвлениями магистралей осуществляют схематически, как показано на рис. 3.

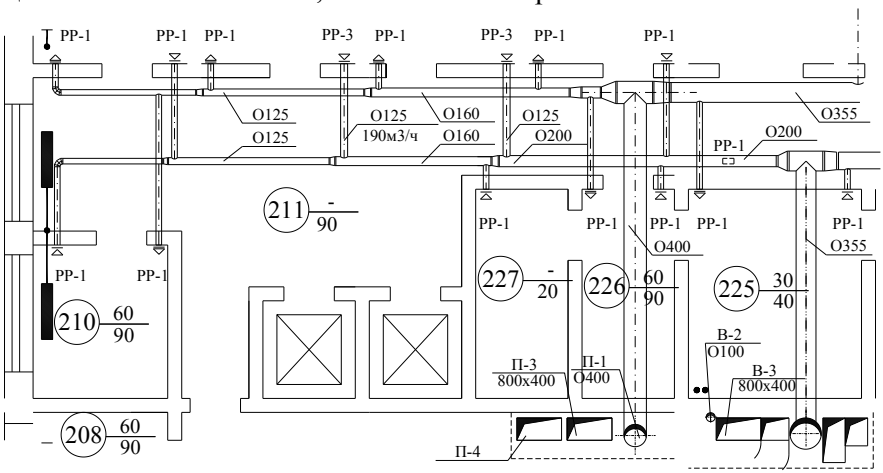


Рис. 2. Пример плана этажа с воздуховодами и решетками

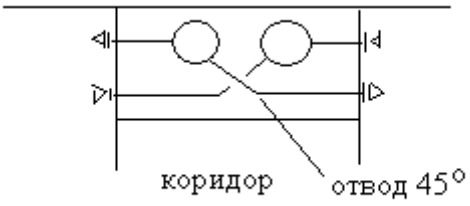
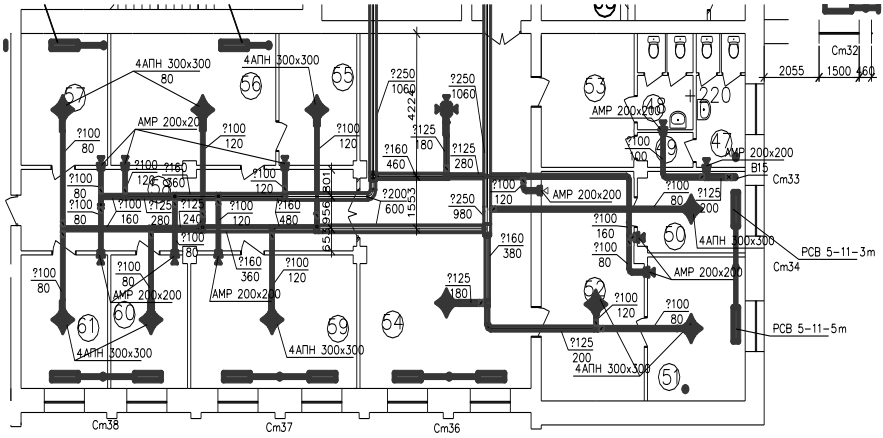


Рис. 3. Схематический разрез по коридору

Если сечение воздуховода и требуемый размер вентиляционной решетки не совпадают, решетка может присоединяться через коробку. Для притока применяют решетки регулируемые с двойными (вертикальными и горизонтальными) жалюзи. Их устанавливают под потолком на расстоянии до 0,5 м, при этом создаются струи, настилающиеся на потолок. Вытяжные решетки - с одинарными жа-

люзи. Расстояние в плане между приточными и вытяжными решетками должно быть не менее 2 м.

Если помещения, примыкающие к коридору, имеют значительную глубину, а высота помещения достаточна для устройства подвесного потолка, возможен вариант, когда подачу приточного воздуха осуществляют через потолочные воздухораспределители, расположенные по центру помещений (рис. 4). Вытяжку при этом производят через жалюзийные решетки, установленные в стене, отделяющей помещение от коридора.


4АПН 300х300
80
АМР 200х200
?100
80
?100
120
?250
1060
?125
180
?160
460
?125
280
?200
600
1553
?250
980
?160
380
?125
180
?100
160
?125
200
?160
360
?160
480
?100
240
?125
240
?100
160
?125
280
?100
120
?160
380
?100
120
?125
200
?100
160
?100
80
?125
200
?100
120
?100
80
?160
360
?100
120
?100
80
?125
200
?100
120
?100
80
?125
200
?100
80
?100
120
?100
80
?100
80
?100
80
?100
120
?100
80
?100
80
?100
80
?100
120
?100
80
?100
80
?100
80

петли, поскольку дым должен сначала опуститься к коллектору (прямоугольный воздуховод большого сечения), а затем опять подняться на этаж. Однако такая схема более громоздка, т.к. требуется больше места для прокладки нескольких параллельных вертикальных каналов и для самого коллектора.

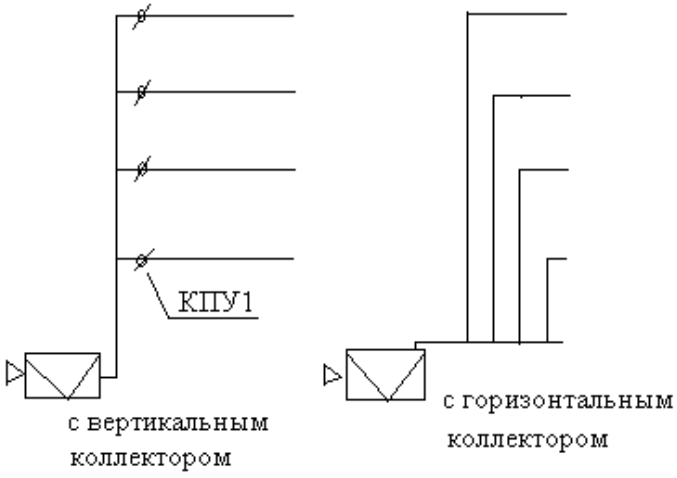


Рис. 5. Принципиальные схемы систем вентиляции с вертикальным и горизонтальным коллектором

Окончательно наносят воздуховоды и шахты для расчетных систем на планы этажей, подвала и чердака с указанием размеров после аэродинамического расчета.

3.2. Компоновка вентиляционных установок

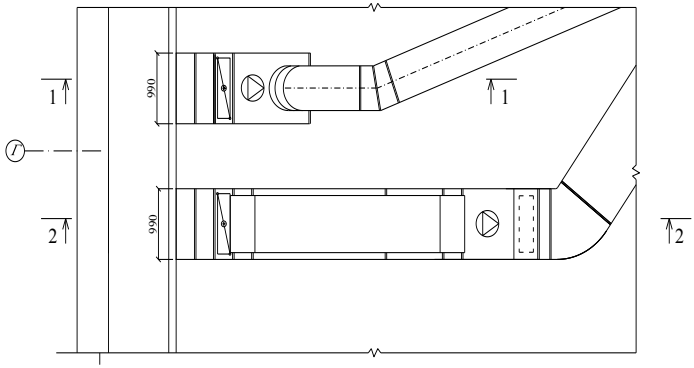
Компоновке приточных установок должен предшествовать подбор основного оборудования вентиляционных установок (кроме вентиляторов), обслуживающих расчетные системы. При предварительном определении размеров приточной установки можно использовать программу для поблора оборудования КЦКП компании "Веза".

Приточные установки, как правило, размещают в специальных помещениях (венткамерах) в подвале или на этаже в зависимости от планировки здания по заданию. Если запроектировано много систем вентиляции, может возникнуть необходимость выделения дополнительных венткамер за счет подсобных или складских помещений.

Приточные установки распределяют по венткамерам так, чтобы длина магистральных воздуховодов была наименьшей, т.е. по возможности ближе к обслуживаемой группе помещений. В пределах венткамеры установки размещают так, чтобы была возможность их обслуживания, т.е. между ними должны быть проходы, по крайней мере, с одной стороны шириной, не меньшей, чем полторы ширины установки. Размеры установок определяют по каталогам производителя или программам для подбора оборудования в зависимости от компоновки. Несколько приточных установок в пределах одной венткамеры могут присоединяться к общему каналу холодного воздуха, который отделяется от помещения утепленной перегородкой с дверью и через проем в наружной стене сообщается с шахтой воздухозабора. Шахта поднимается над уровнем земли на 2,5 – 3 м. Низ воздухозаборной решетки размещается на высоте 2 м над землей. В стенках шахты устанавливают одну или несколько решеток в зависимости от требуемого сечения. Эти решетки подбирают по расходу воздуха в шахте и скорости в живом сечении рашетки, равной 2 м/с. Можно использовать воздухозаборные решетки типа АРН компании "Арктос". При отсутствии на 1-м этаже в месте размещения шахты простенка между окнами подходящего размера, ее устраивают её устраивают приставной и она сообщается с проемом в стене подвала через подземный канал.

Рекомендуется применение блочных каркасно-панельных установок КЦКП фирмы «ВЕЗА». Типовой набор секций для вентиляционной установки: приемный смесительный блок, панельный (ячейковый) или карманный фильтр, медно-алюминиевый воздухонагреватель и вентиляторный блок. Если требуется шумоглушитель, вентблок делают с выпуском вперед, после него устанавливают промежуточную секцию, затем шумоглушитель и, как правило, промежуточную секцию с выпуском воздуха вверх. Расчет и подбор оборудования вентустановок, в том числе вентиляторов и глушителей, подробно изложен в методических указаниях. План венткамеры и разрезы по расчетным установкам вычерчивают на отдельном листе в масштабе 1:50. На чертежах указывают габаритные размеры секций, привязку установок к строительным осям здания, отметки, диаметры или сечения воздуховодов и шахт в пределах венткамеры. Необходимо детально проработать узел подключения воздуховода к вентиляционной установке с учетом размеров отверстия в вентиляторном блоке или последней секции после шумоглушителя. Пример компоновки венткамеры с прямоточной приточной установкой приведен на рис. 6. В одной венткамере может размещаться также и оборудование центрального кондиционера, которое подбирают в курсовой работе по кондиционированию воздуха (см. рис. 7).

ПЛАН ПРИТОЧНОЙ ВЕНТКАМЕРЫ
КОНДИЦИОНЕРА КЦ-М 6.5 М 1:50



РАЗРЕЗ 1-1 М 1:50

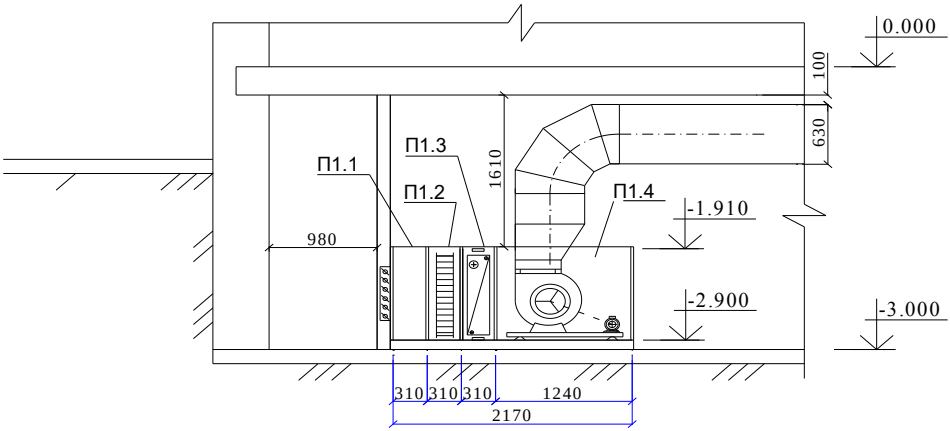


Рис. 6. План и разрез приточной камеры:
П1.1 – приемный блок; П1.2 – панельный фильтр; П1.3 - воздухонагреватель медно-алюминиевый ВНВ 243; П1.4 – вентиляторный блок с выпуском воздуха вверх

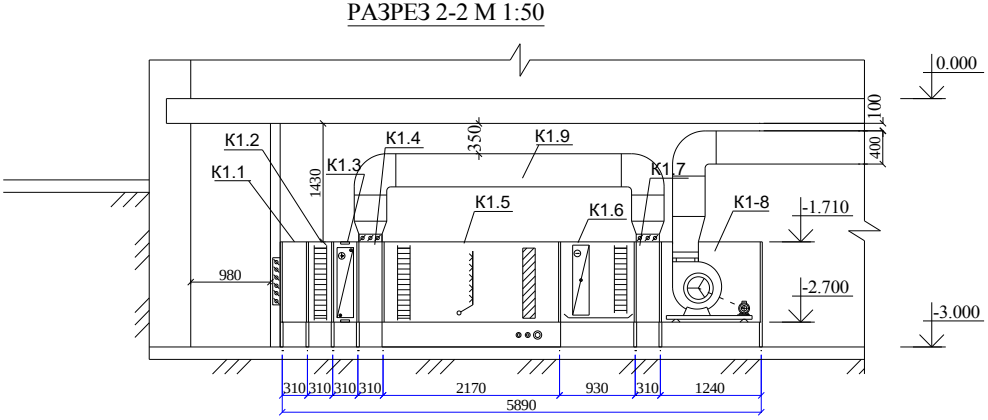


Рис. 7. Пример разреза приточной венткамеры с установкой кондиционирования воздуха:

К1.1 – приемный блок; К1.2 – панельный фильтр; К1.3 – воздухонагреватель первого подогрева медно-алюминиевый ВНВ 243; К1.4 – промежуточная секция; К1.5 – форсуночная камера; К1.6 – поверхностный воздухоохладитель медно-алюминиевый с каплеуловителем ВОВ 243; К1.7 – промежуточная секция; К1.8 – вентиляторный блок с выпуском вверх, К1.9 – обводной канал (байпас) вокруг форсуночной камеры и воздухоохладителя.

Секции на плане показывают условно, на разрезе – полностью с выявлением конструкции. На этом же листе приводят спецификацию установок с указанием технических характеристик секций (класс фильтра, число рядов и шаг пластин воздухонагревателя, марка, расход воздуха, давление и частота вращения вентилятора, марка электродвигателя и т.д.) по результатам расчета.

Вытяжные установки состоят из приемного блока или передней панели с клапаном и вентблока, их размещают на чердаке (если он есть), в вытяжных венткамерах на верхнем этаже или в подвале в одном помещении с приточными установками. В последнем случае воздуховоды с этажей опускают в подвал к установке, а вытяжную шахту от установки опять поднимают вверх через все этажи. Высота устья вытяжной шахты над кровлей не менее 1 м. Над шахтой устанавливают зонт.

4. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

4.1. Подготовка аксонометрической схемы системы вентиляции к расчету и выбор сечений воздуховодов

Аэродинамический расчет механических систем вентиляции и кондиционирования воздуха проводят с целью определения диаметров или размеров прямоугольных сечений воздуховодов или каналов, нахождения потерь давления, возникающих при движении воздуха в вентиляционной сети и подбора вентилятора. Расчет проводят в следующей последовательности.

1. Составление аксонометрических схем приточной и вытяжной систем вентиляции и подготовка ее к расчету.

Аксонометрическую схему системы вентиляции составляют в масштабе 1:100. На схеме показывают расходы воздуха через каждое вентиляционное устройство. Выбирают основное направление (наиболее длинное и нагруженное) для расчета:

– для приточных систем – от наиболее удаленного воздухораспределителя с максимальным расходом воздуха через приточные воздуховоды и приточную вентиляционную установку до места забора воздуха, причем, если система обслуживает несколько этажей, этот воздухораспределитель должен располагаться на последнем этаже;

– для вытяжных систем – от наиболее удаленного вытяжного устройства с максимальным расходом воздуха через магистрали к вытяжной установке и далее к выбросной шахте. Если система обслуживает несколько этажей и вытяжная установка находится на чердаке или кровле, основное направление намечается от воздухораспределителя на первом этаже или в подвале, если подвал тоже обслуживается данной системой, а если вытяжная установка находится в подвале – от воздухораспределителя на последнем этаже.

Основное направление разбивают на участки. Участок – отрезок воздуховода одного размера, из одного материала с постоянным расходом воздуха. Участки нумеруют, начиная от наиболее удаленного воздухораспределителя или вытяжного устройства. Затем для каждого участка определяют длину l, м, и расход воздуха L, м^3/ч. Длину измеряют непосредственно по аксонометрической схеме с учетом масштаба, а L определяется путем последовательного сумми-

рования расходов воздуха через ответвления, присоединяющиеся к основному направлению. Поэтому вдоль основного направления расход должен постепенно возрастать. Принцип определения L на участках показан на рис. 8.

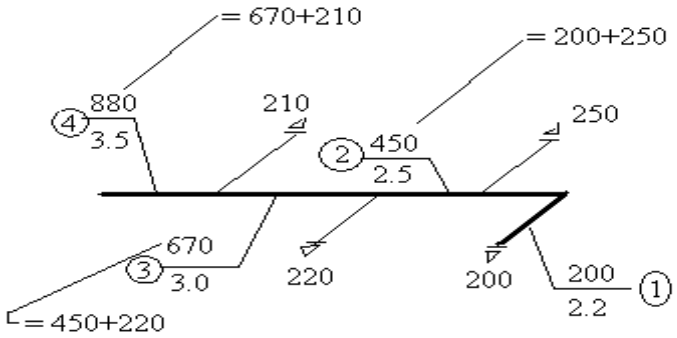


Рис. 8. Принцип определения расхода воздуха на участках

Основное направление выделено жирной линией. Числами у приточных решеток обозначают расходы воздуха через эти решетки. Номера участков указывают в кружках при выносках, над выноской записывают расход на участке, под выноской – длину участка.

Наибольшее значение L будет на участках, непосредственно примыкающих к вентустановкам. Для вытяжных систем величина L на участках до и после вентустановки должна быть одинаковой и равняться производительности этой установки, необходимой для подбора ее оборудования. Для приточных систем расход в шахте воздухозабора, если она обслуживает сразу несколько систем через общий канал холодного воздуха, равен суммарной производительности всех обслуживаемых систем. Если на соседних участках расходы воздуха равны, но отличается форма и размер сечения или материал воздуховодов, такие участки также считаются различными.

2. Определение размеров воздуховодов круглого и прямоугольного сечения

Ориентировочную площадь сечения воздуховода f_{op}, м^2, определяют по величине расхода воздуха на участке L и по рекомендуемой скорости движения воздуха v_{op}, равной 6–8 м/с на магистралях и 4–5 м/с – в воздухозаборной шахте и на конечных ответвлениях:

$$f_{op} = \frac{L}{3600 \cdot w_{op}}. \qquad (4.1)$$

Затем вычисляют предварительный диаметр воздуховода на участке $d_{op} = 1000 \cdot \sqrt{4 \cdot f_{op}/\pi} = 1130\sqrt{f_{op}}$, мм, и округляют до ближайшего стандартного размера. Необходимо принимать размеры воздуховодов в соответствии с СП 60.13330.2020 (приведены в табл. 4.1).

Таблица 4.1

Стандартные диаметры круглых воздуховодов

Основные, мм	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
Промежуточные, мм	110	140	180	225	280	355	450	560	710	900	1120

(продолжение)

Основные, мм	1250	1600	2000
Промежуточные, мм	1120	1400	1800

Номограмма для быстрого подбора диаметра приведена на рис. 9. Способ пользования номограммой показан стрелками. Промежуточные диаметры не подписаны.

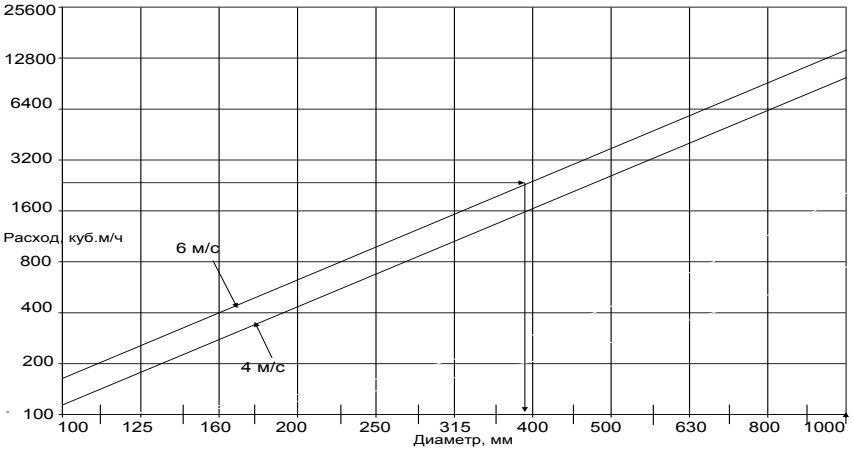


Рис. 9. Номограмма для подбора диаметров круглых воздуховодов

При необходимости применения прямоугольных воздуховодов размеры сторон подбирают также по ориентировочному сечению, т.е. чтобы $a \times b \approx f_{\text{op}}$ в соответствии с СП 60.13330.2020, с учетом того,

что отношение сторон, как правило, не должно превышать 1:3. Минимальное прямоугольное сечение составляет 100×150 мм, максимальное – 2000×2000.

4.2. Расчет аэродинамических сопротивлений

После выбора диаметра круглого или размеров сечения прямоугольного воздуховода уточняют скорость воздуха:

$$w_{\phi} = \frac{L}{3600 \cdot f_{\phi}}, \text{ м/с},$$

где f_{ϕ} – фактическая площадь сечения, м^2.

Для круглых воздуховодов $f_{\phi} = (d/1000)^2 \frac{\pi}{4} = 0{,}78 \cdot (d/1000)^2$, для прямоугольных $f_{\phi} = (a/1000) \cdot (b/1000)$ м^2. Для прямоугольных воздуховодов вычисляют эквивалентный диаметр по скорости, мм:

$$d_{экв} = \frac{2ab}{a+b}.$$

Далее по величине w_{ϕ} и d (или $d_{экв}$) определяют удельные потери давления на трение R, Па/м, по табл. 22.15 Справочника или по номограмме на рис. 10.

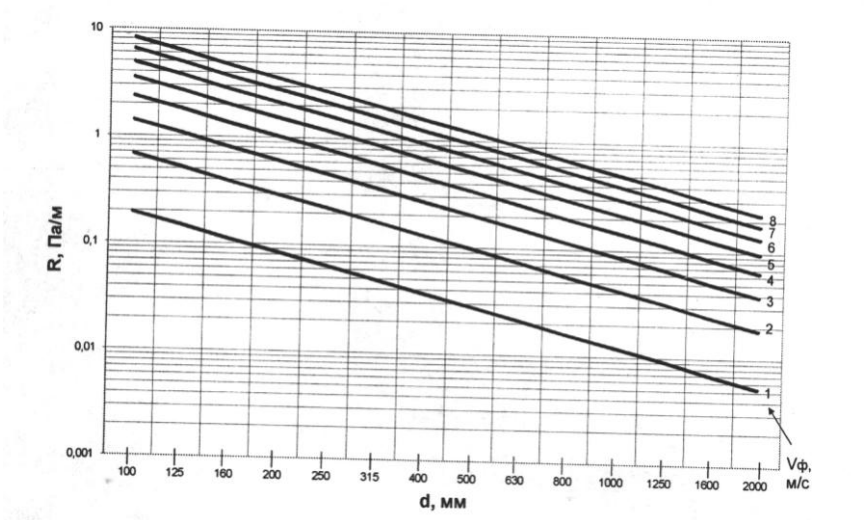


Рис. 10. Номограмма для аэродинамического расчета круглых воздуховодов из стали

Можно также воспользоваться приближенной формулой:

$$R = \frac{0{,}195 \cdot w_{ф}^{1{,}8}}{(d/100)^{1{,}2}}. \qquad (4.2)$$

Ее погрешность не превышает 3 – 5%, что достаточно для инженерных расчетов.

Полные потери давления на трение для всего участка, получают умножением удельных потерь R на длину участка l, Rl, Па. Если применяют воздуховоды или каналы из других материалов, необходимо ввести поправку на шероховатость $\beta_ш$ по табл. 2. Она зависит от абсолютной эквивалентной шероховатости материала воздуховода $K_э$ (табл.3) и величины $v_ф$.

Таблица 2

Значения поправки $\beta_ш$

$v_ф$, м/с	$\beta_ш$ при значениях $K_э$, мм			
	1	1.5	4	10
3	1.32	1.43	1.77	2.2
4	1.37	1.49	1.86	2.32
5	1.41	1.54	1.93	2.41
6	1.44	1.58	1.98	2.48
7	1.47	1.61	2.03	2.54

Таблица 3

Абсолютная эквивалентная шероховатость материала воздуховодов

Материал	Сталь, винипласт	Фанера	Шлакоалебастр	Шлакобетон	Кирпич	Штукатурка по сетке
$K_э$, мм	0.1	0.12	1	1.5	4	10

Для стальных воздуховодов $\beta_ш = 1$. Более подробные значения $\beta_ш$ можно найти в табл. 22.12 [5]. С учетом данной поправки уточненные потери давления на трение $Rl\beta_ш$, Па, получают умножением Rl на величину $\beta_ш$. Затем определяют динамическое давление на участке $P_д = \rho_в \frac{w_ф^2}{2}$, Па. Здесь $\rho_в$ – плотность воздуха при стандартных условиях $\rho_в = 1.2$ кг/м^3.

Далее на участке выявляют местные сопротивления, определяют коэффициенты местного сопротивления (КМС) ξ и вычисляют сумму КМС на данном участке ($\Sigma\xi$). Все местные сопротивления заносят в ведомость по следующей форме.

ВЕДОМОСТЬ КМС СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ			
№ участка	Местные сопротивления	ξ	$\Sigma\xi$
1	1.		
	2.		
2	1.		
	2.		
И т.д.			

В колонку «местные сопротивления» записывают названия сопротивлений (отвод, тройник, крестовина, колено, решетка, воздухораспределитель, зонт и т.д.), имеющихся на данном участке. Кроме того, отмечают их количество и характеристики, по которым для этих элементов определяют значения КМС. Например, для круглого отвода это угол поворота и отношение радиуса поворота к диаметру воздуховода r/d, для прямоугольного отвода – угол поворота и размеры сторон воздуховода a и b. Для боковых отверстий в воздуховоде или канале (например, в месте установки воздухозаборной решетки) – отношение площади отверстия к сечению воздуховода $f_{отв}/f_{о}$. Для тройников и крестовин на проходе учитывают отношение площади сечения прохода и ствола $f_{п}/f_{с}$ и расхода в ответвлении и в стволе $L_{о}/L_{с}$, для тройников и крестовин на ответвлении – отношение площади сечения ответвления и ствола $f_{п}/f_{с}$ и опять-таки величину $L_{о}/L_{с}$. Следует иметь ввиду, что каждый тройник или крестовина соединяют два соседних участка, но относятся они к тому из этих участков, у которого расход воздуха L меньше. Различие между тройниками и крестовинами на проходе и на ответвлении связано с тем, как проходит расчетное направление. Это показано на рис. 11. Здесь расчетное направление изображено жирной линией, а направления потоков воздуха – тонкими стрелками. Кроме того, подписано, где именно в каждом варианте находится ствол, проход и ответвление тройника для правильного выбора отношений $f_{п}/f_{с}$, $f_{о}/f_{с}$ и $L_{о}/L_{с}$. В приточных системах вентиляции расчет ведется обычно против движения воздуха, а в вытяжных – по движению. Участки, к которым относятся рассматриваемые тройники, обозначены галочками. То же самое относится и к крестовинам. Как правило, хотя и не всегда, тройники и крестовины на проходе появляются при расчете основного направления, а на ответвлении возникают при аэродинамической увязке второстепенных участков. При этом один и тот же тройник на основном направлении учитывается как тройник на проход, а на второстепенном – как на ответвление с другим коэффициентом. КМС для крестовин принимают в таком же размере,

как и для соответствующих тройников.

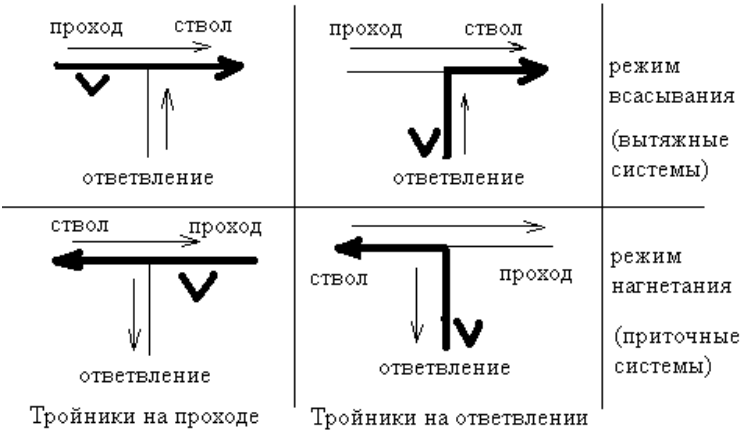


Рис. 11. Схема расчета тройников

Примерные значения ξ для часто встречающихся сопротивлений приведены в табл. 4.

Таблица 4

Значения ξ некоторых местных сопротивлений

Наименование сопротивления	КМС (ξ)	Наименование сопротивления	КМС (ξ)
Отвод круглый 90°, r/d = 1	0.21	Решетка нерегулируемая (вытяжная или воздухозаборная)	2.9
Отвод прямоугольный 90°	0.3 … 0.6		
Тройник на проходе (нагнетание)	0.25 … 0.4	Внезапное расширение	1
Тройник на ответвлении (нагн.)	0.65 … 1.9	Внезапное сужение	0.5
Тройник на проходе (всасывание)	0.5 … 1	Первое боковое отверстие (вход в воздухозаборную шахту)	2.5 … 4.5
Тройник на ответвлении (всас.)	–0.5* … 0.25		
Плафон (анемостат)	5.6	Колено прямоугольное 90°	1.2
Решетка регулируемая РС-ВГ (приточная)	3.8	Зонт над вытяжной шахтой	1.3

*) отрицательный КМС может возникать при малых L_o/L_c за счет эжекции (подсасывания) воздуха из ответвления основным потоком.

Более подробные данные для КМС указаны в табл. 22.16 – 22.43 [5]. Для наиболее часто встречающихся местных сопротивлений –

тройников на проходе – КМС можно приближенно вычислить также по следующим формулам:

$$\varsigma_{\text{прох}}^{\text{прит}} = 0.41 + f_n^{'}\left[25 \cdot \left(L_o^{'} - 0.2\right)^4 - 0.25\right] \text{ при } L_o^{'} \le 0.7 \text{ и } f_i^{'} \ge 0.5 \qquad (4.3)$$

– для тройников при нагнетании (приточных);

при $L_o^{'} \le 0.4$ можно пользоваться упрощенной формулой

$$\varsigma_{\text{прох}}^{\text{прит}} \approx 0.425 - 0.25 f_n^{'};$$

$$\varsigma_{\text{прох}}^{\text{выт}} = \left(0.2 + 1.7 \cdot f_n^{'}\right) \cdot \left[0.35 - 0.25 \cdot f_o^{'} + 2.4 \cdot \left(L_o^{'} - 0.2\right)^2 / f_o^{'}\right] \qquad (4.4)$$

– для тройников при всасывании (вытяжных).

Здесь $L_o^{'} = \dfrac{L_o}{L_c}$, $f_o^{'} = \dfrac{f_o}{f_c}$ и $f_n^{'} = \dfrac{f_n}{f_c}$.

После определения величины Σξ вычисляют потери давления на местных сопротивлениях $Z = \Sigma\xi \cdot P_o$, Па, и суммарные потери давления на участке $Rl\beta_{ш} + Z$, Па.

Результаты расчетов заносят в таблицу по следующей форме.

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

№ участка	Расчетный расход L		Размеры воздуховода						Потери давления на трения		$\beta_{ш}$	$Rl\beta_{ш}$, Па	$P_д$, Па	Σξ	Z, Па	$Rl+Z$, Па
	м³/ч	м³/с	l, м	d или $a \times b$, мм	$f_{ор}$, м²	$f_ф$, м²	$w_ф$, м/с	$d_{экв}$ мм	R, Па/м	Rl, Па						

Когда расчет всех участков основного направления закончен, значения $Rl\beta_{ш} + Z$ для них суммируют и определяют общее сопротивление вентиляционной сети $\Delta P_{\text{сети}} = \Sigma(Rl\beta_{ш} + Z)$.

После расчета основного направления производят увязку одного - двух ответвлений. Если система обслуживает несколько этажей, для увязки можно выбрать поэтажные ответвления на промежуточных этажах. Если система обслуживает один этаж, увязывают ответвления от магистрали, не входящие в основное направление (см. пример в п.4.3). Расчет увязываемых участков производят в той же последовательности, что и для основного направления, и записывают в таблицу по той же форме. Увязка считается выполненной, если сумма

потерь давления $\Sigma(Rl\beta_ш + Z)$ вдоль увязываемых участков отклоняется от суммы $\Sigma(Rl\beta_ш + Z)$ вдоль параллельно присоединенных участков основного направления на величину не более чем ±10%. Параллельно присоединенными считаются участки вдоль основного и увязываемого направлений от точки их разветвления до концевых воздухораспределителей. Если схема выглядит так, как показано на рис. 12 (основное направление выделено жирной линией), то увязка направления 2 требует, чтобы величина $Rl\beta_ш + Z$ для участка 2 равнялась $Rl\beta_ш + Z$ для участка 1, полученной из расчета основного направления, с точностью ±10%. Увязка достигается подбором диаметров круглых или размеров сечений прямоугольных воздуховодов на увязываемых участках, а если это невозможно, установкой на ответвлениях дроссель-клапанов или диафрагм.

Подбор вентилятора следует проводить по каталогам производителя. Давление вентилятора равно сумме потерь давления в вентиляционной сети по основному направлению, определенной при аэродинамическом расчете системы вентиляции, и сумме потерь давления в элементах вентиляционной установки (воздушном клапане, фильтре, воздухонагревателе, шумоглушителе и т.п.).

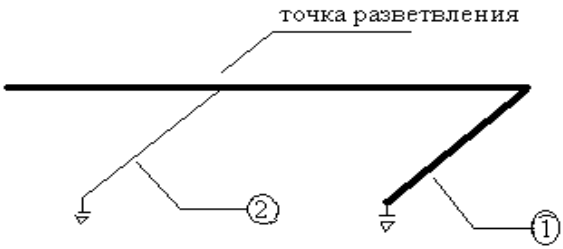


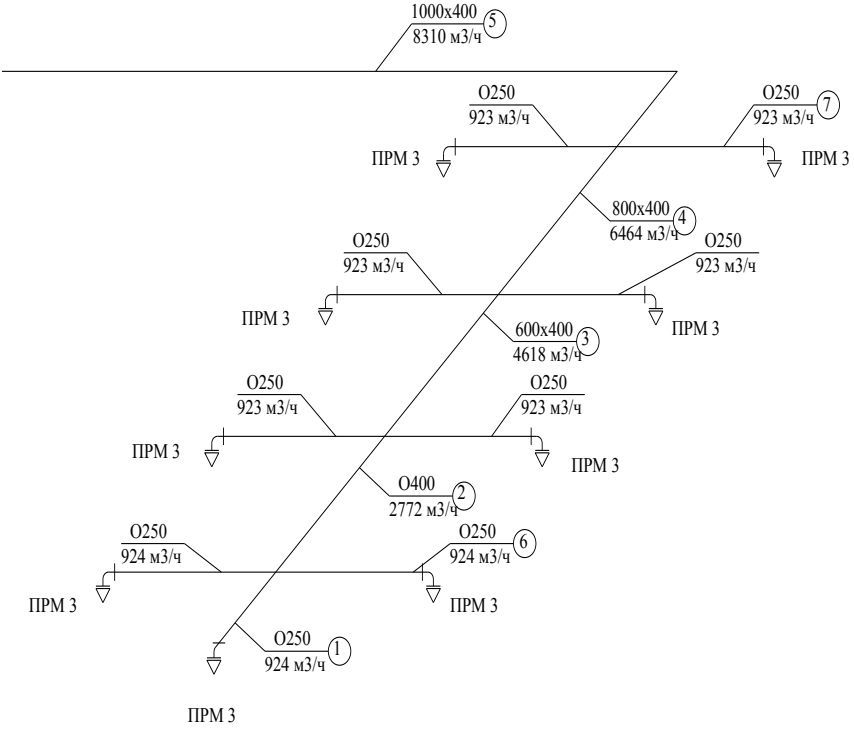
Рис. 12. Фрагмент схемы системы вентиляции
с выбором ответвления для увязки

Окончательно можно подобрать вентилятор только после акустического расчета, когда будет решен вопрос об установке шумоглушителя. Акустический расчет может быть выполнен только после предварительного подбора вентилятора, так как исходными данными для него являются уровни звуковой мощности, излучаемой вентилятором в воздуховоды. Акустический расчет выполняют, руководствуясь указаниями главы 12 [8]. При необходимости выполняют расчет и определение типоразмера шумоглушителя [1], [2], далее окончательно подбирают вентилятор.

4.3. Пример расчета приточной системы вентиляции

Рассматривается приточная система вентиляции для помещения обеденного зала. Воздуховоды и воздухораспределители на плане показаны в п. 3.1 в первом варианте (типовая схема для залов).

Схема системы



Подробнее с методикой расчета и необходимыми исходными данными можно ознакомиться по Справочнику проектировщика.

№ уч-ка	Расчетный расход L		Размеры воздуховода							Потери давления на трения		$\beta_ш$	$Rl\beta_ш$, Па	$P_д$, Па	Σξ	Z, Па	$Rl\beta_ш+Z$, Па
	$м^3/ч$	$м^3/с$	l, м	d или a×b, мм	$f_{ор}$, $м^2$	$f_ф$, $м^2$	$V_ф$, м/с	$d_{экв}$, $м^2$		R, Па/м	Rl, Па						
АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ П1 (ОСНОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ)																	
1а	924	0.257	–	400	–	0.13	1.98	–		–	–	–	–	2.35	2.1	4.94	4.94
1	924	0.257	1.98	250	0.043	0.049	5.24	250		1.26	2.49	1	2.49	16.4	0.51	8.36	10.85
2	2772	0.770	3.35	400	0.128	0.126	6.11	400		0.94	3.15	1	3.15	21.6	0.55	11.88	15.03
3	4618	1.283	3.35	600 × 400	0.214	0.24	5.34	480		0.52	1.74	1	1.74	15.2	0.2	3.04	4.78
4	6464	1.796	3.35	800 × 400	0.299	0.32	5.61	533		0.54	1.81	1	1.81	16.1	0.2	3.22	5.03
5	8310	2.308	27.30	1000 × 400	0.385	0.4	5.77	571		0.46	12.56	1	12.56	19.2	1.4	26.88	39.44
5а	37580	10.439	11.45	1400×1400	1.740	1.96	5.33	1400		0.245	2.81	1.95	5.47	14.4	1.35	19.44	24.91
5б	37580	10.439	–	825×425,15шт.	–	3.81	2.74	–		–	–	–	–	9.01	1.8	16.22	16.22
																	121.2

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ П1 (ОТВЕТВЛЕНИЕ №1)

№ уч-ка	Расчетный расход L		Размеры воздуховода							Потери давления на трения		$\beta_ш$	$Rl\beta_ш$, Па	$P_д$, Па	Σξ	Z, Па	$Rl\beta_ш+Z$, Па
	$м^3/ч$	$м^3/с$	l, м	d или a×b, мм	$f_{ор}$, $м^2$	$f_ф$, $м^2$	$V_ф$, м/с	$d_{экв}$, $м^2$		R, Па/м	Rl, Па						
6а	924	0.257	–	400	–	0.13	1.98	–		–	–	–	–	2.35	2.1	4.94	4.94
6	924	0.257	1.80	250	0.043	0.049	5.24	250		1.26	2.27	1	2.27	16.4	1.11	18.2	20.47
					Для увязки необходима установка диафрагмы на участке 1. Перепад давлений на диафрагме равен (20.47+4.94) – (10.85+4.94) = 9.62 Па.										Невязка, %	60	

Примечание: Участок 5а от вентиляционной установки до воздухозаборной шахты, 5б (воздухозаборная решетка) и сама установка на схеме не показаны. Для увязки используется ответвление, помеченное номером 6. Оно присоединено параллельно одному участку № 1 основного направления. Воздухораспределители, присоединенные к участкам 1 и 6, выделены в отдельные участки 1а и 6а, поскольку скорость воздуха в их сечении отличается от скорости в воздуховоде. То же самое относится и к воздухозаборной решетке. При увязке сравниваются значения $Rl\beta_ш + Z$ на участках 1 и 1а и соответственно 6 и 6а.

ВЕДОМОСТЬ КМС СИСТЕМЫ П1				
№ уч-ка	Местные сопротивления		ξ	Σξ
1а	1. Воздухораспределитель ПРМ3 при расходе 924 м^3/ч		2.1	2.1
1	1. Отвод круглый 90^o r/d=1		0.21	0.51
	2. Тройник на проходе (нагнетание)		0.3	
	$f_п/f_c$	L_o/L_c		
	0,39	0,33		
2	1. Тройник на проходе (нагнетание)		0.55	0.55
	$f_п/f_c$	L_o/L_c		
	0,53	0,20		
3	1. Тройник на проходе (нагнетание)		0.2	0.2
	$f_п/f_c$	L_o/L_c		
	0.75	0.14		
4	1. Тройник на проходе (нагнетание)		0.2	0.2
	$f_п/f_c$	L_o/L_c		
	0,80	0,11		
5	1. Отвод прямоугольный 1000×400 90^o 4 шт		0.35	1.4
5а	1.Воздухозаборная шахта с зонтом (первое боковое отверстие)		1.35	1.35
5б	1. Жалюзийная решетка воздухозабора		1.8	1.8
ВЕДОМОСТЬ КМС СИСТЕМЫ П1 (ОТВЕТВЛЕНИЕ №1)				
№ уч-ка	Местные сопротивления		ξ	Σξ
6а	1. Воздухораспределитель ПРМ3 при расходе 924 м^3/ч		2.1	2.1
6	1. Отвод круглый 90^o r/d=1		0.21	1.11
	2. Тройник на ответвлении (нагнетание)		0.9	
	f_o/f_c	L_o/L_c		
	0.39	0.33		

ЛИТЕРАТУРА

1. *Самарин О.Д.* Подбор оборудования приточных вентиляционных установок (кондиционеров) типа КЦКП. Методические указания к выполнению курсовых и дипломного проектов для студентов специальности 270109 «Теплогазоснабжение и вентиляция». – М.: МГСУ, 2009. – 32 с.
2. *Белова Е.М*. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях. – М.: Евроклимат, 2006. – 640 с.
3. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование». – М.: Минстрой России, 2020.
4. Каталог оборудования «Арктос».
5. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.2. / Под ред. Н.Н.Павлова и Ю.И.Шиллера. – М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.
6. ГОСТ 21.602-2016. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования. – М.: Стандартинформ, 2016.
7. *Самарин О.Д.* О режиме движения воздуха в стальных воздуховодах. // СОК, 2006, № 7, с. 90 – 91.
8. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.1. / Под ред. Н.Н.Павлова и Ю.И.Шиллера. – М.: Стройиздат, 1992. – 320 с.
9. Каменев П.Н., Тертичник Е.И. Вентиляция. – М.: АСВ, 2006. – 616 с.
10. Крупнов Б.А. Терминология по строительной теплофизике, отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха: методические указания для студентов специальности "Теплогазоснабжение и вентиляция".

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие……..... 2
1. Состав и последовательность выполнения курсового проекта…….. 3
2. Расчет воздухораспределения для помещения большого объема….. 5
3. Рекомендации по конструированию систем вентиляции и составлению чертежей……... 6
3.1. Конструирование вентиляционных сетей……..…. 6
3.2. Компоновка вентиляционных установок…… 10
4. Аэродинамический расчет систем вентиляции…… 14
4.1. Подготовка аксонометрической схемы системы вентиляции к расчету и выбор сечений воздуховодов ……. 14
4.2. Расчет аэродинамических сопротивлений……..….. 17
ЛИТЕРАТУРА.....…….....……. 26