

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»

Н.А. Орлова, К.О. Чичиров

**ВЕНТИЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ
ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.
КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Под редакцией кандидата технических наук, доцента Горшкова В.И.

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению подготовки 270800 «Строительство»
по профилю «Теплогазоснабжение и вентиляция»
(степень) «бакалавр»

Пенза 2013

УДК 697.9:725.1(075.8)

ББК 38.762.2:38.712я73

О–66

Рецензенты : декан факультета Инженерных систем и техносферной безопасности, доктор технических наук, профессор Н.В. Мензелинцева (ВГАСУ); кандидат технических наук, доцент С.В. Баканова (ПГУАС)

Орлова Н.А.

О–66 Вентиляция зданий общественного назначения. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие / Н.А. Орлова, К.О. Чичиров; под ред. канд. техн. наук, доц. В.И. Горшкова. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 160 с.

Рассмотрены основные принципы организации воздухообмена в помещениях общественных зданий, приведены выбор и расчет систем воздушораспределения, аэродинамический расчет воздухопроводов, а также данные для подбора оборудования вентиляционных систем. Работа выполнена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 270800 «Строительство» (квалификация (степень) «бакалавр»), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 декабря 2009 года, №780.

Пособие подготовлено на кафедре «Теплогазоснабжение и вентиляция» и предназначено для студентов дневного и заочного отделений при изучении теоретических курсов и выполнении курсового и дипломного проекта, а также для специалистов, занимающихся проектированием и эксплуатацией систем вентиляции современных зданий.

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2013

© Орлова Н.А., Чичиров К.О., 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

Обеспечение правильного воздухообмена в помещениях зданий общественного назначения является важным вопросом как для инженеров-строителей профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция», работающих на рынке инженерных услуг, так и для инженеров, занимающихся эксплуатацией данного вида зданий. Для обеспечения эффективной работы при курсовом и дипломном проектировании в пособии сосредоточено такое количество информации, которое необходимо при проектировании систем вентиляции зданий общественного назначения, для полноценного осознания студентами профессиональной ориентации.

Понимая, что полностью охватить вопросы специфики проектирования систем вентиляции всех видов общественных зданий в одном учебном пособии практически невозможно, авторы все же попытались осветить эти вопросы как можно полнее.

Первая глава учебного пособия посвящена основным принципам организации воздухообмена в общественных зданиях. Во второй главе – выбор и расчет систем воздухораспределения. Третья глава посвящена аэродинамическому расчету воздухопроводов. В четвертой главе рассматривается оборудование вентиляционных систем.

Авторы выражают глубокую благодарность рецензентам пособия: декану факультета Инженерных систем и техносферной безопасности ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», доктору технических наук, профессору Надежде Васильевне Мензелинцевой и доценту кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, кандидату технических наук Светлане Викторовне Бакановой.

Учебное пособие написано для студентов строительных вузов, обучающихся по направлению подготовки 270800 «Строительство» квалификации (степень) «бакалавр» по профилю «Теплогазоснабжение и вентиляция», а также инженеров и специалистов, занимающихся проектированием систем вентиляции общественных зданий.

ВВЕДЕНИЕ

Вентиляция (от лат. ventilatio проветривание) – это регулируемый воздухообмен в помещениях, создающий благоприятное для человека состояние воздушной среды (состава воздуха, температуры, влажности и пр.), а также совокупность технических средств, обеспечивающих такой воздухообмен.

Поскольку население промышленно развитых стран мира большую часть времени (около 80 %) проводит внутри зданий, вентиляция должна обеспечивать правильный состав воздуха, соответствующий требованиям строительных норм и правил (СНиП). Человек в процессе жизнедеятельности расходует кислород и выделяет углекислый газ. Здоровый воздух для дыхания должен содержать не менее 21 % кислорода, уменьшение же концентрации кислорода в воздухе может вызывать ощущение духоты, недомогание, головную боль. Постоянная нехватка кислорода снижает работоспособность, отрицательно сказывается на здоровье человека, ускоряет процесс старения.

Кроме того, в закрытом помещении обычно присутствуют источники загрязнения воздуха – строительные материалы, бытовая химия, газовые плиты, технологическое оборудование, электроника и прочее. Чтобы не допускать высокой концентрации вредных веществ в воздухе и существенного понижения содержания кислорода, воздух в помещении должен полностью обновляться.

Современные системы вентиляции не только осуществляют воздухообмен в помещении, они способны очищать подаваемый воздух, увлажнять его, нагревать или охлаждать до нужной температуры, т.е. создавать в помещении наиболее комфортные для человека условия. Однако основные принципы организации воздухообмена, выбор систем воздухораспределения для общественных зданий различного назначения различны. Применение вентиляционного оборудования в общественных зданиях и их помещениях также имеет свою особую специфику.

Основная задача настоящего учебного пособия заключается в том, чтобы вооружить будущих инженеров знаниями проблем взаимосвязи работы систем вентиляции с микроклиматом помещений, основ проектного дела, специфики применения вентоборудования. Только тогда будет возможным создание в общественном здании современных эффективных и экономичных систем вентиляции, обеспечивающих состав воздуха, соответствующий нормативному.

1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУХООБМЕНА В ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

При выполнении курсового и дипломного проекта должно быть обращено внимание на организацию воздухообмена, так как потребный объем воздуха, а следовательно, экономические показатели системы в решающей степени зависят от выбранных схем вентиляции помещений, способа раздачи воздуха и типа воздухораспределительных устройств.

Системы вентиляции с естественным побуждением проектируют в случаях, когда нормируемые параметры воздушной среды в помещениях могут быть обеспечены такими системами.

Смешанные системы вентиляции проектируют во всех случаях, когда экономически целесообразно сочетание вентиляции с естественным и механическим побуждением. При этом устройство в одном помещении вытяжной вентиляции с механическим и естественным побуждением может осуществляться только при условии полной компенсации удаляемого воздуха организованным механическим и естественным притоком.

1.1. Здания административных учреждений, проектных и научно-исследовательских организаций

В зданиях административных учреждений и проектных организаций применяется механическая приточно-вытяжная вентиляция [1, 2, 3].

Для конференц-залов, помещений общественного питания и помещений киноаппаратного комплекса следует предусматривать самостоятельные системы приточной вентиляции с механическим побуждением. Для остальных помещений проектируется единая система приточной вентиляции.

Подавать приточный воздух необходимо в конференц-залы, обеденные залы, кухни, вестибюли, а также в другие помещения вспомогательного и обслуживающего назначения.

Удаление воздуха самостоятельными вытяжными системами вентиляции с механическим побуждением предусматривается для следующих групп помещений: санитарных узлов и курительных; проектных залов и служебных помещений, кабинетов площадью 35 м² и более; холлов и коридоров; помещений предприятий общественного питания; аккумуляторных; кинопроекторных, а также от вытяжных шкафов и укрытий. Для конференц-залов и залов совещаний рекомендуется проектировать системы вытяжной вентиляции с естественным побуждением. При этом необходимо обеспечивать меры по предотвращению опрокидывания тяги.

Удалять воздух из служебных помещений и кабинетов площадью менее 35 м² следует за счет перетекания воздуха в коридор, а из служебных комнат и кабинетов площадью 35 м² и более – непосредственно из помещений.

Воздухообмен в помещениях проектных залов, служебных помещениях и кабинетах следует, как правило, организовывать по схеме «сверху-вверх», а в конференц-залах «сверху-вниз-вверх»; допускаются и другие схемы воздухообмена при соответствующем обосновании.

Вытяжную вентиляцию с естественным побуждением допускается предусматривать в помещениях зданий высотой один – три этажа с количеством сотрудников менее 300 чел. Рециркуляция воздуха, если это позволяет, применяется в помещениях, для которых воздухообмен определяется расчетом из условий ассимиляции тепловлагоизбытков. Централизованная рециркуляция воздуха для служебных помещений и кабинетов не допускается. В проектных залах, служебных помещениях и кабинетах, конференц-залах и залах совещаний, в зданиях проектных и конструкторских организаций следует обеспечивать оптимальные условия воздушной среды.

1.2. Общественные здания

1.2.1. Детские ясли-сады

В помещениях детских яслей-садов проектируется приточно-вытяжная вентиляция с естественным побуждением [3, 4, 5].

Для помещений групповых и игрально-столовых во всех климатических районах, кроме подрайонов IА, IБ, IГ, предусматривают периодическое естественное сквозное или угловое проветривание. В IV климатическом районе периодическое сквозное или угловое проветривание предусматривают также в спальнях-верандах, кухнях, стиральных-разборочных, сушильных-гладильных и туалетных.

Удалять воздух из помещений спален, имеющих сквозное или угловое проветривание, допускается через групповые помещения. Для медицинских помещений следует предусматривать самостоятельные вытяжные каналы. Вытяжные воздуховоды, идущие из пищеблока, не должны проходить через групповые и спальные помещения. Для периодической интенсификации воздухообмена на вытяжном канале в туалетных комнатах без оконных проемов в наружных ограждениях следует устанавливать по одному осевому малогабаритному вентилятору.

Для подогрева наружного воздуха, подаваемого в помещения стиральной и гладильной, могут применяться приточные шкафы с использованием в качестве нагревательных элементов калориферов, конвекторов или радиаторов.

Для детских дошкольных учреждений применение асбестоцементных воздуховодов в системе вентиляции не допускается.

1.2.2. Общеобразовательные учреждения

В учебных помещениях проектируется приточно-вытяжная вентиляция [1, 2, 3, 6, 7, 8]. При проектировании приточной вентиляции с механическим побуждением или децентрализованным притоком в учебных помещениях следует предусматривать естественную вытяжную вентиляцию. Удаление воздуха из учебных помещений общеобразовательных школ следует предусматривать через рекреационные помещения и санитарные узлы, а также за счет эксфильтрации через неплотности окон. В школах с числом учащихся до 200 допускается устройство вентиляции без организованного механического притока.

При проектировании в школьных зданиях воздушного отопления, совмещенного с вентиляцией, следует предусматривать автоматическое управление системами, в том числе поддержание в рабочее время в помещениях расчетной температуры и относительной влажности в пределах 30–60 %, а также обеспечение в неучебное время температуры воздуха не ниже 15 °С. Рециркуляция воздуха в системах воздушного отопления учебных помещений допускается только в нерабочее время. В общеобразовательных школах, школах-интернатах и интернатах при школах температура воздуха, поддерживаемая в рабочее время в системе воздушного отопления, не должна превышать 40 °С.

При воздушном отоплении вытяжные каналы из учебных помещений проектировать не следует. Устройство вытяжных каналов можно не предусматривать, если в помещениях учительской, библиотеки, кабинетов администрации и в комнатах отдыха имеются наружные окна с фрамугами или форточками.

Индивидуальные системы вентиляции предусматриваются для следующих помещений: классных комнат, учебных кабинетов, аудиторий (при отсутствии воздушного отопления); лабораторий без выделения вредных веществ (неприятных запахов), залов курсового и дипломного проектирования, читальных залов – более 30 мест; спортивных залов; актов залов, учебных театров, концертных залов; киноаппаратных; столовых; медицин-

ских помещений; санитарных узлов. Индивидуальная система приточной вентиляции должна предусматриваться для столовых.

Из лабораторий физики и химии предусматривают механическую вытяжку через вытяжные шкафы. Для учебных и демонстрационных лабораторных шкафов проектируют отдельную вытяжную систему. Расчетную скорость движения воздуха в рабочем отверстии при полностью открытой шторке принимают соответственно 0,5 и 0,7 м/с.

Объем воздуха, удаляемого от вытяжных шкафов, необходимо определять в зависимости от требуемой скорости движения воздуха в рабочем проеме шкафа согласно табл. 1.1.

Т а б л и ц а 1 . 1

Скорость движения воздуха в расчетном проеме шкафа
в зависимости от предельно допустимых концентраций вредных веществ
в рабочей зоне

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в рабочей зоне, мг/м ³	Скорость движения воздуха в расчетном проеме шкафа, м/с
Более 10	0,5
От 10 до 0,1	0,8–1
Менее 0,1	1–1,5

При работах, связанных с веществами I и II классов опасности, скорость воздуха в рабочем проеме шкафа следует принимать не ниже 1,2 м/с.

Коэффициент одновременности работы вытяжных шкафов лабораторий следует принимать равным 1.

Удаление воздуха от вытяжных шкафов допускается предусматривать общей системой из одного или нескольких помещений при условии обеспечения требований по взрывопожаробезопасности.

Для нескольких аудиторий, размещаемых в отдельном здании или в блоке, при определении производительности вентиляционных систем и подборе вентиляционного оборудования следует учитывать коэффициенты загрузки аудиторий K_3 и одновременности их работы K_0 .

Значение коэффициента K_3 следует принимать:

для аудиторий от 50 до 100 мест.....1
от 100 до 200 мест.....0,85
от 200 до 250 мест.....0,8
св. 250 мест.....0,75

Значение коэффициента K_o следует принимать:

при количестве аудиторий 31

4.....0,8

более 4.....0,7

Подачу приточного воздуха следует предусматривать непосредственно в помещения. Подачу приточного воздуха в проекционную допускается предусматривать от приточной системы обслуживаемого зала, при условии подключения воздухопровода, идущего в проекционную, к приточной системе зала, ниже уровня пола проекционной.

1.2.3. Лечебно-оздоровительные учреждения

В зданиях лечебно-профилактических учреждений, как правило, предусматривается приточно-вытяжная вентиляция с механическим побуждением [1, 2, 3, 9].

Допускается естественная вытяжная вентиляция (для отдельно стоящих зданий высотой не более 3-х этажей): в приемных отделениях, палатных корпусах, отделениях водолечения, инфекционных корпусах и отделениях. При этом приточная вентиляция предусматривается с механическим побуждением и подачей воздуха в коридор.

Допускается естественная вытяжная вентиляция без централизованной подачи приточного воздуха (для отдельно-стоящих зданий высотой не более 3-х этажей): в зданиях скорой и неотложной медицинской помощи, амбулаториях, фельдшерско-акушерских пунктах, хозрасчетных аптеках, помещениях для хранения рентгенограмм (до 500 кг) на негорючей основе, легковоспламеняющихся жидкостей, дезинфекционных средств, текущего запаса кислот и щелочей, конференц-залах и спальнях корпусов санаториев.

Кондиционирование воздуха является обязательным в операционных, наркозных, предродовых, родовых, послеоперационных палатах, реанимационных залах, палатах интенсивной терапии, в однокоечных и двухкоечных палатах для больных с ожогами, в палатах для грудных, новорожденных, недоношенных, травмированных детей, в залах барокамер. Воздух, подаваемый в эти помещения, надлежит дополнительно очищать в бактериологических фильтрах, устанавливаемых после вентилятора. В этом случае не допускается установка масляных фильтров в качестве I ступени очистки воздуха.

В малых операционных стационаров и поликлиник, а также в палатах, которые полностью оборудуются кюветами, кондиционирование воздуха предусматривать не следует.

В палатах отделений больниц, проектируемых для строительства в сельских населенных пунктах, увлажнение воздуха в приточных вентиляционных установках допускается не предусматривать.

В операционных, наркозных, послеоперационных палатах, родовых, реанимационных залах и палатах интенсивной терапии относительная влажность воздуха принимается в пределах 55–60 %, а скорость движения воздуха не должна превышать 0,15 м/с. Относительная влажность воздуха в зимнее время в палатах иного назначения рекомендуется принимать в пределах 30–50 %.

Для остальных помещений лечебно-профилактических учреждений относительная влажность воздуха принимается в соответствии с работой [1].

Самостоятельные системы приточно-вытяжной вентиляции, а также системы кондиционирования воздуха для помещений, указанных выше, проектируют следующим образом: для операционных блоков (отдельно для асептических и септических отделений), реанимационных залов и палат интенсивной терапии (отдельно для поступающих в больницы с улицы и из отделений больниц), родовых (отдельно для физиологического и наблюдационного отделений), палат новорожденных, недоношенных и травмированных детей каждого отделения (отдельно для физиологического и наблюдационного отделений), рентгеновских отделений, лабораторий грязелечения, водолечения, сероводородных ванн, радоновых ванн, лабораторий приготовления радона, санитарных узлов, холодильных камер, хозрасчетных аптек. Объединение нескольких помещений одной вентиляционной системой возможно только при одинаковом режиме в них, допустимости сообщения помещений между собой и исключении пребывания в них инфекционных больных. В каждое помещение для лечебных процедур приточный воздух следует подавать непосредственно в верхнюю зону помещения. В стерильные помещения (операционные, родовые и др.) воздух подается ламинарными или слаботурбулентными струями. В помещениях с кратностью воздухообмена по приточному воздуху 1,5 и более в час необходимо подавать воздух непосредственно в помещение. В остальных случаях допускается подача воздуха из коридоров через неплотности дверных притворов.

Наружный воздух, подаваемый системами приточной вентиляции, подлежит очищать в фильтрах. Рециркуляция воздуха не допускается.

Приточный воздух, как правило, обрабатывают в центральных приточных камерах (кондиционерах). Вентиляционные приточные и вытяжные камеры размещают таким образом, чтобы была исключена передача шума в помещения с длительным пребыванием больных и в кабинеты врачей.

Воздуховоды систем приточной вентиляции должны иметь внутреннюю поверхность, исключающую вынос в помещение частиц материала воздуховода или защитного покрытия, которые могут вызывать заболевания, связанные с их вдыханием. Внутреннее покрытие должно быть несорбирующим. Воздуховоды в строительных конструкциях, как правило, не применяются. Воздуховоды систем приточной вентиляции (кондиционирования воздуха) после бактериологических фильтров предусматриваются из нержавеющей стали.

В отделениях операционных, предназначенных для мелких операций (например, в поликлинике), допустимо применение индивидуальных приточных установок с приточным шкафом, располагаемым в смежном помещении. Для очистки в этом случае может применяться ватный фильтр.

Воздух из операционных, наркозных и реанимационных удаляется, как правило, из двух зон 40 % – из верхней зоны (на 10 см от потолка), 60 % – из нижней зоны (на 60 см от пола) с учетом выделения в эти помещения газов и паров, которые могут образовывать взрывоопасные смеси. При проектировании системы вентиляции и оборудования должны быть предусмотрены меры по обеспечению взрывобезопасности.

В кабинетах электро-, свето- и теплолечения для подачи и удаления воздуха рекомендуется использовать верхнюю зону помещения. Приток воздуха в эти помещения, предусматриваемый от отдельной приточной камеры, должен быть рассчитан на поглощение теплоизбытков.

Для грязелечебных кабинетов, бассейнов регенерации и помещений для нагрева грязи воздух рекомендуется подавать в верхнюю зону, а вытяжку организовывать из верхней и нижней зон.

Для рентгенодиагностических кабинетов с аппаратами закрытого типа проектируют приточно-вытяжную вентиляцию с удалением воздуха из верхней зоны на расстоянии 0,6 м от потолка, а из нижней зоны на расстоянии 0,5 м от пола. В фотолаборатории воздух удаляют из верхней зоны. Кабинеты рентгенотерапии рекомендуется вентилировать так же, как и рентгенодиагностические кабинеты, но с повышенным воздухообменом.

В зданиях аптек отдельные вытяжные системы рекомендуется предусматривать для помещений приемно-рецептурной, ассистентской, коктория, мойки стерилизационной, санитарного узла и др.

1.2.4. Культурно-зрелищные учреждения

В помещениях культурно-зрелищных учреждений проектируют приточно-вытяжную вентиляцию с механическим побуждением [1, 3, 10, 11, 24].

Системы приточно-вытяжной вентиляции следует предусматривать раздельными для помещений зрительного и клубного комплексов, помещений обслуживания сцены (эстрады), а также административно-хозяйственных помещений.

В кинотеатрах с непрерывным кинопоказом, в общедосуговых клубах и клубах общей вместимостью до 375 чел. указанное разделение систем допускается не предусматривать.

Самостоятельные приточные системы вентиляции следует предусматривать для помещений: зрительных залов; вестибюля, фойе, кулуаров, музея; тиристорных; светопроекционных, звукоаппаратных, аппаратных звукорежиссера, светоаппаратных, кабин для диктора и переводчиков; артистических уборных, репетиционных залов, комнат для занятий артистов и музыкантов, творческого персонала и художественного руководства, помещений административно-хозяйственных, для работы кружков, технической связи и радиовещания, производственных мастерских.

Самостоятельные вытяжные системы следует предусматривать для помещений: курительных; санитарных узлов; трюма; подсобных при буфетах; тиристорной; светопроекционной, звукоаппаратной, аппаратной звукорежиссера и светоаппаратной, кабин диктора и переводчиков; холодильной станции; мастерских; складов; аккумуляторных.

Вентиляцию курительных и санитарных узлов допускается объединять в одну систему. При проектировании общедосуговых клубов допускается проектировать только естественную вытяжку из всех помещений, кроме зрительного зала, кинопроекционной и аккумуляторной. В проекционных следует предусматривать отдельные вытяжные и приточные вентиляционные системы. К вытяжным системам допускается присоединять вытяжные каналы от стойки (шкафа) оконечных усилителей, перемоточных и кабины переводчика.

В многозальных кинотеатрах с общей вместимостью залов до 800 мест следует предусматривать обслуживание одной приточной системой вентиляции нескольких залов, при этом необходимо для каждого зала проектировать по расчету установку зонального подогревателя воздуха. Подогрев воздуха в основных калориферах системы следует предусматривать до +6 °С.

При проектировании зрительных залов кинотеатров следует предусматривать возможность ночного проветривания в теплый период года. Для этих целей в нижней зоне залов проектируют проемы, оборудованные неподвижными решетками и утепленными дверцами. Рассчитывать площадь живого сечения проема следует исходя из количества подаваемого воздуха, равного полутора-двухкратному воздухообмену в помещении зала

в 1 ч с учетом гравитационного давления. Удалять воздух в этом случае рекомендуется через шахту основной системы вентиляции. В вытяжных шахтах для этой цели устанавливают утепленные клапаны с дистанционным управлением. Для отвода конденсата под шахтами устанавливают поддоны. Необходимо также предусматривать мероприятия, исключающие возможность неорганизованного поступления наружного воздуха в залы через вытяжные шахты.

В зрительном зале клуба или театра с глубинной колосниковой сценой количество удаляемого воздуха должно составлять 90 % приточного (включая рециркуляцию) для обеспечения 10 % подпора в зале; через сцену следует удалять не более 17 % общего объема удаляемого из зала воздуха.

В помещениях доготовочных, моечных буфета, санитарных узлов, курительных и мастерских следует предусматривать вытяжную вентиляцию с механическим побуждением, в служебно-хозяйственных помещениях допускается предусматривать вентиляцию с естественным побуждением.

Система вентиляции с механическим побуждением в аккумуляторных и кислотных, не имеющих естественного освещения, должна быть сблорирована с зарядными устройствами таким образом, чтобы при прекращении работы системы вентиляции отключались зарядные устройства. В аккумуляторных и кислотных вытяжные отверстия следует предусматривать под потолком и на высоте 0,3 м от пола. Оборудование системы вытяжной вентиляции, обслуживающей кислотную аккумуляторную, должно предусматривать взрывобезопасное исполнение и защиту от коррозии. В аккумуляторной со щелочными аккумуляторами вытяжные отверстия располагают только под потолком. В этом случае можно организовать естественную вентиляцию через отдельный вентиляционный отсос.

Помещение для размещения вентиляционного оборудования, оборудования систем кондиционирования воздуха, компрессорных, холодильных установок не следует располагать непосредственно за ограждающими конструкциями зрительного зала.

Не допускается предусматривать устройство вентиляционных каналов в стенах, разделяющих зрительный зал и проекционную, а также разделяющих зрительные залы многозальных зданий; прокладку воздуховодов через помещения зала, проекционной и перемоточной, если эти воздуховоды предназначены для других помещений.

В зрительных залах кинотеатров вместимостью до 800 мест подачу воздуха следует осуществлять, как правило, компактными струями с максимальной скоростью, регламентируемой допустимым уровнем шума в залах и нормируемой подвижностью воздуха в рабочей зоне.

1.2.5. Библиотеки, архивы и книгохранилища

В хранилищах редких книг и рукописей, а также в хранилищах библиотек с объемом фонда 1 млн единиц хранения и более и в хранилищах архивов I группы следует предусматривать кондиционирование воздуха [1, 3].

В читальных, лекционных залах и помещениях хранилищ научных библиотек с фондом 200 тыс. единиц хранения и более допускается применять воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляцией или с системой кондиционирования воздуха.

В помещениях хранилищ, архивов вместимостью более 0,3 млн единиц хранения следует применять, как правило, воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляцией или с системой кондиционирования воздуха. В остальных помещениях зданий архивов следует предусматривать водяное отопление.

Для помещений хранилищ, читальных и лекционных залов в зданиях библиотек с фондом 200 тыс. единиц хранения и более следует предусматривать отдельные приточные системы вентиляции.

В массовых библиотеках с фондом до 50 тыс. единиц хранения при размещении зоны читательских мест совместно с зоной книжных фондов и обслуживания читателей в одном помещении и в архивах вместимостью до 0,3 млн единиц хранения допускается устройство естественной вентиляции из расчета однократного обмена.

В хранилищах, лекционных и читальных залах библиотек с фондом 200 тыс. единиц хранения и более, а также в хранилищах архивов следует предусматривать рециркуляцию воздуха. Объем наружного воздуха надлежит определять расчетом. В помещениях хранилищ он не должен превышать 10 % общего объема подаваемого воздуха. В читальных и лекционных залах объем наружного воздуха должен быть не менее 20 м³/чел.

Для лекционных залов, читальных залов и хранилищ библиотек допускается устройство вытяжной вентиляции с естественным побуждением.

Для хранилищ библиотек должна быть предусмотрена очистка от пыли наружного и рециркуляционного воздуха до предельно допустимой концентрации ее в помещении, определенной технологическим заданием.

1.2.6. Предприятия бытового обслуживания населения

В парикмахерских помещениях для маникюра, педикюра и косметических услуг, а также помещения кладовых допускается проектировать без организованного притока воздуха. Предприятия бытового обслуживания, [1, 3, 12, 24], вместимостью до 5 рабочих мест (общей площадью до 150 кв.м), встроенные в жилые дома, разрешается проектировать без организованного притока воздуха, но при наличии механической вытяжки.

Вентиляцию помещений следует проектировать, как правило, с естественным побуждением. Механическую вытяжную вентиляцию следует предусматривать во всех складских помещениях, предназначенных для хранения химических веществ и в помещениях с вредными выделениями и веществами, имеющими резкий запах. В помещениях кладовых площадью более 55 кв.м следует предусматривать вытяжную противодымную вентиляцию.

Допускается подсоединение систем вытяжной вентиляции кладовых к общей системе механической вентиляции подсобных помещений, при условии установки огнезадерживающих клапанов в соответствии с работой [8].

В помещениях предприятий бытового обслуживания (за исключением помещений, в которых возможно выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны) допускается применять рециркуляцию воздуха, при этом наружный воздух следует подавать в объеме не менее 20 м³/час на одного человека, из расчетного числа людей, находящихся в данных помещениях, с обеспечением нормируемых параметров микроклимата.

В мини-химчистке, мини-прачечной приточную вентиляцию следует проектировать с учетом обеспечения перетекания воздуха в направлении из «чистой зоны» в «грязную зону».

В мини-химчистке удаление воздуха должно предусматриваться в непосредственной близости от машин химчистки из верхней и нижней зон помещений.

Системы вентиляции предприятий бытового обслуживания встроенных, встроенно-пристроенных в жилые дома и здания иного назначения следует проектировать отдельными с системами вентиляций этих зданий.

Системы отопления и вентиляции, вентиляционное оборудование не должны создавать шума, вибрации выше допустимых для жилых зданий, независимо от их размещения в жилых или общественных зданиях.

1.2.7. Предприятия розничной торговли

В продовольственных и непродовольственных магазинах торговой площадью до 250 м² допускается проектировать вентиляцию с естественным побуждением. В помещениях магазинов торговой площадью 400 м² и более, оборудованных вентиляцией с механическим побуждением, объем вытяжки должен быть полностью компенсирован притоком [2, 13, 14, 24].

Естественную вентиляцию следует предусматривать в торговых залах рынков площадью до 600 м². В остальных случаях следует предусматривать приточно-вытяжную вентиляцию с механическим побуждением и двукратным воздухообменом.

В случаях, когда продажа продовольственных и непродовольственных товаров предусмотрена в отдельных торговых залах, система вентиляции должна быть отдельной.

В помещениях кладовых следует, как правило, предусматривать естественную вытяжную систему вентиляций с отдельными каналами. Общеобменную систему вытяжной вентиляции с механическим побуждением из кладовых и подсобных помещений допускается проектировать общими при условии установки в воздуховодах огнезадерживающих клапанов в местах пересечения стен и перегородок этих помещений.

Система вентиляций магазинов, расположенных в зданиях иного назначения, должна быть отдельной от системы вентиляций этих зданий.

В торговых залах магазинов, кроме торговых залов с химическими, синтетическими или иными пахучими веществами и горючими жидкостями допускается применять рециркуляцию воздуха, при этом наружный воздух должен подаваться в объеме не менее 20 м³/час на одного человека.

Тамбуры входов для покупателей в магазинах торговой площадью 150 м² и более (для рынков 600 м² и более) при расчетной температуре наружного воздуха для холодного периода года (расчетные параметры Б) минус 15 °С и ниже, должны быть оборудованы воздушно-тепловыми завесами.

В продовольственных магазинах торговой площадью 1500 м² и выше и в непродовольственных магазинах торговой площадью 2500 м² и выше при расчетной температуре наружного воздуха минус 15 °С и ниже (параметры Б) ворота в разгрузочных помещениях следует оборудовать воздушно-тепловыми завесами.

1.2.8. Спортивные сооружения

Обеспечение параметров внутреннего воздуха в спортивных залах [1, 3, 15, 24] с местами для более 800 зрителей и на крытых катках с местами для зрителей во всех климатических районах, а также в спортивных залах с местами для 800 и менее зрителей в IV климатическом районе рекомендуется путем устройства систем кондиционирования воздуха. Выбор системы определяется технико-экономическим расчетом.

Подвижность воздуха в зонах нахождения занимающихся принимается, не более:

0,3 м/с – в спортивных залах для борьбы, настольного тенниса и на крытых катках;

0,5 м/с – в остальных спортивных залах.

Указанную подвижность воздуха в зонах нахождения занимающихся в зальных помещениях рекомендуется обеспечивать, применяя, как правило, сосредоточенную подачу приточного воздуха.

Относительную влажность воздуха в спортивных залах рекомендуется принимать в пределах 30–60 %.

Самостоятельные системы приточной и вытяжной вентиляции предусматриваются для спортивных залов и залов крытых катков; душевых, раздевален для занимающихся и массажных; служебных помещений для административного и инженерно-технического персонала, инструкторско-тренерского состава, бытовых помещений для рабочих; технических помещений (бойлерных и др.).

Удаление воздуха из спортивных залов и зальных помещений крытых катков, как правило, предусматривается вытяжными системами с естественным побуждением.

Спортивные залы без мест для зрителей, имеющие объем, при котором на каждого одновременно занимающегося приходится не менее 80 м² объема зала, допускается проектировать с естественной приточно-вытяжной вентиляцией с обеспечением однократного воздухообмена в 1 ч.

Компенсация вытяжки из помещений душевых осуществляется за счет дополнительного притока воздуха из помещений раздевален, куда предусматривается организованная подача воздуха в пятикратном объеме душевых, но не менее двукратного объема раздевален. Удаление воздуха из раздевален предусматривается в двукратном объеме через помещения душевых. В случаях, когда количество воздуха, удаляемого из душевых (с учетом помещений раздевален), превышает 10-кратный воздухообмен, разница объемов воздуха удаляется непосредственно из помещения раздевален.

В спортивных залах, где предусматриваются естественная приточно-вытяжная вентиляция и снижение температуры в нерабочее время, систему отопления рекомендуется устраивать из двух отдельных групп нагревательных приборов: основной, рассчитанной на постоянное поддержание температуры внутреннего воздуха +5 °С, и дополнительной, обеспечивающей доведение внутренней температуры до расчетной.

Удаление воздуха из спортивных залов и зальных помещений крытых катков с искусственным льдом, предусматриваемое вытяжными системами с естественным побуждением, рекомендуется осуществлять, используя обычные вентиляционные шахты, устанавливаемые непосредственно на кровле зала. Вытяжные шахты оборудуются утепленными клапанами с электроподогревом и дистанционным управлением, а также поддонами для сбора и удаления конденсата. К клапанам и поддонам обеспечивается удобный доступ обслуживающего персонала. Размеры внутреннего сечения шахт определяются по расчету с учетом гравитационного и ветрового напора и давления, создаваемого приточной вентиляцией.

Неорганизованную подачу наружного воздуха в спортивные залы при проектировании естественной приточно-вытяжной вентиляции рекомендуется осуществлять, используя в качестве приточных устройств открывающиеся фрамуги в нижней и верхней частях витражей.

В случае если раздевалки для занимающихся (с душевыми при них) объединены с другими помещениями общей системой приточной вентиляции с расчетной температурой приточного воздуха ниже $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$, то для них предусматривается зональный подогреватель. Если же температура приточного воздуха в системе равна $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (т.е. расчетной для раздевалки), то на воздуховоде в раздевалке зональный подогреватель не предусматривается, а для остальных помещений, требующих более низкой расчетной температуры воздуха в холодный период года, расчетную величину теплотерь на отопление этих помещений уменьшают на величину перегрева приточного воздуха.

Систему вытяжной вентиляции из санитарных узлов и курительных допускается объединять с системой вытяжной вентиляции из душевых.

В зальных помещениях, выполненных в клеедеревянных конструкциях, при необходимости обеспечения требуемой относительной влажности в зоне этих конструкций (не менее 45 %) рекомендуется устройство увлажнения воздуха в системах приточной общеобменной вентиляции. В отдельных случаях при отсутствии приточной вентиляции допускается использование местных увлажнителей.

В спортивных залах с местами для более 800 зрителей и крытых катках с местами для зрителей рекомендуется предусматривать самостоятельные системы воздухораспределения для зоны размещения мест для зрителей и для зоны нахождения занимающихся (соревнующихся).

Помещения, предназначенные для оборудования в них приточных систем и установок кондиционирования воздуха, рекомендуется размещать в подвальных или цокольных этажах (на грунте) так, чтобы протяженность трасс воздухопроводов была минимальной. В исключительных случаях, когда не представляется возможным разместить эти помещения в нижних этажах, допускается их размещение вне пределов основного здания (в том числе в отдельном или пристроенном объеме) или в его верхних этажах. В первом случае предусматриваются переходы, соединяющие технические помещения с основным объемом здания (с прокладкой в них каналов), во втором – предусматриваются мероприятия по вибро-, звуко- и гидроизоляции, а также устройство эксплуатационных проходов и проемов для демонтажа и замены оборудования. Оптимальный вариант выбирают путем сопоставления технико-экономических показателей.

В помещениях, предназначенных для оборудования приточных систем, допускается устройство вводов теплоносителя, бойлерных и водяных насосных.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные принципы организации воздухообмена в зданиях административных учреждений, проектных и научно-исследовательских организаций?
2. Каковы основные принципы организации воздухообмена в детских яслях-садах?
3. Каковы основные принципы организации воздухообмена в общеобразовательных учреждениях?
4. Каковы основные принципы организации воздухообмена в лечебно-оздоровительных учреждениях?
5. Каковы основные принципы организации воздухообмена в культурно-зрелищных учреждениях?
6. Каковы основные принципы организации воздухообмена в библиотеках, архивах и книгохранилищах?
7. Каковы основные принципы организации воздухообмена на предприятиях бытового обслуживания населения?
8. Каковы основные принципы организации воздухообмена на предприятиях розничной торговли?
9. Каковы основные принципы организации воздухообмена в спортивных сооружениях?
10. Какие принципы организации воздухообмена для общественных зданий различного назначения схожи?

2. ВЫБОР И РАСЧЕТ СИСТЕМ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

2.1. Основные сведения о приточных струях

При выборе схемы организации воздухообмена и способе распределения воздуха следует учитывать конкретные особенности помещения, его назначение, конструктивные и объемно-планировочные решения, размещение и размеры источников теплоты, влаги, вредных газов, а также величину поступлений вредных веществ от этих источников, уровень требований к поддержанию расчетных параметров микроклимата [16, 17, 18].

Подача воздуха в помещение производится приточными турбулентными струями. Этот способ подачи воздуха позволяет уменьшить протяженность приточных воздуховодов и не загромождать ими объем помещения. Воздух в приточных струях обладает большей скоростью, нежели допустимая скорость в рабочей зоне. Но на входе струи в рабочую зону подвижность должна быть равной или меньшей предельных значений скорости, определяемых нормами в пределах рабочей зоны [11]. Параметры приточной струи за пределами рабочей зоны обычно не нормируются.

Современные схемы и средства воздухораспределения, методы расчета позволяют выбирать такие решения, которые обеспечивают нормируемые параметры воздушной среды в рабочей зоне помещения разного назначения и конструкции.

Назначение приточных струй – распределить свежий и специально подготовленный воздух в объеме вентилируемого помещения или его обслуживаемой (рабочей) зоны.

Приточные струи могут быть:

Компактными, вытекающими из круглых, квадратных и прямоугольных отверстий, в том числе из решеток с соотношением сторон до 1:10.

Плоскими – из прямоугольных отверстий с соотношением сторон более 1:10.

Веерными – вытекающими из диффузоров или воздухораспределителей, имеющих на пути движения струи диск, поворачивающий струю на 90° и распространяющий поток воздуха во всех направлениях.

По способу распространения струи могут быть:

Свободными – распространяющимися до скорости по оси струи до 0,2 м/с без изменения своей формы.

Стесненными – имеющими на своем пути преграду из различных предметов или конструкций, или других струй.

Основное влияние на характер и интенсивность движения воздуха в вентилируемом помещении (схему циркуляции воздуха) оказывают приточные струи, формируемые воздухораспределителями.

Распространение получили решетки различных геометрических форм и размеров с подвижными (регулируемыми) и неподвижными (нерегулируе-

мыми) жалюзи. Они изготавливаются из разнообразных материалов: металла (сталь и алюминий), гипса, пластмассы и др., бывают решетки с декоративным оформлением и без него; различных расцветок; с направлением потока приточного воздуха в одну, две, три и четыре стороны. В зависимости от конструкции решетки можно создавать струи различных типов. Далее будут рассмотрены конструкции воздухораспределителей, получившие наибольшее распространение, такие как АПР, АПН, АМН, АМР, ДПУ и другие.

Некоторые конструкции решеток являются универсальными и применяются как в приточных, так и в вытяжных системах.

Устанавливаются решетки чаще всего выше обслуживаемой зоны в проемах стен в местах прокладки вентиляционных каналов. Они могут также размещаться у пола и на уровне подшивного потолка для напольной раздачи и удаления воздуха.

В процессе расчета воздухораспределителей находятся:

- 1) фактическая скорость и температура на входе струи в рабочую зону, их соответствие нормативным данным;
- 2) проверяется степень равномерности распределения параметров воздуха в рабочей зоне;
- 3) проверяется соответствие геометрических размеров объема помещения, обслуживаемого одной приточной струей, геометрическим размерам модели, путем обобщения результатов испытаний на которой определялись расчетные формулы.

2.2. Рекомендуемые схемы воздухораспределения

Схема распределения воздуха в помещениях общественных зданий должна приниматься на основании расчета возможных способов воздухораспределения [17] с учетом объемно-планировочного и конструктивного решений и технико-экономических показателей.

1. В зрительные и спортивные залы высотой более 5–6 м рекомендуется подавать воздух наклонными компактными или плоскими струями, направленными на экран (сцену) или спортивную площадку из воздухораспределителей, которые расположены выше обслуживаемой зоны.

Допускается подавать воздух компактными или плоскими струями из воздухораспределителей, установленных в боковых стенах.

2. В помещениях или отдельных зонах высотой менее 5–6 м, имеющих подшивной потолок (торговые залы, балконы зрительных залов, трибуны спортивных залов), воздух рекомендуется подавать веерными струями, настилающимися на гладкий потолок.

При наличии выступающих конструкций на потолке (балки, ригели, ребра), а также светильников с большими тепловыделениями воздух рекомендуется подавать коническими струями из воздухораспределителей, устанавливаемых на высоте 3–6 м.

3. В помещениях общественных зданий высотой 5–12 м воздух допускается подавать вертикальными компактными струями из воздухораспределителей с устройствами для отклонения приточной струи в пределах $\pm 30^\circ$ от вертикали.

4. Для индивидуального регулирования микроклимата в отдельных помещениях (классы общеобразовательных школ, палаты больниц, номера гостиниц) воздух рекомендуется подавать через доводчиков (см. прил. 1, п. 3), которые позволяют автоматически изменять температуру и вертикальный угол выпуска приточного воздуха в зависимости от температуры в помещении.

2.3. Методика расчета и подбора воздухораспределителей

2.3.1. Подача воздуха настилающейся компактной приточной струей

При таком способе подачи воздуха необходимо, чтобы настилающаяся струя не оторвалась от потока раньше, чем она достигнет противоположной стены. Если настилающаяся струя достигла противоположной стены, то далее она опустится вдоль нее в рабочую или обслуживаемую зону. Это позволяет увеличить длину траектории струи от места выпуска до точки, где она пересечет границу обслуживаемой зоны. Расчетная схема подачи воздуха настилающей приточной компактной струей приведена на рис. 2.1. Рекомендуемое направление приточных компактных струй – вдоль короткой стороны помещения, что позволяет обеспечить безотрывное течение при меньших скоростях выпуска воздуха из воздухораспределителя v_0 и, следовательно, меньших скоростях на оси струи v_x и меньшем уровне шума.

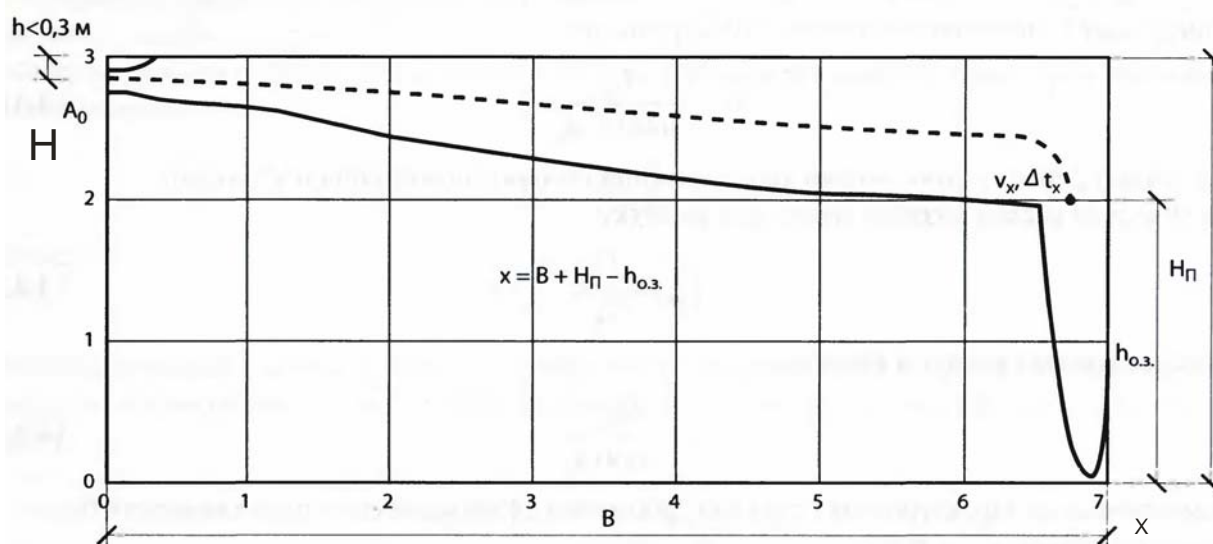


Рис. 2.1. Расчетная схема подачи воздуха настилающейся приточной компактной струей ($x_{отр} > B$)

Т а б л и ц а 2 . 1

Рекомендуемые воздухораспределители

Тип воздухораспределителя	Регулирование	m	n
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha_1=0^\circ$	8,4	5,1
	$\alpha_1=30^\circ$	6,2	3,7
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1=\alpha_2=0^\circ$	8,4	5,1
	$\alpha_1=\alpha_2=30^\circ$	5,3	3,2

Последовательность расчета

1. По табл. 2.1 выбирают тип воздухораспределителя, обеспечивающий формирование компактной настилающейся струи, и выписывают аэродинамическую m и тепловую n характеристики приточной струи.

2. Определяют допустимую скорость воздуха в точке входа оси струи в рабочую зону $v_x^{\text{доп}}$, м/с, по формуле

$$v_x^{\text{доп}} = K \cdot v_{\text{р.з}}, \quad (2.1)$$

где K – коэффициент перехода от нормируемой подвижности воздуха к максимальной скорости в струе, принимаемый по работе [1], (табл. 2.2);

$v_{\text{р.з}}$ – нормируемое значение скорости воздуха в струе на границе обслуживаемой зоны (подвижность воздуха), м/с.

Т а б л и ц а 2 . 2

Коэффициент перехода от нормируемой скорости движения воздуха к максимальной скорости воздуха в струе [3]

Метеорологические условия	Размещение людей	Категория работ	
		легкая Iа, Iб	средней тяжести IIа, IIб, тяжелая III
Допустимые	В зоне прямого воздействия приточной струи воздуха в пределах участка:		
	а) начального	1	1
	б) основного	1,4	1,8
	Вне зоны прямого воздействия приточной струи воздуха	1,6	2
	В зоне обратного потока	1,4	1,8

Т а б л и ц а 2.3

Допустимые отклонения температуры в приточной струе
от нормируемой температуры воздуха
в обслуживаемой или рабочей зоне [1]

Метеорологические условия	Допустимые отклонения температуры				
	помещение	при восполнении недостатков тепла		при ассимиляции избытков тепла	
		размещение людей			
		в зоне прямого воздействия приточной струи	вне зоны прямого воздействия приточной струи	в зоне прямого воздействия приточной струи	вне зоны прямого воздействия приточной струи
Допустимые	Жилые, общественные и административно-бытовые				
	Δt_1	3	3,5	–	–
	Δt_2	–	–	1,5	2

3. Определяют допустимую температуру воздуха в точке входа струи в рабочую зону $t_x^{\text{доп}}$, °С, по формуле

$$t_x^{\text{доп}} = t_b - \Delta t, \quad (2.2)$$

где t_b – температура воздуха в помещении, °С, (по заданию);

Δt – допустимое отклонение температуры в приточной струе от нормируемой температуры в рабочей зоне, °С, принимаемое по табл. 2.3.

4. Определяют требуемую из условия безотрывного течения струи на ее протяженности $x_{\text{отр}} = B$ величину ее геометрической характеристики $H_{\text{отр}}$ по формуле

$$H_{\text{тр}} = \frac{B}{0,5}, \text{ м}, \quad (2.3)$$

где B – ширина помещения, м.

5. Определяют длину траектории струи от места ее выпуска до пересечения оси струи с границей обслуживаемой зоны, м, по формуле

$$x = B + (H_{\text{п}} - h_{\text{р.з}}), \quad (2.4)$$

где $H_{\text{п}}$ – высота помещения, м;

$h_{\text{р.з}}$ – высота рабочей зоны, м.

6. Определяют требуемую площадь живого сечения вентиляционной решетки, м^2 , из условия обеспечения нормируемого значения скорости воздуха в струе на границе обслуживаемой зоны по формуле

$$A_o = (5,45 \frac{v_x^{\text{доп}} x}{H_{\text{тр}}})^4 \frac{1}{(n \Delta t_o)^2}, \quad (2.5)$$

где n – температурный коэффициент струи, принимаемый по табл. 2.1;

Δt_o – рабочая разность температур, $\Delta t_o = t_b - t_{\text{пр}}$, $^{\circ}\text{C}$;

$v_x^{\text{доп}}$ – нормируемое значение скорости воздуха в струе на границе обслуживаемой зоны (подвижность воздуха), м/с .

7. По площади живого сечения подбирают вентиляционную решетку соответствующего типоразмера (прил. 1) и выписывают площадь живого сечения A_o , м^2 .

8. Вычисляют скорость воздуха в живом сечении, м/с , по формуле

$$v_o = \frac{v_x^{\text{доп}} x}{m \sqrt{A_o}}. \quad (2.6)$$

9. Определяют количество вентиляционных решеток, шт., по формуле

$$N = \frac{L_p}{3600 v_o A_o}, \quad (2.7)$$

где L_p – объем воздуха в помещении, $\text{м}^3/\text{ч}$.

10. Размещают решетки равномерно вдоль длинной стороны помещения и уточняют:

– фактический расход воздуха через одну решетку, $\text{м}^3/\text{ч}$, по формуле

$$L_{\text{вр}} = \frac{L_p}{N}, \quad (2.8)$$

– скорость воздуха в живом сечении, м/с , по формуле

$$v_o = \frac{L_{\text{п}}}{3600 A_o}, \quad (2.9)$$

– геометрическую характеристику струи, м , по формуле

$$H = \frac{m v_o \sqrt{(273 + t_b)^4 A_o}}{\sqrt{n g \Delta t_o}} = 5,45 \frac{m v_o^4 \sqrt{A_o}}{\sqrt{n \Delta t_o}}, \quad (2.10)$$

– фактическую протяженность безотрывного течения, м , по формуле

$$x_{\text{отр}} = 0,5 H. \quad (2.11)$$

Если $x_{отр} > B$, то определяют:

– скорость воздуха, м/с, по формуле

$$v_{x.max} = \frac{m v_0 \sqrt{A_0}}{x} k_{ст} k_{вз} k_{из}; \quad (2.12)$$

– разность температуры воздуха в помещении и на оси струи, °С, по формуле

$$\Delta t_{x.max} = \frac{n \Delta t_0 \sqrt{A_0}}{x} k_{ст} k_{вз} k_{из}, \quad (2.13)$$

где $k_{из}$ – коэффициент неизотермичности ($k_{из} = 1$);

$k_{вз}$ – коэффициент взаимодействия, ($k_{вз} = 1$);

$k_{ст}$ – коэффициент стесненности струй ($k_{ст} = 0,8$).

Полученные значения сравнивают с нормируемыми значениями.

Пример 2.1

Дано:

Размер помещения $18 \cdot 6 = 108$ м, высота $h_{пом} = 4$ м, $h_{р.з} = 1,5$ м. Воздухообмен постоянный круглогодично и составляет $L_p = 1500$ м³/ч, $t_b = 1$ °С. Допустимая, расчетная подвижность воздуха в рабочей зоне 0,2 м/с.

Определить: типоразмер решеток и параметры $v_{x.max}$, $\Delta t_{x.max}$.

Порядок расчета

1. По табл. 2.1 принимаем воздухораспределитель АМН, обеспечивающий формирование компактной настилающейся приточной струи с характеристиками: $m = 6,2$; $n = 3,7$.

2. Определяем допустимую скорость воздуха в точке входа оси струи в рабочую зону $v_x^{доп}$ по формуле (2.1)

$$v_x^{доп} = 1,4 \cdot 0,2 = 0,28 \text{ м/с.}$$

3. Определяем допустимую температуру воздуха в точке входа струи в рабочую зону $t_x^{доп}$ по формуле (2.2)

$$t_x^{доп} = 18 - 2 = 16 \text{ °С.}$$

4. Определяем требуемую из условия безотрывного течения струи на ее протяженности $x_{отр} = B$ величину ее геометрической характеристики $H_{отр}$ по формуле (2.3)

$$H_{тр} = \frac{6}{0,5} = 12 \text{ м.}$$

5. Определяем длину траектории струи от места ее выпуска до пересечения оси струи с границей обслуживаемой зоны по формуле (2.4)

$$x = 6 + (4 - 1,5) = 8,5 \text{ м.}$$

6. Определяем требуемую площадь живого сечения вентиляционной решетки из условия обеспечения нормируемого значения скорости воздуха в струе на границе обслуживаемой зоны по формуле (2.5)

$$A_o = (5,45 \frac{0,28 \cdot 8,5}{12})^4 \frac{1}{(3,7 \cdot 2)^2} = 0,0246 \text{ м}^2.$$

7. По прил. 1 принимаем решетку АМН200×150 с $A_o = 0,027 \text{ м}^2$.

8. Вычисляем скорость воздуха в живом сечении решетки по формуле (2.6)

$$v_o = \frac{0,28 \cdot 8,5}{6,2 \sqrt{0,027}} = 2,3 \text{ м/с.}$$

9. Определяем количество вентиляционных решеток по формуле (2.7)

$$N = \frac{1500}{3600 \cdot 2,3 \cdot 0,027} = 6,7 \approx 7 \text{ шт.}$$

10. Размещаем решетки равномерно вдоль длинной стороны помещения и уточняем:

– фактический расход воздуха через одну решетку по формуле (2.8)

$$L_{\text{вр}} = \frac{1500}{7} = 214,3 \text{ м}^3/\text{ч} \approx 215 \text{ м}^3/\text{ч};$$

– скорость воздуха в живом сечении по формуле (2.9)

$$v_o = \frac{215}{3600 \cdot 0,027} = 2,2 \text{ м/с};$$

– геометрическую характеристику струи по формуле (2.10)

$$H = 5,45 \frac{6,2 \cdot 2,2 \sqrt[4]{0,027}}{\sqrt{3,7 \cdot 2}} = 11,1 \text{ м/с};$$

– фактическую протяженность безотрывного течения по формуле (2.11)

$$x_{\text{отр}} = 0,5 \cdot 11,1 = 5,54 < B = 6 \text{ м.}$$

Так как протяженность безотрывного течения меньше одного метра, воздухораспределитель можно признать пригодным для применения и последующего расчета.

Далее определяем:

– максимальную скорость воздуха по формуле (2.13)

$$v_{x.\max} = \frac{6,2 \cdot 2,2 \sqrt{0,027}}{8,5} 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,21 \text{ м/с} \leq v_x^{\text{доп}} = 0,28 \text{ м/с};$$

– максимальную разность температуры воздуха в помещении и на оси струи по формуле (2.13)

$$\Delta t_{x.\max} = \frac{3,7 \cdot 2,2 \sqrt{0,027}}{8,5} 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,13 \text{ }^\circ\text{C} \leq \Delta t_x^{\text{доп}} = 2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Условия выполняются.

Окончательно принимаем воздухораспределители АМН200×150 в количестве 7 шт.

2.3.2. Подача воздуха сверху вниз наклонными струями

Расчетная схема подачи воздуха не настилающейся приточной компактной струей приведена на рис. 2.2.

Условие для ненастилая плоских струй $h_{\text{вп}} = (0,35 \dots 0,65)H_{\text{п}}$, но следует учитывать способность струй налипать на ближайшее ограждение. Избежать этого в данном случае нежелательного явления можно выбором места входа струи в рабочую зону, которое должно быть равноудаленным от ограждений (точка x).

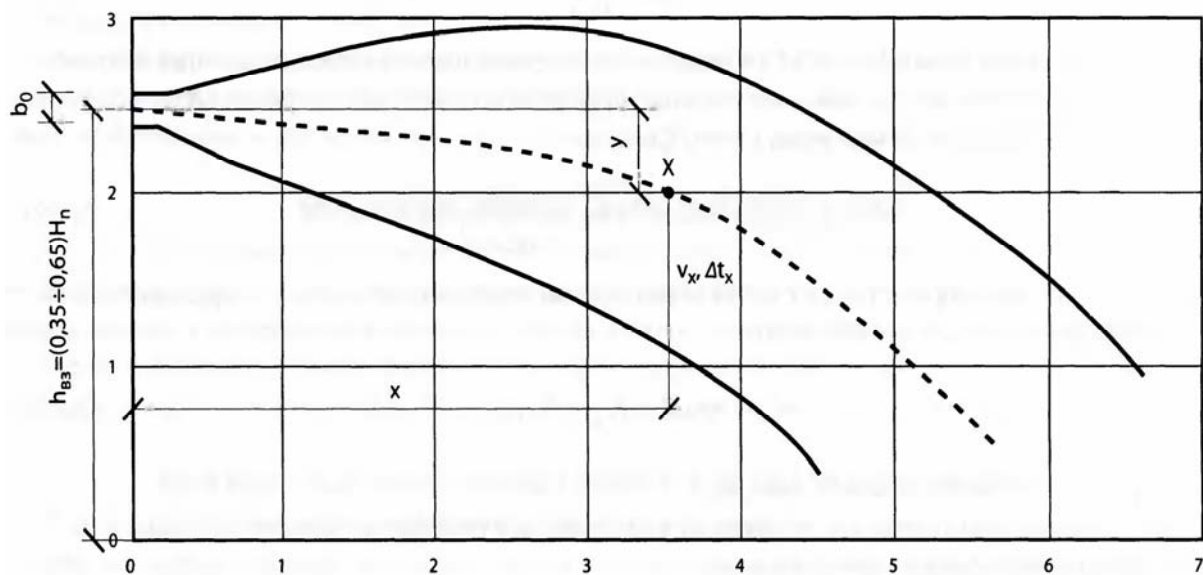


Рис. 2.2. Расчетная схема подачи воздуха ненастилающейся приточной компактной струей

Т а б л и ц а 2 . 4

Рекомендуемые воздухораспределители

Тип воздухораспределителя	Регулирование	m	n
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha_1=30^\circ$	4,4	3,7
	$\alpha_1=45^\circ$	4,1	3,4
	$\alpha_1=60^\circ$	3,9	3,3
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1=0^\circ \alpha_2=30^\circ$	6	5,1
	$\alpha_1=\alpha_2=30^\circ$	3,8	3,2
	$\alpha_1=\alpha_2=45^\circ$	3,6	3
	$\alpha_1=\alpha_2=60^\circ$	3,1	2,5

Последовательность расчета

1. По табл. 2.4 принимают тип воздухораспределителя и выписывают аэродинамическую m и тепловую n характеристики приточной струи.

2. Определяют допустимую скорость воздуха в точке входа оси струи в рабочую зону $v_x^{\text{доп}}$, м/с, по формуле (2.1).

3. Определяют допустимую температуру воздуха в точке входа струи в рабочую зону $t_x^{\text{доп}}$, °С, по формуле (2.2).

4. Определяют длину траектории струи от места ее выпуска до пересечения оси струи с границей обслуживаемой зоны, м, по формуле

$$x_1 = \frac{(0,35 \dots 0,65)h_{\text{п}} - h_{\text{рз}}}{\sin(0,6\alpha_1)}, \quad (2.14)$$

где $h_{\text{рз}}$ – высота рабочей зоны, м;

α – характеристика воздухораспределителя (табл. 2.4);

$h_{\text{вр}}$ – высота установки воздухораспределителя, м, определяется по формуле

$$h_{\text{вр}} = (0,35 \dots 0,65)h_{\text{п}}; \quad (2.15);$$

здесь $h_{\text{п}}$ – высота помещения, м.

5. Определяют расстояние по горизонтали от места ее выпуска до пересечения оси струи с границей обслуживаемой зоны x , м, по формуле

$$x = x_1 \cdot \cos(0,6\alpha_1). \quad (2.16)$$

6. Определяют требуемое значение геометрической характеристики струи, обеспечивающей попадание ее в точку x по формуле

$$H_{\text{тр}} = \sqrt[3]{0,16 \frac{x^5}{(h_{\text{вр}} - h_{\text{рз}})^2}}, \quad (2.17)$$

где $h_{\text{вр}}$ – высота помещения, м.

7. Определяют требуемую площадь живого сечения воздухораспределителя, м^2 , по формуле

$$A_o = (5,45 \frac{v_x^{\text{доп}} x}{H_{\text{тр}}})^4 \frac{1}{(n \Delta t_o)^2}, \quad (2.18)$$

где n – температурный коэффициент струи, принимаемый по табл. 2.4;

Δt_o – рабочая разность температур, $\Delta t_o = t_{\text{в}} - t_{\text{пр}}$, °C.

8. Вычисляют скорость воздуха в живом сечении решеток, м/с, по формуле

$$v_o = \frac{v_x^{\text{доп}} x}{m \sqrt{A_o}}. \quad (2.19)$$

9. По площади живого сечения подбирают воздухораспределитель соответствующего типоразмера (прил. 1) и выписывают:

- площадь живого сечения одной решетки A_o , м^2 ;
- расход воздуха, приходящийся на один воздухораспределитель, L_o , $\text{м}^3/\text{ч}$.

При выборе воздухораспределителя уровень звуковой мощности не должен превышать 35 дБ.

10. Определяют количество вентиляционных решеток, шт., по формуле

$$N = \frac{L_p}{L_o}, \quad (2.20)$$

где L_p – воздухообмен в помещении, $\text{м}^3/\text{ч}$.

11. По табл. 2.5 определяют коэффициент стеснения $k_{\text{ст}}$

12. Коэффициент неизотермичности $k_{\text{из}}$ при наклонной подаче приточного определяют по формуле

$$k_{\text{из}} = \cos(0,6\alpha_1) \sqrt{\frac{1 + \cos(2\alpha_1)}{2} + \left[\sin(0,6\alpha_1) - \left(\frac{x}{H_{\text{тр}} \cdot \cos(0,6\alpha_1)} \right)^2 \right]^2}, \quad (2.21)$$

Т а б л и ц а 2 . 5

Значения коэффициента стеснения $k_{ст}$

$\frac{A_0}{a \cdot h_{п}}$	$\frac{x}{m\sqrt{a \cdot h_{п}}}$					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
<0,003	1	1	1	1	1	1
0,003	1	1	0,9	0,85	0,8	0,75
0,005	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65
0,010	1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4
0,050	1	0,8	0,5	0,4	0,3	0,3

где a – длина помещения, м.

13. Коэффициент взаимодействия принимают равным $k_{вз} = 1$.

14. Далее определяют максимальные параметры воздуха на основном участке:

– максимальную скорость воздуха по формуле

$$v_{x.max} = \frac{m v_0 \sqrt{A_0}}{x} k_{ст} k_{вз} k_{из}, \text{ м/с}; \quad (2.22)$$

– максимальную разность температуры воздуха в помещении и на оси струи по формуле

$$\Delta t_{x.max} = \frac{n \Delta t_0 \sqrt{A_0}}{x} \cdot \frac{k_{из}}{k_{ст} k_{вз}}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2.23)$$

Полученные значения сравнивают с нормируемыми значениями.

Пример 2.2

Дано: Размер помещения $a \cdot b = 18 \cdot 6 = 108$ м, высота $h_{п} = 5$ м, $h_{р.з} = 2$ м. Воздухообмен постоянный круглогодично и составляет $L_p = 1500$ м³/ч, $t_{в} = 18$ °С, $t_{тр} = 16$ °С. Допустимая, расчетная подвижность воздуха в рабочей зоне 0,2 м/с.

Определить: типоразмер решеток и их количество.

П о р я д о к р а с ч е т а

По архитектурно-планировочным решениям была принята схема подачи воздуха сверху вниз наклонными струями с высоты $h_{вр} = 0,65 \cdot h_{п} = 0,65 \cdot 5 = 3,3$ м.

1. По табл. 2.4 принимаем воздухораспределитель АМН-К ($\alpha_1 = 45^\circ$; $m = 4,1$; $n = 3,4$).

2. Определяем допустимую скорость воздуха в точке входа оси струи в рабочую зону $v_x^{\text{доп}}$ по формуле (2.1)

$$v_x^{\text{доп}} = 1,4 \cdot 0,2 = 0,28 \text{ м/с.}$$

3. Определяем допустимую температуру воздуха в точке входа струи в рабочую зону $t_x^{\text{доп}}$ по формуле (2.2)

$$t_x^{\text{доп}} = 18 - 2 = 16 \text{ }^\circ\text{C.}$$

4. Определяем длину струи от истечения до места входа в обслуживаемую зону по формуле (2.14)

$$x_1 = \frac{3,3 - 2}{\sin(45^\circ \cdot 0,6)} = 2,9 \text{ м.}$$

5. Определяем расстояние по горизонтали от места ее выпуска до пересечения оси струи с границей обслуживаемой зоны x по формуле (2.16)

$$x = 2,9 \cdot \cos(0,6 \cdot 45) = 2,6 \text{ м.}$$

6. Определяем требуемое значение геометрической характеристики струи, обеспечивающей попадание ее в точку x по формуле (2.17)

$$H_{\text{тр}} = \sqrt[3]{0,16 \frac{2,9^5}{1,3^2}} = 4,8 \text{ м.}$$

7. Определяем требуемую площадь живого сечения вентиляционной решетки по формуле (2.18)

$$A_o = \left(5,45 \frac{0,28 \cdot 2,9}{4,8} \right)^4 \frac{1}{(3,4 \cdot 2)^2} = 0,015 \text{ м}^2.$$

8. Вычисляем скорость воздуха в живом сечении решеток по формуле (2.19)

$$v_o = \frac{0,28 \cdot 4,8}{4,1 \sqrt{0,015}} = 1,6 \text{ м/с.}$$

9. По прил. 1 принимаем решетку АМН-К300×100 (при $L = 35$ дБ(А)) и выписываем:

- площадь живого сечения одной решетки $A_o = 0,022 \text{ м}^2$;
- расход воздуха, приходящийся на один воздухораспределитель, $L_o = 280 \text{ м}^3/\text{ч}$.

10. Определяем количество вентиляционных решеток по формуле (2.7)

$$N = \frac{1500}{280} = 5,4 \approx 6 \text{ шт.}$$

11. Далее определяем:

– коэффициент стеснения по табл. 2.5 $k_{\text{ст}} = 1$ при следующих условиях

$$\frac{A_o}{a \cdot h_{\text{п}}} = \frac{0,022}{18 \cdot 5} = 0,0002 < 0,003; \quad \frac{x_1}{m \sqrt{a \cdot h_{\text{п}}}} = \frac{2,9}{4,1 \sqrt{18 \cdot 5}} = 0,1;$$

– коэффициент неизотермичности по формуле (2.21)

$$k_{\text{из}} = \cos(0,6 \cdot 45) \sqrt{\frac{1 + \cos(2 \cdot 45)}{2}} + \left[\sin(0,6 \cdot 45) - \left(\frac{2,6}{4,8 \cdot \cos(0,6 \cdot 45)} \right)^2 \right]^2 = 0,63;$$

– коэффициент взаимодействия принимаем $k_{\text{вз}} = 1$.

12. Определяем параметры воздуха на основном участке:

– максимальную скорость воздуха по формуле (2.22)

$$v_{x.\text{max}} = \frac{4,1 \cdot 1,6 \sqrt{0,022}}{2,9} 1 \cdot 1 \cdot 0,63 = 0,2 \text{ м/с} \leq v_x^{\text{доп}} = 0,28 \text{ м/с};$$

– максимальную разность температуры воздуха в помещении и на оси струи по формуле (2.23)

$$\Delta t_{x.\text{max}} = \frac{3,4 \cdot 2 \sqrt{0,022}}{2,9} \cdot \frac{0,63}{1 \cdot 1} = 0,2 \leq \Delta t = 2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Условия выполняются.

Окончательно принимаем воздухораспределители АМН-К 300×100 в количестве 6 шт.

2.3.3. Подача воздуха веерной струей

Воздухораспределители (диффузоры), размещаемые на потолке, формируют веерную струю, которая при подаче воздуха настиляется на потолок.

Потолок должен быть разбит на квадратные или прямоугольные ячейки, исходя из условия обеспечения необходимых геометрических соотношений (отношение длинной стороны ячейки к короткой не должно превышать 1,5). В центре каждой из ячеек размещается воздухораспределитель. Расчетная схема подачи воздуха настиляющейся приточной веерной струей приведена на рис. 2.3.

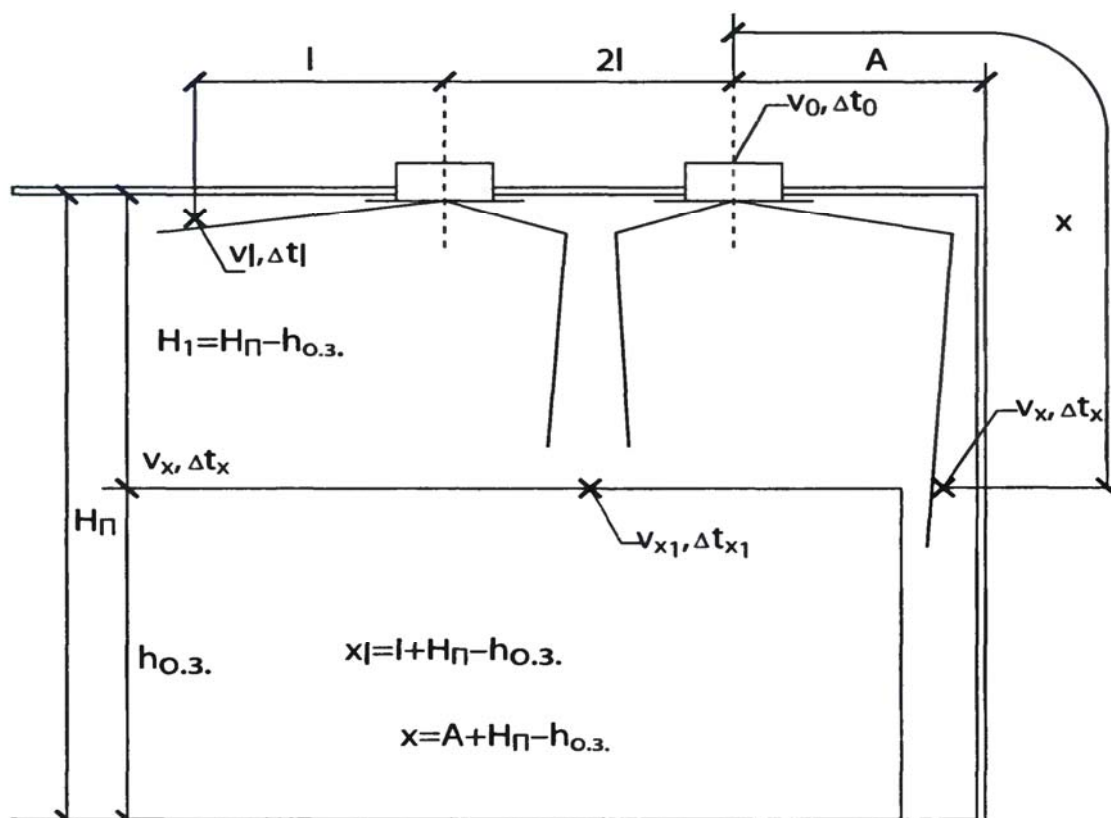


Рис. 2.3. Расчетная схема подачи воздуха веерной струей

На схеме (см. рис. 2.3) принята длина ℓ – половина расстояния между воздухораспределителями, A – расстояние от воздухораспределителя до стены. Значения избыточной температуры в струе и скорости воздуха определяют для двух точек на границе обслуживаемой зоны: у стены и между двумя воздухораспределителями. Тогда расчетная длина траектории струи будет равна

$$x = H_{\text{п}} - h_{\text{рз}} + A, \quad (2.24)$$

$$x_1 = H_{\text{п}} - h_{\text{рз}} + \ell. \quad (2.25)$$

Для дальнейших расчетов принимается наименьшее значение длины траектории струи $x_{\text{тр}}$.

Т а б л и ц а 2 . 6

Рекомендуемые воздухораспределители
и их аэродинамические характеристики

Тип воздухораспределителя	Регулирование	m	n
ДПУ-М	—	0,6	0,5
4АПН, 4АПР	—	2,2	1,6

Порядок расчета

Потолок разбивают на ячейки, в центре каждой из которых размещается воздухораспределитель. Размещение воздухораспределителей должно отвечать условию

$$0,5 \leq \frac{\ell}{x_{\text{тр}}} \leq 1,5. \quad (2.26)$$

Количество ячеек определит количество воздухораспределителей N .

2. По табл. 2.6 принимают тип воздухораспределителя и выписывают аэродинамическую m и тепловую n характеристики приточной струи.

3. Определяют допустимую скорость воздуха в точке входа оси струи в рабочую зону $v_x^{\text{доп}}$, м/с, по формуле (2.1).

4. Определяют допустимую температуру воздуха в точке входа струи в рабочую зону $t_x^{\text{доп}}$, °С, по формуле (2.2).

5. Определяют расход воздуха через один воздухораспределитель по формуле (2.8).

6. Определяют коэффициент стеснения струи по табл. 2.7

Т а б л и ц а 2.7

Значения коэффициента стеснения $k_{\text{ст}}$

$\frac{h - h_{\text{рз}}}{\sqrt{F_{\text{рз}}}}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$k_{\text{ст}}$	0,9	0,88	0,82	0,72	0,68	0,64

7. Определяют требуемую площадь живого сечения воздухораспределителя A_o , м², по формуле

$$A_o = \left(\frac{L_{\text{вр}} \cdot m \cdot k_{\text{ст}}}{3600 \cdot v_x^{\text{доп}} \cdot x} \right)^2. \quad (2.27)$$

8. По прил. 1 подбирают размер и площадь живого сечения воздухо-распределителя.

9. Вычисляют фактическую скорость выхода воздуха из воздухо-распределителя, м/с

$$v_o = \frac{L_{\text{вр}}}{3600 \cdot A_o}. \quad (2.28)$$

10. Вычисляют геометрическую характеристику струи по формуле (2.10).

11. Определяют фактическую протяженность безотрывного течения, м, по формуле (2.11)

$$x_{\text{отр}} = 0,4H. \quad (2.29)$$

Если $x_{\text{отр}} \geq \ell$ и $x_{\text{отр}} \geq A$, то далее определяют:

– коэффициент неизотермичности по формуле

$$k_{\text{из}} = \sqrt[3]{1 - \frac{3}{2} \left(\frac{x_{\text{тр}}}{H} \right)}, \quad (2.30)$$

– коэффициент взаимодействия принимают равным $k_{\text{вз}} = 1$.

12. Далее определяют максимальные параметры воздуха на основном участке:

– максимальную скорость воздуха по формуле (2.13);

– максимальную разность температуры воздуха в помещении и на оси струи, °С, по формуле

$$\Delta t_{x.\text{max}} = \frac{n\Delta t_o \sqrt{A_o}}{x} \cdot \frac{1}{k_{\text{ст}} k_{\text{из}}}. \quad (2.31)$$

Полученные значения сравнивают с нормируемыми значениями.

Пример 2.3

Дано: Размер помещения $a \cdot b = 18 \cdot 6 = 108$ м, высота $h_{\text{п}} = 4$ м, $h_{\text{р.з}} = 2$ м. Воздухообмен постоянный круглогодично и составляет $L_{\text{р}} = 1500$ м³/ч, $t_{\text{в}} = 18$ °С, $t_{\text{пр}} = 16$ °С. Допустимая, расчетная подвижность воздуха в рабочей зоне 0,2 м/с.

Определить: типоразмер решеток и их количество.

П о р я д о к р а с ч е т а

1. Предварительно определяем количество воздухораспределителей из условия обеспечения необходимых геометрических соотношений

В помещении устанавливаем 3 воздухораспределителя типа 4АПН ($m = 2,2$; $n = 1,6$).

Размер одной ячейки принимаем равным $F_{\text{рз}} = 6 \cdot 6 = 36$ м², тогда $\ell = A = 3$ м.

2. Определяем длину распространения струи по формулам (2.24) и (2.26)

$$x_1 = x = h_{\text{п}} - h_{\text{р.з}} + \ell = 4 - 2 + 3 = 5 \text{ м}.$$

3. Проверяем условие (2.26)

$$0,5 \leq \frac{3}{5} = 0,6 \leq 1,5.$$

Условие выполняется.

4. Определяем допустимую скорость воздуха в точке входа оси струи в рабочую зону $v_x^{\text{доп}}$ по формуле (2.1)

$$v_x^{\text{доп}} = 1,4 \cdot 0,2 = 0,28 \text{ м/с.}$$

5. Определяем допустимую температуру воздуха в точке входа струи в рабочую зону $t_x^{\text{доп}}$ по формуле (2.2)

$$t_x^{\text{доп}} = 18 - 2 = 16 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

6. Определяем расход воздуха через один воздухораспределитель по формуле (2.8)

$$L_{\text{вр}} = \frac{1500}{3} = 500 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

7. По табл. 2.7 определяем коэффициент стеснения струи $k_{\text{ст}} = 0,82$, при условии

$$\frac{4-2}{\sqrt{36}} = 0,3.$$

8. Определяем требуемую площадь живого сечения воздухораспределителя A_o , по формуле (2.27)

$$A_o = \left(\frac{500 \cdot 2,2 \cdot 0,82}{3600 \cdot 0,28 \cdot 5} \right)^2 = 0,032 \text{ м}^2.$$

9. По прил. 1 подбираем решетку типа 4АПН 450×300 с $A_o = 0,04 \text{ м}^2$.

10. Вычисляем фактическую скорость выхода воздуха из воздухораспределителя по формуле (2.28)

$$v_o = \frac{500}{3600 \cdot 0,04} = 3,5 \text{ м/с.}$$

11. Далее вычисляем:

– геометрическую характеристику струи по формуле (2.10)

$$H = 5,45 \frac{2,2 \cdot 3,5 \cdot \sqrt[4]{0,04}}{\sqrt{1,6 \cdot 2}} = 10,5 \text{ м;}$$

– фактическую протяженность безотрывного течения по формуле (2.29)

$$x_{\text{отр}} = 0,4 \cdot 10,5 = 4,2 \text{ м.}$$

Так как $x_{отр} = 4,2 \geq \ell = 3$, определяем:

– коэффициент неизотермичности по формуле (2.30)

$$k_{из} = \sqrt[3]{1 - \frac{3}{2} \left(\frac{5}{10,5} \right)} = 0,7;$$

– коэффициент взаимодействия принимаем равным $k_{вз} = 1$.

– максимальную скорость воздуха по формуле (2.12)

$$v_{x, \max} = \frac{1,6 \cdot 3,5 \cdot \sqrt{0,04}}{5} \cdot 0,7 \cdot 0,82 = 0,13 \text{ м/с} \leq v_x^{\text{доп}} = 0,28 \text{ м/с};$$

– максимальную разность температуры воздуха в помещении и на оси струи по формуле

$$\Delta t_{x, \max} = \frac{1,6 \cdot 3,5 \cdot \sqrt{0,04}}{5} \cdot \frac{1}{0,7 \cdot 0,82} = 0,4 \leq \Delta t = 2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Условия выполняются.

Окончательно принимаем воздухораспределители типа 4АПН 450×300 в количестве 3 шт.

2.3.4. Подача воздуха компактной асимметричной струей

Расчет компактной асимметричной струи выполняется аналогично с веерной струей, но без расчета $x_{отр}$.

В этом случае изменяются:

– расчетная длина траектории струи будет равна, м

$$x = h_{\Pi} - h_{pz}; \quad (2.32)$$

– коэффициент стеснения струи принимают по табл. 2.8

Т а б л и ц а 2 . 8

Значения коэффициента стеснения $k_{ст}$

$\frac{h - h_{pz}}{\sqrt{F_{pz}}}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$k_{ст}$	1	1	1	0,94	0,76	0,56

Рекомендуемые воздухораспределители и их аэродинамические характеристики представлены в табл. 2.9.

Т а б л и ц а 2 . 9

Рекомендуемые воздухораспределители и их аэродинамические характеристики

Тип воздухораспределителя	Регулирование	m	n
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha_1=0^\circ$	6,0	5,1
	$\alpha_1=30^\circ$	3,9	3,3
	$\alpha_1=45^\circ$	3,6	3,0
	$\alpha_1=60^\circ$	3,3	2,8
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1=\alpha_2=0^\circ$	6,0	5,1
	$\alpha_1=\alpha_2=30^\circ$	3,3	2,8
	$\alpha_1=\alpha_2=45^\circ$	3,0	2,6
	$\alpha_1=\alpha_2=60^\circ$	2,6	2,0
ДПУ-М	$b=0,2A$	1,5	1,3

Контрольные вопросы

1. Что необходимо учитывать при выборе схемы организации воздухообмена и способе распределения воздуха?
2. Каким образом осуществляется подача воздуха в помещение? При помощи каких устройств? Где они могут располагаться?
3. В чем основное назначение приточных струй? Какими они могут быть? В чем их особенности?
4. Каковы рекомендуемые схемы воздухораспределения?

3. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОЗДУХОВОДОВ

Аэродинамический расчет воздуховодов обычно сводится к определению размеров их поперечного сечения [3, 18, 19, 20, 21, 22, 23], а также потерь давления на отдельных участках и в системе в целом.

Расчет систем вентиляции выполняют после расчета воздухообмена в помещениях и решения по трассировке воздуховодов и каналов. Для проведения аэродинамического расчета вычерчивают аксонометрическую схему системы вентиляции, по которой определяют протяженность отдельных ее ветвей и размещают элементы сети.

Намечается основное расчетное направление, представляющее собой цепочку последовательно расположенных участков от начала системы до наиболее удаленного ответвления. При наличии нескольких цепочек, одинаковых по протяженности, за магистральное направление принимается наиболее нагруженная ветка (имеющая больший расход).

Потери давления в системе равны потерям давления на всех последовательно расположенных участках, составляющих цепь, и потерь давления в вентиляционном оборудовании (калориферах, фильтрах и пр.).

3.1. Аэродинамический расчет систем вентиляции с механическим побуждением движения воздуха

Расчет состоит из двух этапов: расчета участков основного направления и увязки всех остальных участков системы. Рассмотрим последовательность аэродинамического расчета.

1. Систему разбивают на отдельные участки и определяют расход воздуха на каждом из них. За расчетный участок принимают часть сети, где постоянны расход воздуха L , сечение (d , $a \times b$) и материал воздуховода (т.е. шероховатость стенок). Значения расходов, длину каждого участка наносят на аксонометрическую схему.

2. Выявляют наиболее протяженную цепочку последовательно расположенных расчетных участков. Фиксируют оборудование и устройства, в которых происходят потери давления: жалюзийные решетки, противопожарные клапаны и др.

3. Участки основного направления нумеруют.

Далее весь расчет сводится в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Аэродинамический расчет воздуховодов

1	Номер участка	2	Расход воздуха L , м ³ /ч	3	Длина участка ℓ , м	4	Размеры воздуховодов			8	Скорость движения воздуха v , м/с	9	Удельные потери на трение R , Па/м	10	Поправка на шероховатость $\beta_{ш}$	11	Потери на трение на участке $R\ell\beta_{ш}$, Па	12	Сумма коэффициентов местных сопротивлений, $\Sigma\zeta$	13	Динамическое давление P_d , Па	14	Потери на местные сопротивления Z , Па	15	Потери давления на участке $R\ell\beta_{ш} + Z$, Па
						Круглых d , мм	прямоугольных																		
						f_m , м ²	$a \times b$, мм	$d_{эк}$, мм																	

Заполнение таблицы производится следующим образом (по графам):

Графа 1. Ставится номер участка.

Графа 2. Записываются расходы воздуха на участках. Расходы воздуха определяют суммированием расходов на отдельных ответвлениях, начиная с крайних участков.

Графа 3. Записываются длины участков.

Графы 4,5,6,7. Определяют площадь поперечного сечения расчетного участка f_p , м², по формуле

$$f_p = \frac{L_{уч}}{3600 \cdot v_{рек}}, \quad (3.1)$$

где $L_{уч}$ – расчетный расход воздуха на участке, м³/ч;

$v_{рек}$ – рекомендуемая скорость движения воздуха на участке, м/с, исходя из экономичности и бесшумности, принимается по работе [18], (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Рекомендуемые скорости движения воздуха v , м/с,
допускаемые в воздуховодах приточных и вытяжных систем
в общественных зданиях

Элемент системы	Скорость воздуха, м/с	
	естественное движение воздуха	механическое движение воздуха
Магистральные каналы	не более 1,5	до 8
Ответвления	0,5–1	до 5

В зависимости от f_p по табл. 3.3–3.5 подбирают стандартные размеры воздуховодов или каналов так, чтобы фактическая площадь поперечного сечения была близка к расчетной $f_\phi \approx f_p$.

Результатом расчета являются величины d (для воздуховодов круглого сечения) или $a \times b$ (для воздуховодов прямоугольного сечения), соответствующие принятой площади поперечного сечения.

Т а б л и ц а 3 . 3

Нормируемые размеры круглых воздуховодов из листовой стали

d , мм	Площадь поперечного сечения, м ²	d , мм	Площадь поперечного сечения, м ²	d , мм	Площадь поперечного сечения, м ²
100	0,0079	400	0,126	900	0,635
125	0,0123	450	0,159	1000	0,785
160	0,02	500	0,196	1120	0,985
200	0,0314	560	0,246	1250	1,23
250	0,049	630	0,312	1400	1,54
315	0,0615	710	0,396	1600	2,01
355	0,099	800	0,501	1800	2,54

Т а б л и ц а 3 . 4

Нормируемые размеры прямоугольных воздуховодов

Внутренний размер, $a \times b$, мм	Площадь поперечного сечения, м ²	Внутренний размер, $a \times b$, мм	Площадь поперечного сечения, м ²	Внутренний размер, $a \times b$, мм	Площадь поперечного сечения, м ²
100×150	0,015	300×400	0,12	600×800	0,48
100×200	0,02	300×500	0,15	600×1000	0,6
100×250	0,025	300×600	0,18	600×1200	0,72
150×150	0,0225	300×800	0,24	600×1600	0,96
150×200	0,03	300×1000	0,3	600×2000	1,2
150×250	0,0375	400×400	0,16	800×800	0,64
150×300	0,045	400×500	0,2	800×1000	0,8
200×200	0,04	400×600	0,24	800×1200	0,96
200×250	0,05	400×800	0,32	800×1600	1,28
200×300	0,06	400×1000	0,4	800×2000	1,6
200×400	0,08	400×1200	0,48	1000×1000	1,0
200×500	0,1	500×500	0,25	1000×1600	1,6
250×250	0,0625	500×600	0,3	1000×2000	2,0
250×300	0,075	500×800	0,4	1200×1200	1,44
250×400	0,1	500×1000	0,5	1200×1600	1,92
250×500	0,125	500×1200	0,6	1200×2000	2,4
250×600	0,15	500×1600	0,8	1600×1600	2,56
250×800	0,2	500×2000	1	1600×2000	3,2
300×300	0,9	600×600	0,36		

Т а б л и ц а 3.5

Размеры каналов из кирпича

Размеры		Площадь поперечного сечения, м ²	Размеры		Площадь поперечного сечения, м ²
в кирпичах	в мм		в кирпичах	в мм	
1/2 × 1/2	140 × 140	0,02	1 1/2 × 1 1/2	400 × 400	0,16
1/2 × 1	140 × 270	0,038	1 1/2 × 2	400 × 530	0,21
1 × 1	270 × 270	0,073	1 1/2 × 2 1/2	400 × 650	0,26
1 × 1 1/2	270 × 400	0,111	1 1/2 × 3	400 × 790	0,32
1 × 2	270 × 530	0,143	2 × 2	530 × 530	0,28

Для прямоугольных воздуховодов за расчетную величину d принимается эквивалентный диаметр $d_{\text{эк}}$, при котором потери давления в круглом воздуховоде при той же скорости воздуха равны потерям в прямоугольном воздуховоде.

Значения эквивалентных диаметров, мм, определяются по формуле

$$d_{\text{эк}} = \frac{2 \cdot a \cdot b}{(a + b)}, \quad (3.2)$$

где a и b – размеры сторон прямоугольного воздуховода, мм.

Следует иметь в виду, что в прямоугольном воздуховоде и соответствующем ему круглом воздуховоде с условным диаметром $d_{\text{эк}}$ при равенстве скоростей движения воздуха расходы воздуха не совпадают.

Графа 8. Уточняют фактическую скорость движения воздуха на участке по формуле

$$v = \frac{L_{\text{уч}}}{3600 \cdot f_{\phi}}. \quad (3.3)$$

Графы 9, 13. Удельные потери на трение и динамическое давление P_d определяют по работе [18], (прил. 2) в зависимости от $d_{\text{эк}}$, v и $L_{\text{уч}}$.

Графа 10. Для воздуховодов, выполненных из других материалов с абсолютной эквивалентной шероховатостью $K \geq 0,1$, мм, (табл. 3.6) принимается поправочный коэффициент $\beta_{\text{ш}}$ на потери давления на трение, приведенный в табл. 3.7.

Т а б л и ц а 3.6

Абсолютная эквивалентная шероховатость стенок воздуховодов K , мм, изготовленных из различных материалов

Материал стенок воздуховодов	K , мм
Листовая сталь	0,1
Шлакобетонные плиты	1,5
Винипласт	0,1
Кирпичная кладка (каналы в стене)	5,0–10,0
Резиновые рукава	0,006–0,01

Т а б л и ц а 3 . 7

Поправочный коэффициент $\beta_{ш}$ для расчета воздухопроводов
с различной шероховатостью стенок K , мм,
при различных скоростях движения воздуха в сечении v , м/с

v , м/с	$\beta_{ш}$							
	$K=0,1$	$K=0,2$	$K=0,5$	$K=2,0$	$K=5,0$	$K=10,0$	$K=15,0$	$K=20,0$
0,3	0,996	1,005	1,019	1,082	1,183	1,309	1,407	1,488
0,5	0,993	1,008	1,031	1,127	1,126	1,413	1,552	1,650
1,0	0,986	1,015	1,057	1,216	1,420	1,637	1,792	1,915
2,5	0,966	1,034	1,120	1,388	1,682	1,973	2,173	2,329
3,0	0,960	1,039	1,136	1,429	1,740	2,045	2,254	2,418
5,0	0,938	1,057	1,189	1,549	1,908	2,253	2,487	2,669
10,0	0,894	1,088	1,270	1,712	2,130	2,524	2,790	2,996
15,0	0,861	1,107	1,316	1,800	2,247	2,666	2,948	3,166

Графа 11. Потери давления на трение на участке определяют путем перемножения граф 3, 9, 10.

Графа 12. В местах поворота воздуховода, при делении потока и слиянии потоков в тройниках, при изменении размеров воздуховода (расширение – в диффузоре, сужение – в конфузоре), при входе в воздуховод или канал и выходе из него, а также в местах установки регулирующих устройств (дросселей, шиберов, диафрагм) наблюдается падение давления в потоке перемещающегося воздуха.

Для получения значений графы 12 составляют ведомость местных сопротивлений, в которой определяют значения коэффициентов всех местных сопротивлений участков ζ по работе [18], (прил. 3). Коэффициент ζ относится к наибольшей скорости в суженном сечении участка или скорости в сечении участка с меньшим расходом (в тройнике). В таблицах коэффициентов местных сопротивлений указано, к какой скорости относится ζ . В отдельных случаях коэффициент местного сопротивления имеет отрицательное значение, при расчетах это следует учитывать.

Графа 14. Потери давления в местных сопротивлениях участка Z , Па, определяют по формуле

$$Z = \sum \zeta \cdot P_d, \quad (3.4)$$

где $\sum \zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке (см. табл. 3.1, графу 12).

Графа 15. Общие потери давления на участке определяют путем сложения графы 11 и графы 14.

Общие потери давления в системе ΔP_{Π} , Па, определяют по формуле

$$\Delta P_{\Pi} = \sum_{i=1}^N (R\beta_{\text{ш}} \ell + Z), \quad (3.5)$$

где $1 \dots N$ – номера участков основного направления.

Увязку всех остальных участков системы проводят, начиная с самых протяженных ответвлений. Методика увязки ответвлений аналогична расчету участков основного направления. Разница состоит лишь в том, что при увязке каждого ответвления известны потери в нем. Для расчета ответвлений применяют способ последовательного подбора. Размеры сечений ответвлений считаются подобранными, если относительная невязка потерь не превышает 10 % [18]

$$\frac{(R\beta_{\text{ш}} \ell + Z)_{\text{уч.о.н}} - (R\beta_{\text{ш}} \ell + Z)_{\text{отв}}}{(R\beta_{\text{ш}} \ell + Z)_{\text{уч.о.н}}} \cdot 100 \% \leq 10 \%, \quad (3.6)$$

где $(R\beta_{\text{ш}} \ell + Z)_{\text{уч.о.н}}$ – потери давления на участках основного направления, Па;

$(R\beta_{\text{ш}} \ell + Z)_{\text{отв}}$ – потери давления в ответвлении, Па.

В случае невыполнения условия (3.6) на ответвлении устанавливают диафрагму. При расчете диафрагмы необходимо обеспечивать условие, чтобы потери давления в диафрагме при соответствующей скорости воздуха в воздуховоде были равны избыточному давлению, которое требуется погасить на данном ответвлении сети.

Расчет и подбор диафрагмы выполняют в такой последовательности.

1. Определяют избыточное давление, Па, которое необходимо погасить по формуле

$$P_{\text{изб}} = (R\beta_{\text{ш}} \ell + Z)_{\text{уч.о.н}} - (R\beta_{\text{ш}} \ell + Z)_{\text{отв}}. \quad (3.7)$$

2. По работе [18] или прил. 3 определяем скоростное давление P_c в воздуховоде соответствующее скорости воздуха v .

3. Определяют коэффициент местного сопротивления диафрагмы по формуле

$$\zeta = \frac{P_{\text{изб}}}{P_c}. \quad (3.8)$$

4. По работе [18], (прил. 4) подбирают сечение диафрагмы.

Пример 3.1

Выполнить аэродинамический расчет приточной системы вентиляции (П1) с механическим побуждением движения воздуха. Величины расходов воздуха L , м³/ч, и длин ℓ , м, участков представлены на схеме (рис. 3.1). В качестве воздухораспределителя установлены решетки типа АМН.

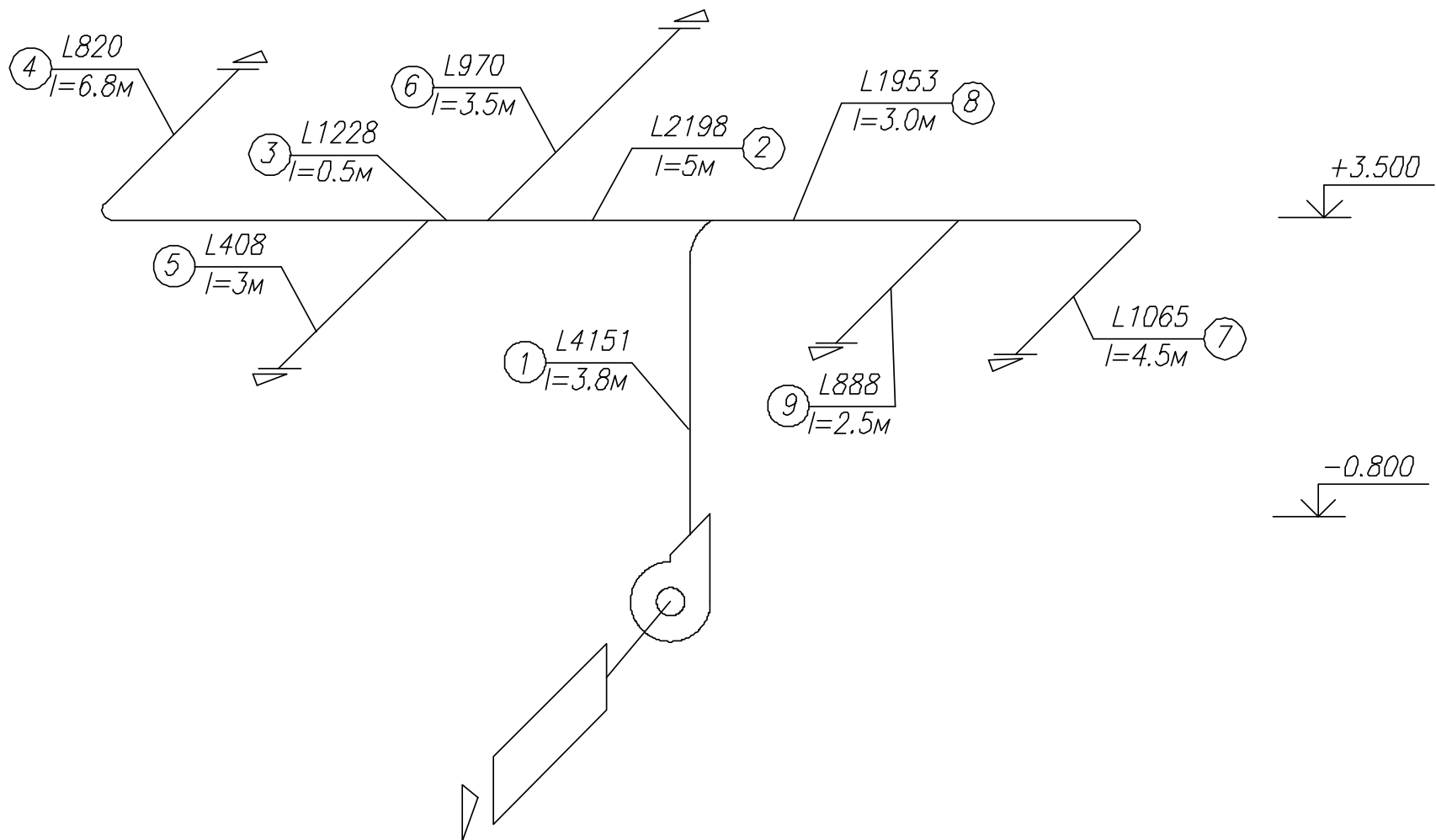


Рис. 3.1. Расчетная схема системы П1

Порядок расчета

1. Сначала заносят в табл. 3.8 номера участков (графа 1) и длины участков (графа 3) основного направления движения воздуха, а затем параллельных участков, оставляя свободное место для вычисления невязок потерь давления.

2. Определяем расходы воздуха на участках (графа 2):

$$1\text{-й участок } L_1 = L_2 + L_8 = 2198 + 1953 = 4151 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$2\text{-й участок } L_2 = L_3 + L_6 = 1228 + 970 = 2198 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$3\text{-й участок } L_3 = L_4 + L_5 = 820 + 408 = 1228 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$4\text{-й участок } L_4 = 820 \text{ м}^3/\text{ч}, 5 \text{ участок } L_5 = 408 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$6\text{-й участок } L_6 = 970 \text{ м}^3/\text{ч}, 7 \text{ участок } L_7 = 1065 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$8\text{-й участок } L_8 = L_7 + L_9 = 1065 + 888 = 1953 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$9\text{-й участок } L_9 = 888 \text{ м}^3/\text{ч},$$

3. Задавшись скоростью воздуха по табл. 3.2, по формуле (3.1) определяем живое сечение воздухопровода и по табл. 3.4 подбираем стандартное сечение прямоугольного воздухопровода. Данные заносят в графы 5 и 6

$$f_{P1} = \frac{4151}{3600 \cdot 8} = 0,144 \text{ м}^2, \text{ тогда } f_{\Phi} = 0,15 \text{ м}^2,$$

$$f_{P2} = \frac{2198}{3600 \cdot 7} = 0,087 \text{ м}^2, \text{ тогда } f_{\Phi} = 0,1 \text{ м}^2,$$

$$f_{P3} = \frac{1228}{3600 \cdot 6} = 0,057 \text{ м}^2, \text{ тогда } f_{\Phi} = 0,06 \text{ м}^2,$$

$$f_{P4} = \frac{820}{3600 \cdot 5} = 0,046 \text{ м}^2, \text{ тогда } f_{\Phi} = 0,05 \text{ м}^2,$$

$$f_{P5} = \frac{408}{3600 \cdot 5} = 0,023 \text{ м}^2, \text{ тогда } f_{\Phi} = 0,0375 \text{ м}^2,$$

$$f_{P6} = \frac{970}{3600 \cdot 5} = 0,054 \text{ м}^2, \text{ тогда } f_{\Phi} = 0,06 \text{ м}^2,$$

$$f_{P7} = \frac{1065}{3600 \cdot 5} = 0,059 \text{ м}^2, \text{ тогда } f_{\Phi} = 0,06 \text{ м}^2,$$

$$f_{P8} = \frac{1953}{3600 \cdot 6} = 0,09 \text{ м}^2, \text{ тогда } f_{\Phi} = 0,1 \text{ м}^2,$$

$$f_{P9} = \frac{888}{3600 \cdot 5} = 0,049 \text{ м}^2, \text{ тогда } f_{\Phi} = 0,05 \text{ м}^2.$$

Т а б л и ц а 3 . 8

Аэродинамический расчет системы П1

Номер участка	Расход воздуха L , м ³ /ч	Длина участка ℓ , м	Размеры воздуховодов				Скорость движения воздуха v , м/с	Удельные потери на трение R , Па/м	Поправка на шероховатость $\beta_{ш}$	Потери на трение на участке $R\ell\beta_{ш}$, Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений, $\Sigma\zeta$	Динамическое давление P_d , Па	Потери на местные сопротивления Z , Па	Потери давления нВ участке $R\ell\beta_{ш} + Z$, Па
			Круглых d , мм	прямоугольных										
				f_T , м ²	$A \times B$, мм	$d_{эк}$, мм								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4151	3,8	-	0,15	600×250	355	7,7	1,764	0,938	6,3	0,79	34,6	27,3	33,6
2	2198	5,0	-	0,1	400×250	315	6,1	1,333	0,938	6,3	1	22,34	22,3	28,6
3	1228	0,5	-	0,06	300×200	250	5,7	1,568	0,938	0,7	0,3	19,5	5,9	6,6
4	820	6,8	-	0,05	250×200	225	4,6	1,205	0,96	7,9	2,66	12,64	33,6	41,5
														Σ110,3
5	408	3,0	-	0,0375	250×450	200	3,0	0,892	0,96	2,6	4,4	7,77	34,2	36,8
6	970	3,5	-	0,06	300×200	250	4,5	1,019	0,96	3,4	3,3	12,15	40,1	43,4
7	1065	4,5	-	0,06	300×200	250	4,9	1,186	0,96	5,1	2,93	14,41	42,2	47,3
8	1953	3,0	-	0,1	400×250	315	5,4	1,058	0,938	3,0	1	17,44	17,4	20,4
9	888	2,5	-	0,05	250×200	225	4,9	1,186	0,96	2,9	2,7	14,41	38,2	41,1

4. Далее уточняем скорость движения воздуха в стандартном сечении по формуле (3.3) и данные заносим в графу 8

$$v_1 = \frac{820}{3600 \cdot 0,05} = 4,6 \text{ м/с}, \quad v_2 = \frac{1228}{3600 \cdot 0,06} = 5,7 \text{ м/с},$$

$$v_3 = \frac{2198}{3600 \cdot 0,1} = 6,1 \text{ м/с}, \quad v_4 = \frac{4151}{3600 \cdot 0,15} = 7,7 \text{ м/с},$$

$$v_5 = \frac{408}{3600 \cdot 0,0375} = 3,0 \text{ м/с}, \quad v_6 = \frac{970}{3600 \cdot 0,06} = 4,5 \text{ м/с},$$

$$v_7 = \frac{1065}{3600 \cdot 0,06} = 4,9 \text{ м/с}, \quad v_8 = \frac{1953}{3600 \cdot 0,1} = 5,4 \text{ м/с},$$

$$v_9 = \frac{888}{3600 \cdot 0,05} = 4,9 \text{ м/с}.$$

5. Определяем значения эквивалентных диаметров по формуле (3.2) и данные заносим в графу 7

$$d_{\text{эк}} = \frac{2 \cdot 250 \cdot 150}{(250 + 150)} = 188 \approx 200 \text{ мм}, \quad d_{\text{эк}} = \frac{2 \cdot 250 \cdot 200}{(250 + 200)} = 222 \approx 225 \text{ мм},$$

$$d_{\text{эк}} = \frac{2 \cdot 300 \cdot 200}{(300 + 200)} = 240 \approx 250 \text{ мм}, \quad d_{\text{эк}} = \frac{2 \cdot 400 \cdot 250}{(400 + 250)} = 308 \approx 315 \text{ мм},$$

$$d_{\text{эк}} = \frac{2 \cdot 600 \cdot 250}{(600 + 250)} = 353 \approx 355 \text{ мм}.$$

6. По прил. 2 в зависимости от $d_{\text{эк}}$, v , L определяем удельные потери на трение R и динамическое давление P_d . Данные заносим в графы 9 и 13.

7. По табл. 3.6 и 3.7 принимаем поправочный коэффициент $\beta_{\text{ш}}$ на потери давления на трение для воздухопроводов из листовой стали.

8. Определяем потери давления на трение на участке (графа 11) путем перемножения граф 3, 9, 10.

9. Для получения значений графы 12 составляем ведомость местных сопротивлений, в которой определяем значения коэффициентов всех местных сопротивлений участков ζ по прил. 3.

Ведомость местных сопротивлений

1 участок

Отвод 90°

$$\zeta = 0,59$$

Диффузор пирамидальный (табл. ПЗ.11)

$$\zeta = 0,2$$

$$\Sigma \zeta = 0,79$$

2 участок

Тройник на ответвление (табл. ПЗ.9)

$$\zeta = 1$$

$$L_o / L_c = 1953 / 4151 = 0,5$$

$$f_o / f_c = 0,1 / 0,15 = 0,7$$

3 участок

Тройник на проход

$$\zeta = 0,3$$

$$L_o / L_c = 970 / 2198 = 0,4$$

$$f_n / f_c = 0,06 / 0,1 = 0,6$$

4 участок

Решетка вентиляционная (табл. ПЗ.1)

$$\zeta = 2,2$$

Отвод 90° (табл. ПЗ.10)

$$\zeta = 0,26$$

Тройник на проход (табл. ПЗ.8)

$$\zeta = 0,2$$

$$L_o / L_c = 408 / 1228 = 0,3$$

$$f_n / f_c = 0,05 / 0,06 = 0,8$$

$$\Sigma \zeta = 2,66$$

5 участок

Решетка вентиляционная

$$\zeta = 2,2$$

Тройник на ответвление

$$\zeta = 2,2$$

$$L_o / L_c = 408 / 1228 = 0,3$$

$$f_o / f_c = 0,0375 / 0,06 = 0,6$$

$$\Sigma \zeta = 4,4$$

6 участок

Решетка вентиляционная

$$\zeta = 2,2$$

Тройник на ответвление

$$\zeta = 1,1$$

$$L_o / L_c = 970 / 2198 = 0,4$$

$$f_o / f_c = 0,06 / 0,1 = 0,6$$

$$\Sigma \zeta = 3,3$$

7 участок

Решетка вентиляционная

$$\zeta = 2,2$$

Отвод 90°

$$\zeta = 0,33$$

Тройник на проход

$$\zeta = 0,4$$

$$L_o / L_c = 888 / 1953 = 0,5$$

$$f_n / f_c = 0,05 / 0,1 = 0,5$$

$$\Sigma \zeta = 2,93$$

8 участок

Тройник на ответвление

$$\zeta = 1$$

$$L_o / L_c = 1953 / 4151 = 0,5$$

$$f_o / f_c = 0,1 / 0,15 = 0,7$$

9 участок

Решетка вентиляционная

$$\zeta = 2,2$$

Тройник на ответвление

$$\zeta = 0,45$$

$$L_o / L_c = 888 / 1953 = 0,5$$

$$f_o / f_c = 0,05 / 0,1 = 0,5$$

$$\Sigma \zeta = 2,65$$

10. Определяем потери давления в местных сопротивлениях по формуле (3.4) и данные заносим в графу 14.

11. Определяем общие потери давления на участке путем сложения графы 11 и графы 14.

12. Определяем общие потери давления в системе по формуле (3.5).

13. После заполнения всех граф определяем величины невязок потерь давления по формуле (3.6).

Производим увязку ответвления и магистрали:

– участки 4 и 5

$$\frac{41,5 - 36,8}{41,5} \cdot 100 \% = 11 > 10 \%.$$

Так как невязка на 4 и 5 участках составляет 11 %, что больше 10 %, то устанавливаем диафрагму на участке 5. Определяем избыточное давление, которое необходимо погасить по формуле (3.7)

$$P_{изб} = 41,3 - 36,8 = 4,7 \text{ Па}.$$

Определяем коэффициент местного сопротивления диафрагмы по формуле (3.8)

$$\zeta = \frac{P}{P_c} = \frac{4,7}{7,77} = 0,6.$$

По прил. 4 подбираем сечение диафрагмы – 225×125.

Увязываем участки 3, 4 и 6

$$\frac{(41,5 + 6,6) - 43,4}{(41,5 + 6,6)} \cdot 100 \% = 9,8 \leq 10 \%.$$

Так как невязка на 3, 4 и 6 участках составляет 9,8 %, что меньше 10 %, то устанавливать диафрагму не нужно.

Увязываем участки 7 и 9

$$\frac{47,3 - 41,1}{47,3} \cdot 100 \% = 13,1 > 10 \%$$

Так как невязка на 7 и 9 участках составляет 13,1 %, что больше 10 %, то устанавливаем диафрагму на участке 9. Определяем избыточное давление, которое необходимо погасить

$$P_{\text{изб}} = 47,3 - 41,1 = 6,2 \text{ Па}.$$

Определяем коэффициент местного сопротивления диафрагмы

$$\zeta = \frac{P}{P_c} = \frac{6,2}{14,41} = 0,4.$$

По прил. 4 подбираем сечение диафрагмы – 230×130.

Увязываем участки 2–4 и 7, 8

$$\frac{(41,5 + 6,6 + 28,6) - (47,3 + 20,4)}{(41,5 + 6,6 + 28,6)} \cdot 100 \% = 18,7 > 10 \%$$

Так как невязка на 1–3 и 7, 8 участках составляет 18,7 %, что больше 10 %, то устанавливаем диафрагму на участке 8. Определяем избыточное давление, которое необходимо погасить

$$P_{\text{изб}} = 76,8 - 67,7 = 9 \text{ Па}.$$

Определяем коэффициент местного сопротивления диафрагмы

$$\zeta = \frac{P}{P_c} = \frac{9}{17,44} = 0,6.$$

По прил. 4 подбираем сечение диафрагмы – 359×209.

Пример 3.2

Выполнить аэродинамический расчет вытяжной системы вентиляции (В1) с механическим побуждением движения воздуха. Величины расходов воздуха L , м³/ч, и длин ℓ , м, участков представлены на схеме (рис. 3.2). В системе использованы воздухозаборные решетки типа РВ (250×250).

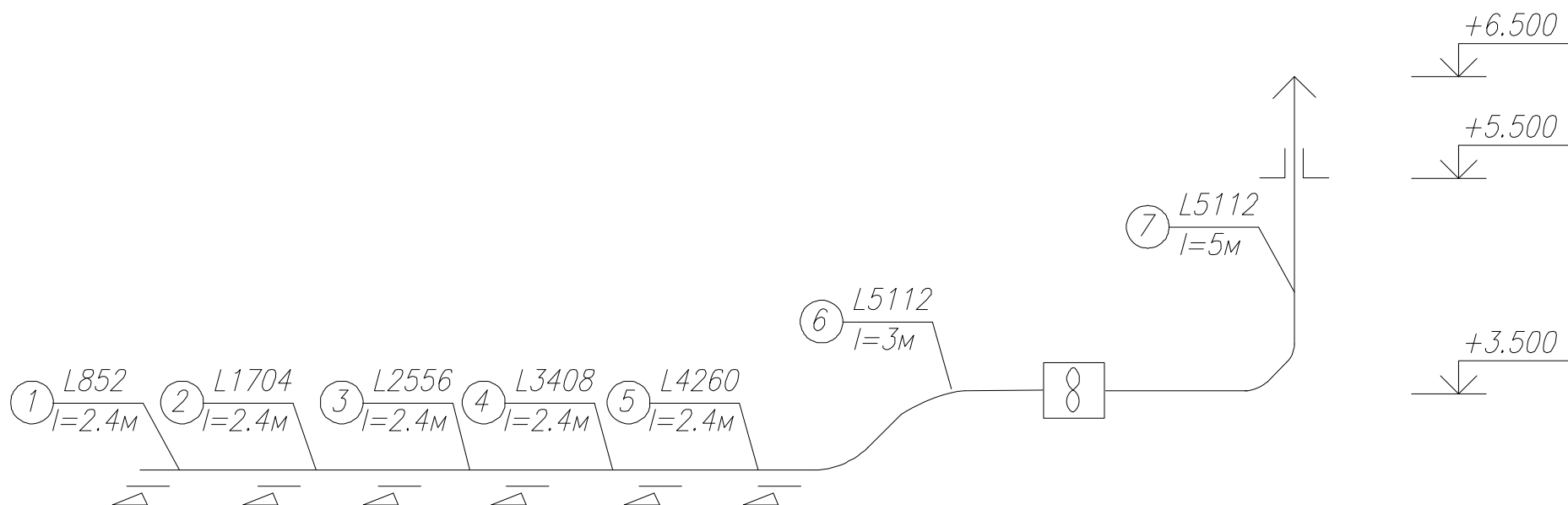


Рис. 3.2. Расчетная схема системы В1

Порядок расчета

Аэродинамический расчет сети воздуховодов системы В1 производим аналогично расчету приточной системы П1.

Ведомость местных сопротивлений

1 участок

Первое боковое отверстие (табл. ПЗ.1)

$\zeta=2,2$

$$F_{\text{отв}} / F_0 = 0,062 / 0,0625 = 1$$

2 участок

Среднее боковое отверстие (табл. ПЗ.1)

$\zeta=0,3$

$$F_{\text{отв}} / F_1 = 0,062 / 0,125 = 0,5$$

$$L_{\text{отв}} / L_2 = 852 / 1704 = 0,5$$

3 участок

Среднее боковое отверстие (проход)

$\zeta=0,4$

$$F_{\text{отв}} / F_1 = 0,062 / 0,125 = 0,5$$

$$L_{\text{отв}} / L_2 = 852 / 2556 = 0,3$$

4 участок

Среднее боковое отверстие (проход)

$\zeta=0,4$

$$F_{\text{отв}} / F_1 = 0,062 / 0,125 = 0,5$$

$$L_{\text{отв}} / L_2 = 852 / 3408 = 0,3$$

5 участок

Среднее боковое отверстие (проход)

$\zeta=0,3$

$$F_{\text{отв}} / F_1 = 0,062 / 0,15 = 0,4$$

$$L_{\text{отв}} / L_2 = 852 / 4260 = 0,2$$

6 участок

Среднее боковое отверстие (проход)

$\zeta=0,3$

$$F_{\text{отв}} / F_1 = 0,062 / 0,18 = 0,4$$

$$L_{\text{отв}} / L_2 = 852 / 5112 = 0,2$$

Отвод 90°(табл. ПЗ.7)

$\zeta=0,32$

7 участок

Отвод 90°

$\zeta=0,21$

Зонт (табл. ПЗ.3)

$\zeta=1,3$

$\Sigma\zeta=1,51$

Таблица 3.9

Аэродинамический расчет системы В1

Номер участка	Расход воздуха L , м ³ /ч	Длина участка ℓ , м	Размеры воздуховодов				Скорость движения воздуха v , м/с	Удельные потери на трение R , Па/м	Поправка на шероховатость $\beta_{ш}$	Потери на трение на участке $R\ell\beta_{ш}$, Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений, $\Sigma\zeta$	Динамическое давление P_d , Па	Потери на местные сопротивления Z , Па	Потери давления нВ участке $R\ell\beta_{ш} + Z$, Па
			круглых d , мм	прямоугольных										
				f_T , м ²	$A \times B$, мм	$d_{эк}$, мм								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	852	2,4	–	0,0625	40×200	250	3,9	0,853	0,938	1,92	2,2	8,65	19,32	21
2	1704	2,4	–	0,1	400×250	315	4,7	0,559	0,894	1,2	0,3	8,65	2,6	4
3	2556	2,4	–	0,125	400×250	315	5,7	1,176	0,894	2,52	0,4	19,5	7,8	10
4	3408	2,4	–	0,15	500×300	400	6,3	1,049	0,894	2,25	0,4	23,81	9,52	12
5	4260	2,4	–	0,18	600×300	400	6,6	1,137	0,894	2,44	0,3	26,07	7,82	10
6	5112	3,0	–	0,18	600×300	400	7,9	1,588	0,894	4,26	0,3	37,44	11,23	16
7	5112	5,0	500	0,196	–	–	7,2	1,009	0,894	4,51	1,51	31,07	46,92	51
														Σ124

3.2. Аэродинамический расчет систем вентиляции с естественным побуждением движения воздуха

В системах с естественным побуждением движения воздуха, в отличие от механических систем вентиляции, сумма потерь давления на участке не должна превышать располагаемого гравитационного давления ΔP , Па, которое определяется по формуле

$$\Delta P_e = gh(\rho_n - \rho_v), \quad (3.9)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

h – вертикальное расстояние от центра вытяжного отверстия до устья вытяжной шахты, м;

ρ_n и ρ_v – плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м^3 .

В общественных зданиях расчет систем естественной вентиляции ведется для температуры наружного воздуха $+5^\circ\text{C}$.

Расчет сети каналов естественной вытяжной вентиляции обычно начинают с ветви, для которой расчетное гравитационное давление имеет наименьшее значение – это каналы из помещений верхнего этажа.

При расчете сети воздухопроводов первоначально производят ориентировочный подбор их сечений, исходя из допустимых скоростей движения воздуха по ним (см. табл. 3.2). Для каналов верхнего этажа можно принять скорость $v = 0,5 \dots 0,8 \text{ м/с}$, в каналах нижнего этажа и сборных каналах на чердаке – 1 м/с , в вытяжной шахте – $1 \dots 1,5 \text{ м/с}$.

Все расчеты сводятся в табл. 3.10.

Т а б л и ц а 3 . 1 0

Аэродинамический расчет воздухопроводов

Номер участка	Расход воздуха L , $\text{м}^3/\text{ч}$	Длина участка ℓ , м	Размеры воздухопроводов			Скорость движения воздуха v , м/с	Удельные потери на трение R , Па/м	Поправка на шероховатость $\beta_{\text{ш}}$	Потери на трение на участке $R\ell\beta_{\text{ш}}$, Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\sum \zeta$	Динамическое давление P_d , Па	Потери на местные сопротивления Z , Па	Потери давления на участке $R\ell\beta_{\text{ш}} + Z$, Па
			f_T , м^2	$a \times b$, мм	$d_{\text{эк}}$, мм								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Пример 3.3

Определить сечения каналов и решеток системы естественной вентиляции, представленной на рис. 3.3. Величины расходов воздуха L , м³/ч, и длин ℓ , м, участков представлены на схеме. В системе использованы воздухозаборные решетки типа АМН (прил. 1).

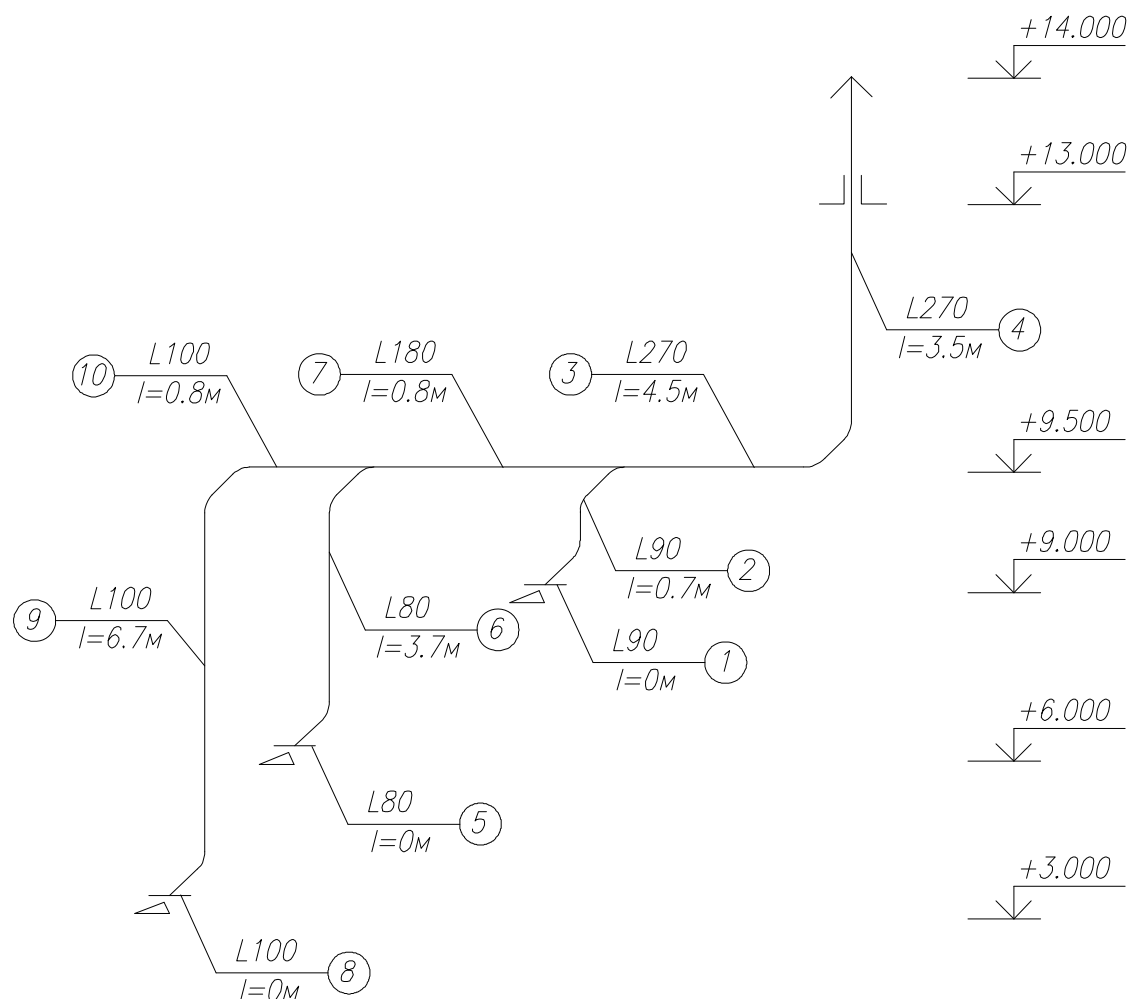


Рис. 3.3. Расчетная схема системы ВЕ1

Порядок расчета

Определяем располагаемое гравитационное давление для каждого этажа по формуле (3.9) при

$$\rho_n = \frac{353}{273 + 5} = 1,27 \text{ кг/м}^3, \quad \rho_v = \frac{353}{273 + 16} = 1,22 \text{ кг/м}^3,$$

$$\text{для 3 этажа } \Delta P_{e3} = 9,81 \cdot 5 \cdot (1,27 - 1,22) = 2,45 \text{ Па},$$

$$\text{для 2 этажа } \Delta P_{e2} = 9,81 \cdot 8 \cdot (1,27 - 1,22) = 3,92 \text{ Па},$$

$$\text{для 1 этажа } \Delta P_{e1} = 9,81 \cdot 11 \cdot (1,27 - 1,22) = 5,39 \text{ Па}.$$

Расчет начинаем с наиболее неблагоприятно расположенного канала, то есть канала, имеющего наименьшее располагаемое давление, наименьшую нагрузку и протяженность. Таким каналом является канал с 3-го этажа.

При рекомендуемой скорости воздуха $v=0,8$ м/с определяем сечение решетки (участок 1) и канала (участок 2) по формуле (3.1)

$$f_p = \frac{90}{3600 \cdot 0,8} = 0,0315 \text{ м}^2.$$

По прил. 1 принимаем решетку типа АМН размером 200×200 мм с площадью живого сечения $f_p = 0,036 \text{ м}^2$ и канал по табл. 3.3 размером (1×1)к = (270×270) мм и с площадью сечения $f_k = 0,073 \text{ м}^2$.

Определяем скорость на участке 1 и 2 по формуле (3.3)

$$v_1 = \frac{90}{3600 \cdot 0,036} = 0,7 \text{ м/с},$$

$$v_2 = \frac{90}{3600 \cdot 0,073} = 0,34 \text{ м/с}.$$

Динамическое давление при скорости $v = 0,7$ м/с определяем по формуле

$$P_d = (v^2/2) \rho = (0,7^2/2) \cdot 1,22 = 0,3 \text{ Па}.$$

Определяем потери давления в решетке по формуле (3.4)

$$Z = 2,2 \cdot 0,3 = 0,66 \text{ Па}.$$

Канал на участке 2 имеет прямоугольное сечение и поэтому для определения потерь давления на трение находим эквивалентный диаметр по формуле (3.2)

$$d_{\text{эк}} = \frac{2 \cdot 270 \cdot 270}{(270 + 270)} = 270 \text{ мм}.$$

По прил. 5 по $d_{\text{эк}}$ и динамическому давлению P_d находим удельные потери $R = 0,014 \text{ Па/м}$.

В кирпичном канале на участке 2, имеющем большую шероховатость, чем стальные воздуховоды, потери на трение при $K_s=5$ (табл. 3.6) и $\beta_{\text{ш}} = 1,42$ (табл. 3.7) составят

$$\beta R \ell = 1,42 \cdot 0,014 \cdot 0,7 = 0,014 \text{ Па}.$$

Расчет на участках 3 и 4 ведется аналогично расчетам на участке 2.

Результаты расчета заносим в табл. 3.11.

Таблица 3.11

Аэродинамический расчет системы ВЕ1

Номер участка	Расход воздуха $L, \text{ м}^3/\text{ч}$	Длина участка $\ell, \text{ м}$	Размеры воздуховодов			Скорость движения воздуха $v, \text{ м/с}$	Удельные потери на трение $R, \text{ Па/м}$	Поправка на шероховатость $\beta_{\text{ш}}$	Потери на трение на участке $R\ell\beta_{\text{ш}}, \text{ Па}$	Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	Динамическое давление $P_d, \text{ Па}$	Потери на местные сопротивления $Z, \text{ Па}$	Потери давления на участке $R\ell\beta_{\text{ш}} + Z, \text{ Па}$
			$f_T, \text{ м}^2$	$A \times B, \text{ мм}$	$d_{\text{эк}}, \text{ мм}$								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3 этаж ($\Delta P_{3\text{эт}} = 2,45 \text{ Па}$)													
1	90	0	0,036	200×200 (1 реш.)	–	0,7	–	–	–	2,2	0,3	0,66	0,66
2	90	0,7	0,073	270×270	270	0,34	0,014	1,42	0,014	3	0,07	0,21	0,22
3	270	4,5	0,111	270×400	322	0,66	0,04	1,42	0,26	1,2	0,27	0,32	0,58
4	270	3,5	0,111	270×400	322	0,66	0,04	1,42	0,2	2,5	0,27	0,68	0,88
													$\Sigma 2,34$
2 этаж ($\Delta P_{p(5+6+7)} = \Delta P_{e2} - \Delta P_{(3+4)\text{уч}} = 3,92 - (0,58 + 0,88) = 2,46 \text{ Па}$)													
5	80	0	0,018	200×100 (1реш.)	-	1,24	-	-	-	2,2	0,94	2,07	2,07
6	80	3,7	0,073	270×270	270	0,3	0,011	1,42	0,06	3,2	0,06	0,19	0,25
7	180	0,8	0,073	270×400	322	0,45	0,018	1,42	0,02	0,6	0,13	0,08	0,1
													$\Sigma 2,33$
1 этаж ($\Delta P_{p(8+9+10)} = \Delta P_{e1} - \Delta P_{(3+4+7)} = 5,39 - (0,58 + 0,88 + 0,1) = 3,83 \text{ Па}$)													
8	100	0	0,018	200×100 (1 реш.)		1,54				2,2	1,45	3,19	3,19
9	100	6,7	0,073	270×270	270	0,38	0,016	1,42	0,15	1,2	0,09	0,11	0,26
10	100	0,8	0,073	270×270	270	0,38	0,06	1,42	0,02	2,85	0,09	0,26	0,28
													$\Sigma 3,73$

Для подсчета коэффициентов местных сопротивлений составляем ведомость местных сопротивлений, предварительно определив размеры сечений остальных участков.

Ведомость местных сопротивлений

1, 5, 8 участки

Решетка (табл. ПЗ.1)

$$\zeta=2,2$$

2 участок

Колено 90°, 2 шт. (табл. ПЗ.1)

$$\zeta = 2 \cdot 1,2 = 2,4$$

Тройник на ответвление (табл. ПЗ.6)

$$\zeta = 0,6$$

$$L_{o2} / L_{c3} = 90 / 270 = 0,33$$

$$f_{o2} / f_{c3} = 0,038 / 0,111 = 0,34$$

$$f_{п7} / f_{c3} = 0,073 / 0,111 = 0,66$$

$$\Sigma \zeta = 3$$

3 участок

Колено 90°

$$\zeta=1,2$$

4 участок

Колено 90°

$$\zeta = 1,2$$

Зонт (табл. ПЗ.1)

$$\zeta = 1,3$$

$$\Sigma \zeta=2,5$$

6 участок

Колено 90°, 2 шт.

$$\zeta = 2 \times 1,2 = 2,4$$

Тройник на ответвление (табл. ПЗ.6)

$$\zeta = 0,8$$

$$L_{o6} / L_{c7} = 80 / 180 = 0,44$$

$$f_{o6} / f_{c7} = 0,038 / 0,073 = 0,52$$

$$f_{п10} / f_{c7} = 0,038 / 0,073 = 0,52$$

$$\Sigma \zeta = 3,2$$

7 участок

Тройник на проход

$$\zeta = 0,6$$

$$L_{o2} / L_{c3} = 90 / 270 = 0,33$$

$$f_{o2} / f_{c3} = 0,038 / 0,111 = 0,34$$

$$f_{п7} / f_{c3} = 0,073 / 0,111 = 0,66$$

9 участок

Колено 90°

$$\zeta = 1,2$$

10 участок

Колено 90°, 2 шт.

$$\zeta=2 \times 1,2 = 2,4$$

Тройник на проход

$$\zeta = 0,45$$

$$L_{o6} / L_{c7} = 80 / 180 = 0,44$$

$$f_{o6} / f_{c7} = 0,038 / 0,073 = 0,52$$

$$f_{п10} / f_{c7} = 0,038 / 0,073 = 0,52$$

$$\Sigma \zeta = 2,85$$

Потери на местные сопротивления Z , Па, определяем по формуле (3.4) и результаты расчетов записываем в табл.3.11 (графа 13).

Определяем общие потери давления на тракте от вытяжной решетки (участок 1) до выхода из шахты (участок 4)

$$\Sigma \Delta P_{(1+2+3+4)} = 2,34 \text{ Па.}$$

Определяем невязку по формуле

$$\frac{\Delta P_e - \Delta P_{\Sigma \text{уч}}}{\Delta P_e} \cdot 100 \% \leq 10 \%, \quad (3.10)$$

$$\frac{\Delta P_{e3} - \Delta P_{\Sigma(1+2+3+4)}}{\Delta P_{e3}} \cdot 100 = \frac{2,45 - 2,34}{2,45} = 4,5\% \leq 10\% \text{ — условие выполняется.}$$

На тракте движения воздуха из помещения 2 этажа до его выхода из шахты участки 3 и 4 уже рассчитаны, поэтому расчетное давление для участков 5, 6, 7 составит

$$\Delta P_{p(5+6+7)} = \Delta P_{e2} - \Delta P_{(3+4)\text{уч}} = 3,92 - (0,58 + 0,88) = 2,46 \text{ Па.}$$

Потери давления на участках 6 и 7 определяем аналогично расчетам на участке 2 и 3 и результаты заносим в табл. 3.11.

На участках 6 и 7 потери давления составили

$$\Delta P_{1(6+7)} = 0,25 + 0,1 = 0,26 \text{ Па.}$$

Следовательно, для полной увязки потерь давления в решетке необходимо израсходовать $\Delta P_{1p} = 2,46 - 0,26 = 2,2$ Па. Зная коэффициент местного сопротивления решетки $\zeta = 2,2$, определяем необходимую скорость в живом сечении решетки и площадь живого сечения решетки

$$v = 2 \cdot \Delta P_p / (\zeta \cdot \rho) = 2 \cdot 2,2 / (2,2 \cdot 1,22) = 1,64 \text{ м/с,}$$

$$f_p = 80 / (3600 \cdot 1,64) = 0,014 \text{ м}^2.$$

По прил. 1 принимаем решетку типа АМН размером 200×100 мм с площадью живого сечения $f_p = 0,018 \text{ м}^2$.

$$v_p = \frac{80}{3600 \cdot 0,018} = 1,24 \text{ м/с.}$$

$$P_d = (v^2 / 2) \rho = (1,24^2 / 2) \cdot 1,22 = 0,94 \text{ Па.}$$

$$Z = 2,2 \cdot 0,94 = 2,07 \text{ Па.}$$

Определяем общие потери давления на участках 5,6,7

$$\sum \Delta P_{(5+6+7)} = 2,33 \text{ Па.}$$

Определяем невязку по формуле (3.8)

$$\frac{\Delta P_{p(5+6+7)} - \sum \Delta P_{(5+6+7)}}{\Delta P_{e3}} \cdot 100 = \frac{2,46 - 2,33}{2,46} = 5,3\% \leq 10\% - \text{условие выполняется.}$$

Расчет участков 8, 9, 10 ведем аналогично и результаты расчета заносим в табл. 3.11.

Пример 3.4

Выполнить аэродинамический расчет системы естественной вентиляции, представленной на рис. 3.4. Величины расходов воздуха L , $\text{м}^3/\text{ч}$, и длин ℓ , м, участков представлены на схеме. Воздуховоды системы выполнены из листовой стали. В системе использованы воздухозаборные решетки типа Р (см. табл. 2.2).

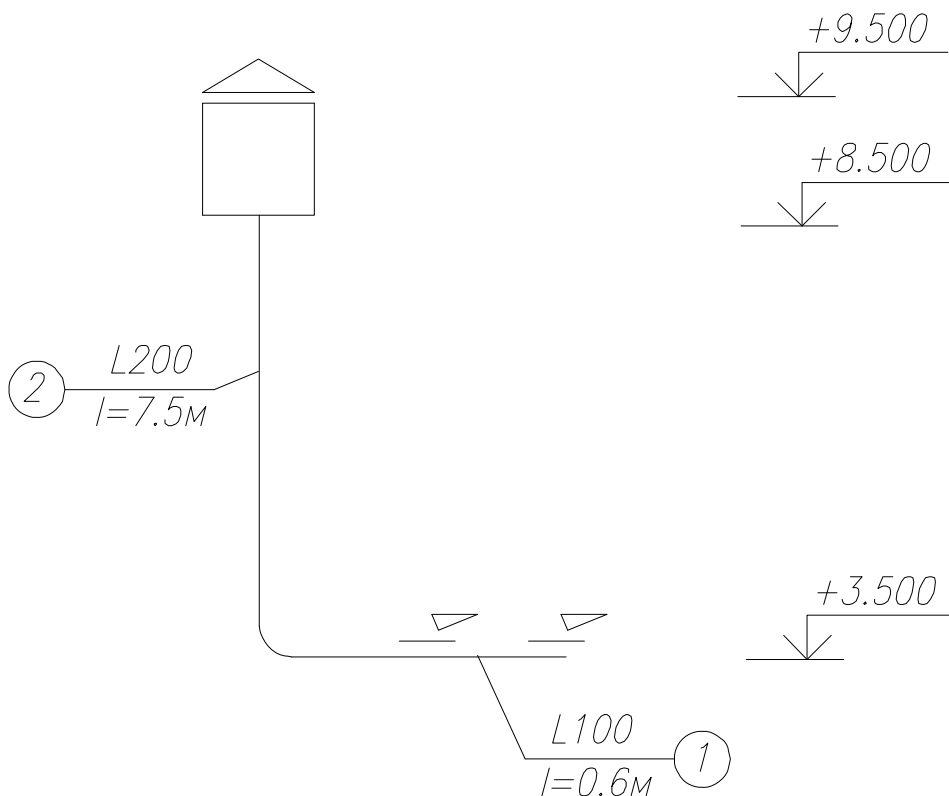


Рис. 3.4. Расчетная схема системы BE2

Порядок расчета

Определяем располагаемое гравитационное давление по формуле (3.7) при

$$\rho_{\text{н}} = \frac{353}{273+5} = 1,27 \text{ кг/м}^3, \quad \rho_{\text{в}} = \frac{353}{273+16} = 1,22 \text{ кг/м}^3;$$

$$\Delta P_e = 9,81 \cdot 6 \cdot (1,27 - 1,22) = 2,94 \text{ Па}.$$

При рекомендуемой скорости воздуха $v=1$ м/с определяем сечение канала по формуле (3.1) и по табл. 3.4

$$f_{\text{P1}} = \frac{100}{3600 \cdot 1} = 0,028 \text{ м}^2, \text{ тогда } f_{\text{ф}} = 0,03 \text{ м}^2,$$

$$f_{\text{P2}} = \frac{200}{3600 \cdot 1} = 0,056 \text{ м}^2, \text{ тогда } f_{\text{ф}} = 0,06 \text{ м}^2,$$

Уточняем фактическую скорость на участках по формуле (3.3)

$$v_1 = \frac{100}{3600 \cdot 0,03} = 0,93 \text{ м/с}, \quad v_2 = \frac{200}{3600 \cdot 0,06} = 0,93 \text{ м/с}.$$

Определяем динамическое давление на участках по формуле

$$P_d = (v^2/2) \rho = (0,93^2/2) \cdot 1,22 = 0,53 \text{ Па}.$$

По формуле (3.2) определяем эквивалентный диаметр

$$d_{\text{эк}} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 200}{(150 + 200)} \approx 180 \text{ мм}, \quad d_{\text{эк}} = \frac{2 \cdot 300 \cdot 200}{(300 + 200)} \approx 250 \text{ мм}.$$

По (прил. 5) по $d_{\text{эк}}$ и динамическому давлению P_d находим удельные потери R , Па.

Для стальных воздуховодов потери на трение при $K_s=0,1$ (табл. 3.6) и $\beta_{\text{ш}} = 0,986$ (табл. 3.7) составят

$$\beta R \ell = 0,986 \cdot 0,09 \cdot 0,6 = 0,05 \text{ Па}.$$

$$\beta R \ell = 0,986 \cdot 0,06 \cdot 7,5 = 0,44 \text{ Па}.$$

Результаты расчета заносим в табл. 3.12.

Т а б л и ц а 3.12

Аэродинамический расчет системы ВЕ2

[illegible]

Для подсчета коэффициентов местных сопротивлений составляем ведомость местных сопротивлений.

Ведомость местных сопротивлений

1 участок

Первое боковое отверстие (табл. ПЗ.1)

$$\zeta = 3,5$$

$$F_{\text{отв}} / F_0 = 0,0256 / 0,03 = 0,8$$

2 участок

Среднее боковое отверстие (проход) (табл. ПЗ.1)

$$\zeta = -0,2$$

$$F_{\text{отв}} / F_1 = 0,0256 / 0,06 = 0,4$$

$$L_o / L_c = 100 / 200 = 0,5$$

Отвод 90° (табл. ПЗ.7)

$$\zeta = 0,33$$

Дефлектор ЦАГИ (табл. ПЗ.1)

$$\zeta = 0,64$$

$$\Sigma \zeta = 0,77$$

Потери на местные сопротивления Z , Па, определяем по формуле (3.4) и результаты расчетов записываем в табл. 3.12 (графа 13).

Определяем невязку по формуле (3.8)

$$\frac{\Delta P_e - \Delta P_{\Sigma(1+2)}}{\Delta P_e} \cdot 100 = \frac{2,94 - 2,8}{2,94} = 4,8 \% \leq 10 \%$$

условие выполняется.

Контрольные вопросы

1. Для чего нужен аэродинамический расчет воздуховодов? После каких расчетов он выполняется?
2. Что называют магистральным направлением?
3. Какова последовательность аэродинамического расчета?
4. Каким образом осуществляется увязка ответвления и магистрального направления при аэродинамическом расчете воздуховодов?
5. В чем заключаются особенности аэродинамического расчета приточных и вытяжных систем с механическим побуждением движения воздуха?
6. В чем заключаются особенности аэродинамического расчета вытяжных систем с естественным побуждением движения воздуха?

4. ОБОРУДОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

4.1. Устройства для воздухозабора и воздухоудаления

Поступление наружного воздуха в помещения осуществляется через устройства (узлы) воздухозабора. Узлы воздухозабора включают, как правило, жалюзийные решетки с неподвижными жалюзи и клапаны (заслонки) для предотвращения поступления наружного воздуха в помещения при неработающих приточных установках.

Удаление внутреннего воздуха из помещения осуществляется через устройства (узлы) воздухоудаления, которые также включают жалюзийные решетки с неподвижными и подвижными жалюзи и клапаны (заслонки) для регулировки расхода удаляемого внутреннего воздуха из помещения и предотвращения поступления наружного воздуха при неработающих вытяжных установках.

4.1.1. Подбор жалюзийных решеток

Жалюзийные решетки устанавливают в проемах стен зданий, в отдельно стоящих воздухозаборных шахтах, а также в оконных проемах с таким условием, чтобы низ решетки располагался на высоте не ниже 2 м от уровня земли [8]. Для применения в узлах воздухозабора могут быть рекомендованы штампованные решетки типа СТД (рис. 4.1).

Подбор жалюзийных решеток состоит в определении их количества, габаритного размера проема в строительных конструкциях для установки решеток и в расчете аэродинамического сопротивления при проходе воздуха через решетки.

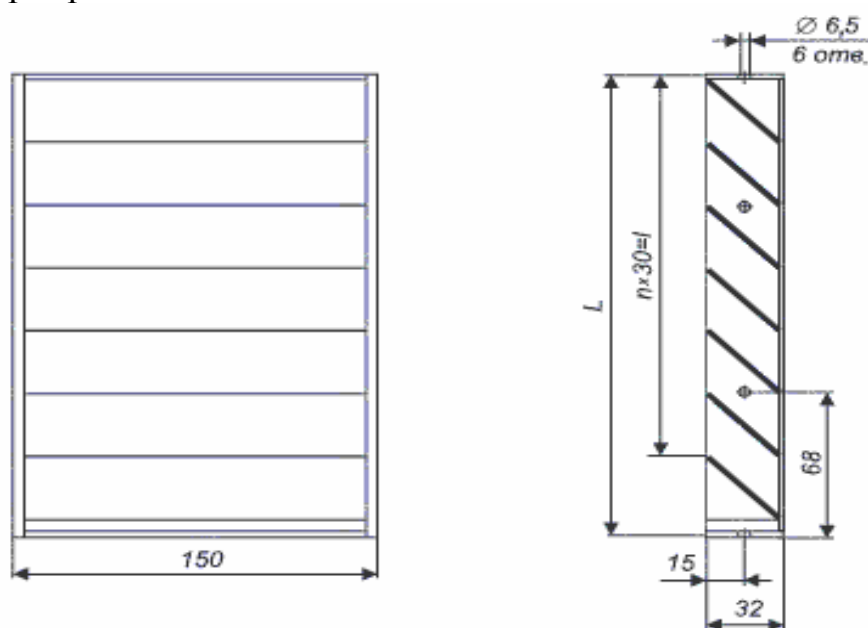


Рис. 4.1. Штампованная жалюзийная решётка

Методика подбора жалюзийных решеток

1. Находят необходимую площадь живого сечения решеток $\sum f$, м², по формуле

$$\sum f = \frac{L}{3600 \cdot v_{\text{рек}}}, \quad (4.1)$$

где $v_{\text{рек}}$ – рекомендуемая скорость воздуха, принимается равной 4–6 м/с;
 L – расчетный расход воздуха, м³/ч.

В зависимости от L и $\sum f$ по табл. 4.1 подбирают тип, стандартные размеры решетки и их количество.

2. Уточняют скорость воздуха в живом сечении решеток v , м/с, по формуле

$$v = \frac{L}{(3600 \cdot \sum f)}. \quad (4.2)$$

3. Рассчитывают аэродинамическое сопротивление ΔP , Па, при проходе воздуха через решетки по формуле

$$\Delta P = \frac{\zeta \cdot v^2 \cdot \rho}{2}, \quad (4.3)$$

где ζ – коэффициент местного сопротивления решетки (табл. 4.1);
 ρ – плотность наружного воздуха, кг/м³.

4. Определяют, исходя из конструктивных соображений и количества жалюзийных решеток, размеры проема в строительных конструкциях.

Т а б л и ц а 4 . 1

Технические данные и основные размеры жалюзийных неподвижных
 воздухозаборных решеток типа СТД

Тип решетки	Рекомендуемый расход воздуха, м ³ /ч	Живое сечение, м ²	Коэффициент местного сопротивления	Размеры, мм		Масса, кг
				ℓ	H	
СТД 5288	350–1000	0,05	1,2	150	490	0,97
СТД 5289	450–1300	0,06	1,2	150	580	1,13

Пример 4.1

Дано: Для системы П1 подобрать жалюзийную решетку. Данные для расчета приведены в примере 3.1.

Порядок расчета

1. Находим необходимую площадь живого сечения решеток $\sum f$ по формуле (4.1)

$$\sum f = \frac{4151}{3600 \cdot 6} = 0,192 \text{ м}^2.$$

2. По (табл. 4.1) подбираем решетку STD 5288 с $\sum f = 0,05 \text{ м}^2$ и определяем количество решеток по формуле

$$n = \frac{0,192}{0,05} = 3,84 \text{ шт.}$$

Принимаем к установке 4 решетки STD 5288 с размерами 150×490 мм с суммарной площадью живого сечения решеток $\sum f = 0,05 \cdot 4 = 0,2 \text{ м}^2$.

3. Уточняем скорость воздуха в живом сечении решетки v , м/с, по формуле (4.2)

$$v = \frac{4151}{3600 \cdot 0,2} = 5,8 \text{ м/с.}$$

4. Рассчитываем аэродинамическое сопротивление ΔP , Па, при проходе воздуха через решетки по формуле (4.3)

$$\Delta P = \frac{1,2 \cdot 5,8^2 \cdot 1,21}{2} = 24,4 \text{ Па.}$$

4.1.2. Подбор утепленных воздушных клапанов

Клапаны воздушные утепленные типа КВУ (рис. 4.2) применяют в приточных установках для отсечения наружного воздуха при выключении вентилятора.

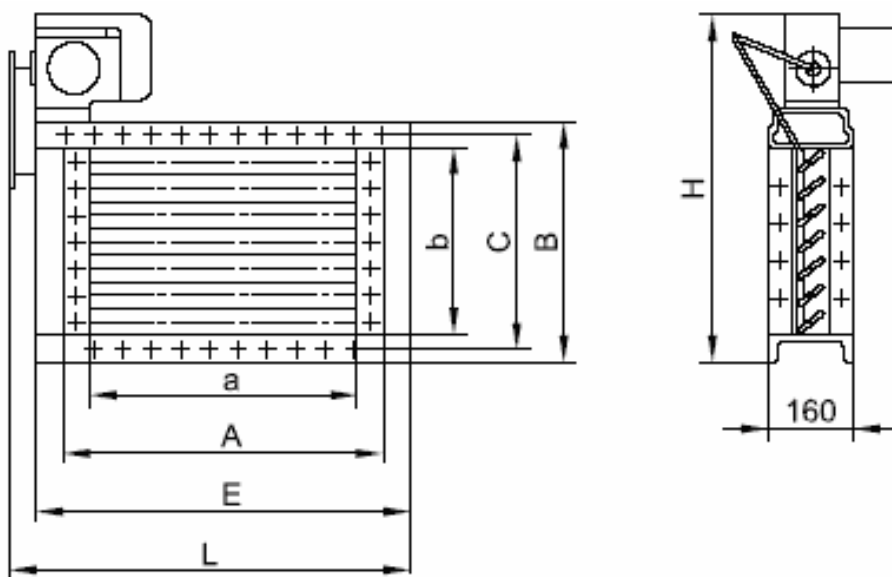


Рис. 4.2. Клапан утепленный КВУ

Методика подбора клапана воздушного утепленного

1. По заданному расходу воздуха выбирают по табл. 4.2 тип клапана, его габаритные размеры и живое сечение для прохода воздуха $\sum f$, м².
2. Находят скорость воздуха в живом сечении v , м/с, по формуле (4.2).
3. Определяют аэродинамическое сопротивление по формуле (4.3).

Т а б л и ц а 4 . 2

Технические данные и основные размеры воздушных клапанов

Тип клапана	Рекомендуемый расход воздуха, тыс. м ³ /ч	Площадь живого сечения, м ²	Размеры, мм								Масса, кг
			A	B	C	H	L	a	b	E	
КВУ 600×1000	3,5–10	0,57	1100	690	160	915	1200	1000	610	1155	38
КВУ 1600×1000	10 – 30	1,48	1100	1583	160	1808	1200	1000	1503	1155	79
КВУ 1800×1000	30–60	1,85	1100	1953	160	2178	1200	1000	1873	1155	95
КВУ 2400×1000	35–50	2,4	1500	1953	160	2178	1650	1400	1873	1553	115
КВУ 1800×1400	25–50	2,6	1500	2508	160	2728	1650	1400	2428	1155	119
КВУ 2400×1400	50–75	3,4	1100	2508	160	2728	1200	1000	2428	1555	148

П р и м е ч а н и я :

- привод – исполнительный механизм МЭО 40/63–0,25 (МЭО 16/63–0,25);
- потери давления для воздушных клапанов КВУ равны 25 Па.

Пример 4.2

Дано: Для системы П1 подобрать утепленный клапан КВУ. Данные для расчета приведены в примере 3.1.

Порядок расчета

1. По табл. 4.2 подбираем клапан КВУ 600×1000 с живым сечением $\sum f = 0,57$ м².
2. Уточняем скорость воздуха в живом сечении клапана v , по формуле (4.2)

$$v = \frac{4151}{3600 \cdot 0,57} = 2 \text{ м/с.}$$

3. Аэродинамическое сопротивление для воздушных клапанов КВУ равно 25 Па.

4.1.3. Подбор зонтов

Зонты применяются в системах вытяжной вентиляции с естественным или механическим побуждением.

Назначение зонтов – предотвращение попадания атмосферных осадков в вентиляционные шахты.

Зонты изготавливаются по конфигурации колпака – круглые и прямоугольные (рис. 4.3, 4.4).

Подбор зонта состоит в определении его типоразмера, принимаемого по размеру трубы и расчета аэродинамического сопротивления по формуле (4.3).

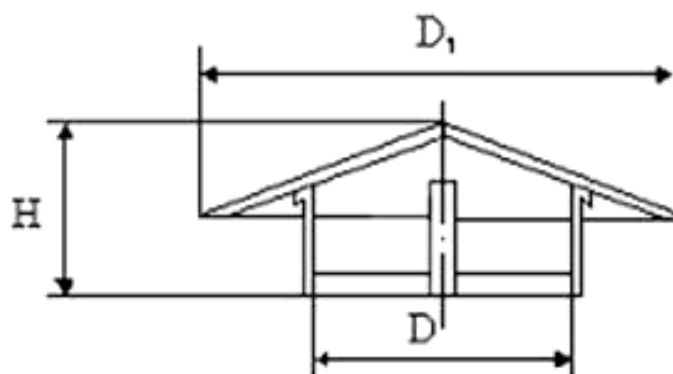


Рис. 4.3. Зонт круглый

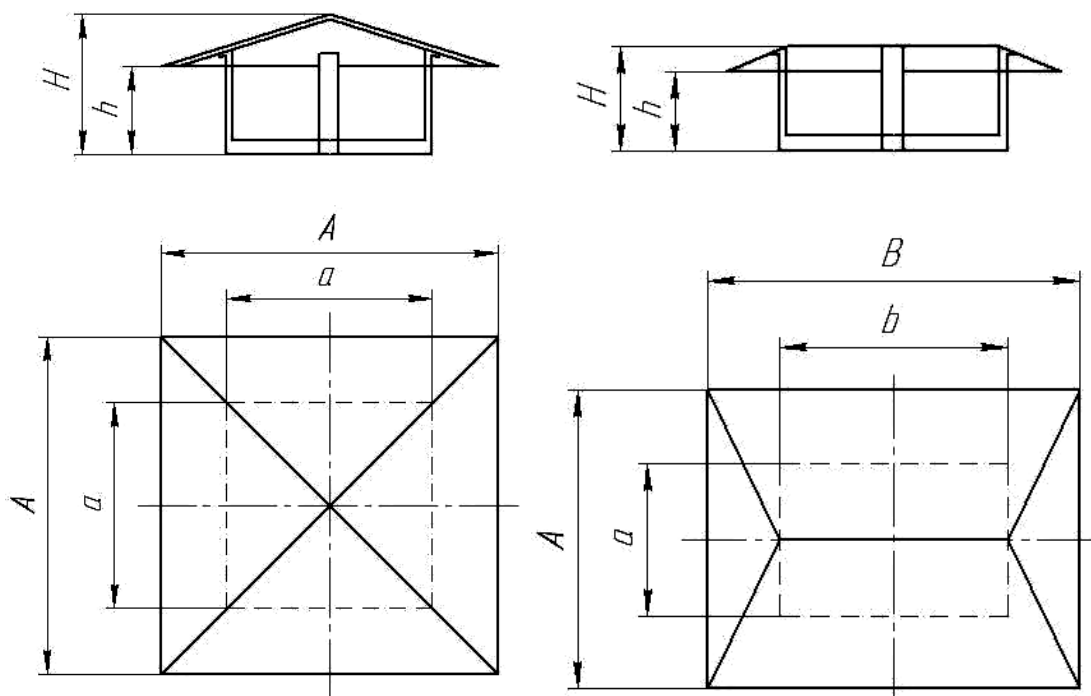


Рис. 4.4. Зонт прямоугольный

Т а б л и ц а 4.3

Технические данные и основные размеры круглых зонтов
(серия 5.904–51)

Тип зонта	Размеры, мм			Масса, кг
	Д (воздуховода)	Д ₁	Н	
ЗК.00.000	200	350	240	2,02
ЗК.00.000–01	250	450	257	2,85
ЗК.00.000–02	315	550	275	4
ЗК.00.000–03	400	700	400	7,1
ЗК.00.000–04	450	800	415	8,4
ЗК.00.000–05	500	900	480	10,1
ЗК.00.000–06	630	1130	523	14
ЗК.00.000–07	710	1300	550	17,7
ЗК.00.000–08	800	1450	820	33,7
ЗК.00.000–09	1000	1800	970	48,3
ЗК.00.000–10	1250	2250	1055	71,6

Т а б л и ц а 4.4

Технические данные и основные размеры прямоугольных зонтов
(серия 5.904–51)

Тип зонта	Размеры, мм						Масса, кг
	вент. шахта		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>h</i>	
	<i>a</i>	<i>b</i>					
ЗП.00.000	250	250	450	450	240	150	4,5
ЗП.00.000–01	400	400	720	720	376	250	8,7
ЗП.00.000–02	500	500	900	900	400	250	12
ЗП.00.000–03	800	800	1440	1440	763	538	31,5
ЗП.00.000–04	1000	1000	1800	1800	811	538	58,6
ЗП.00.000–05	250	400	450	720	400	250	7,2
ЗП.00.000–06	500	800	900	1440	930	638	27
ЗП.00.000–07	800	1000	1440	1800	995	638	53,5

Подбор зонта состоит в определении его типоразмера по (табл.4.3, 4.4), принимаемого по размеру (диаметру) трубы или шахты, и расчета аэродинамического сопротивления по формуле (4.3) при коэффициенте местного сопротивления $\zeta=1,3$.

Пример 4.3

Дано: Для системы В1 подобрать зонт. Данные для расчета приведены в примере 3.2.

Порядок расчета

1. По табл. 4.3, в зависимости от диаметра трубы 500 мм (табл. 3.9) принимаем зонт ЗК.00.000–05.

2. Определяем аэродинамическое сопротивление по формуле (4.3)

$$\Delta P = \frac{1,3 \cdot 7,2^2 \cdot 1,22}{2} = 41,1 \text{ Па}.$$

4.1.4. Подбор дефлекторов

Дефлекторами называются устройства, позволяющие усилить действие ветра для создания разрежения, используемого в вытяжных канальных системах естественной вентиляции. Обычно они устанавливаются на концах труб или шахт. Их работа основана на использовании энергии потока ветра, который, обтекая поверхность дефлектора, создает возле выпуклой его внешней части периметра разрежение, что и усиливает вытяжку воздуха из помещения. Дефлекторы выполняют в виде различных конструкций, но наибольшее распространение получили дефлекторы ЦАГИ круглой и квадратной формы (рис. 4.5).

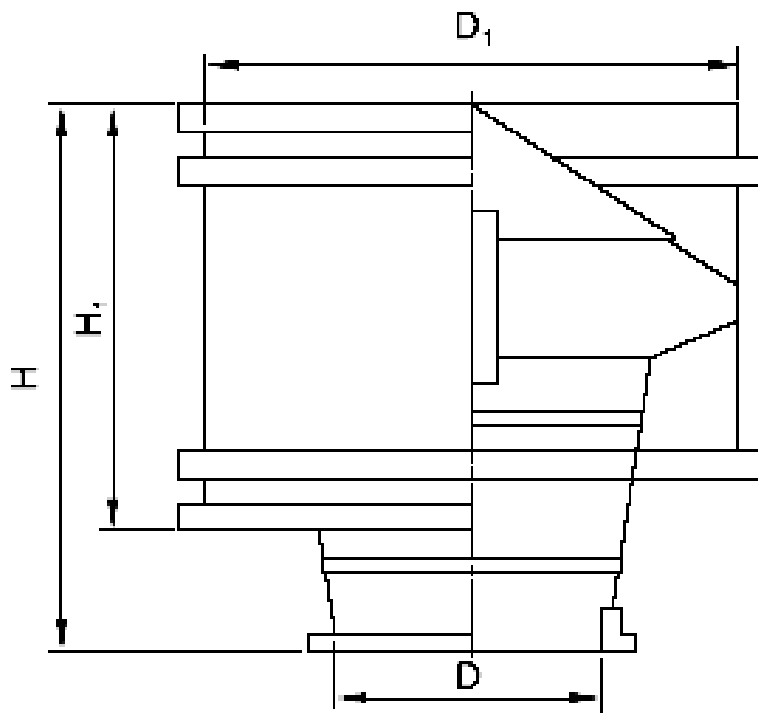


Рис. 4.5. Дефлектор круглый ЦАГИ

Т а б л и ц а 4.5

Технические данные и основные характеристики
дефлекторов ЦАГИ

Диаметр воздуховода D , мм	Высота H , мм	Диаметр D_1 , мм	Высота H_1 , мм	Масса, кг
1	2	3	4	5
100	170	200	120	1,6
125	210	250	150	2,2
140	240	280	170	2,6
160	270	320	190	3,1
180	300	360	215	3,8
200	340	400	240	4,7
250	425	480	285	6,4
280	450	530	320	7,5
315	540	615	370	10,4
400	640	750	450	15,5
500	840	990	575	27,6
630	1010	1190	685	41,7
710	1120	1320	790	67,0
800	1320	1550	930	90,0
900	1500	1770	980	111,3
1000	1705	2020	1230	153,6
1250	2125	2500	1500	230,0

Методика подбора дефлектора

1. Рассчитывают полное давление, создаваемое дефлектором в сети по формуле

$$\Delta P_d = \Delta P_{гр} + \Delta P_v \pm \Delta P_{изб} - (R\ell + Z), \text{ Па}, \quad (4.4)$$

где $\Delta P_{гр}$ – гравитационное давление в помещении, Па:

$$\Delta P_{гр} = hg(\rho_n - \rho_v); \quad (4.5)$$

здесь h – разность отметок выхода воздуха в атмосферу и центра вытяжного отверстия, м;

ρ_n, ρ_v – плотность наружного, принимаемого согласно [8] не ниже +5 °С, и внутреннего воздуха, кг/м³;

ΔP_v – давление, создаваемое ветром, Па;

$$\Delta P_{\text{в}} = k v^2 \rho_{\text{н}} / 2; \quad (4.6)$$

здесь k – аэродинамический коэффициент дефлектора (для круглых дефлекторов ЦАГИ $\zeta=0,4$);

v^2 – расчётная скорость ветра, м/с;

$\Delta P_{\text{изб}}$ – избыточное давление, принимаемое при дисбалансе механической вентиляции, Па;

$(R\ell + Z)$ – потери давления в воздуховодах, присоединенных к дефлектору, Па.

2. Определяют скорость в горловине дефлектора по формуле

$$v_{\text{д}} = 1,41 \sqrt{\Delta P_{\text{д}} / (\zeta_{\text{вх}} + \zeta_{\text{зам}} + 1,2) \rho_{\text{в}}}, \text{ м/с}, \quad (4.7)$$

где $\zeta_{\text{вх}}$ – коэффициент местного сопротивления входа в вентиляционную шахту, $\zeta_{\text{вх}} = 0,5$;

$\zeta_{\text{зам}}$ – коэффициент местного сопротивления для потерь на трение в вентиляционной шахте

$$\zeta_{\text{зам}} = \lambda \ell / d;$$

здесь λ – коэффициент сопротивления трения материала шахты;

ℓ – длина шахты, м;

d – диаметр шахты, м.

Определяем предварительный диаметр D , м, дефлектора по формуле

$$D = 1,88 \cdot 10^{-2} \sqrt{L / v_{\text{д}}}, \quad (4.8)$$

где L – производительность дефлектора, м³/ч.

3. Принимают по табл. 4.5 ближайший номенклатурный диаметр (номер) дефлектора с расхождением до 10 % в сторону уменьшения и до 20 % в сторону увеличения.

4.2. Подбор калорифера

Важнейшей функцией системы вентиляции является подготовка приточного воздуха. Зимой низкая температура наружного воздуха не позволяет загонять его в помещение без подогрева. В связи с этим одним из основных элементов вентиляционной системы является калорифер (рис. 4.6), который обеспечивает нагрев поступающего приточного воздуха до необходимой температуры в холодное время года.

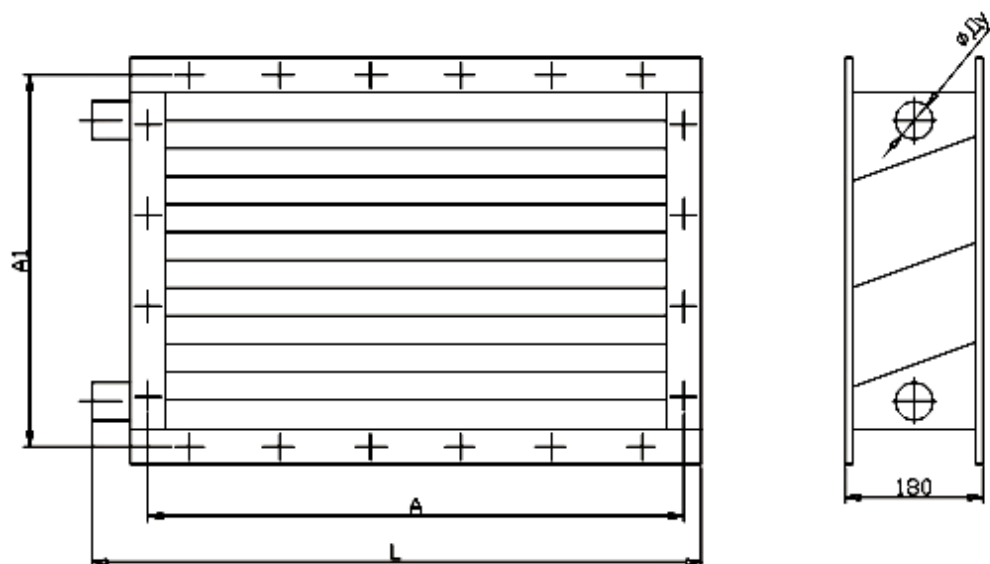


Рис. 4.6. Калорифер КСк

Т а б л и ц а 4 . 6
Технические данные и основные характеристики
калориферов КСк (ТУ 4863–026–11865045–03)

Марка калорифера	Значение коэффициента A	Площадь поверхности теплообмена, m^2	Площадь фронтального сечения для прохода воздуха, m^2	Площадь сечения для прохода теплоносителя, m^2	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
					A_1	A	L	
КСк-3-6	12,12	13,26	0,267	0,000846	575	574	650	34,8
КСк-3-7	12,97	16,34	0,329		575	699	775	40
КСк-3-8	13,83	19,42	0,392		575	824	900	45,9
КСк-3-9	14,68	22,5	0,455		575	949	1025	51,7
КСк-3-10	16,39	28,66	0,581		575	1199	1275	62,4
КСк-3-11	34,25	83,12	1,66	0,002576	1075	1703	1832	176
КСк-3-12	64,29	125,27	2,448	0,003881	1575	1703	1832	259
КСк-4-6	13,01	17,42	0,267	0,001112	575	574	650	40,2
КСк-4-7	13,87	21,47	0,329		575	699	775	46,7
КСк-4-8	14,72	25,52	0,392		575	824	900	53,7
КСк-4-9	15,58	29,57	0,455		575	949	1025	61,5
КСк-4-10	17,29	37,66	0,581		575	1199	1275	74,9
КСк-4-11	37,15	110,05	1,66	0,00341	1075	1703	1832	223
КСк-4-12	71,19	166,25	2,448	0,005151	1575	1703	1832	331

Методика подбора калорифера

1. Тепловой поток Q , Вт, который необходимо передать воздуху, определяют по формуле

$$Q = 0,278 L \rho_{\text{н}} c_p (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) , \quad (4.9)$$

где L – объемный расход воздуха, м³/ч;

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

$t_{\text{к}}$ – конечная температура воздуха, °С;

$t_{\text{н}}$ – начальная температура воздуха, °С.

2. Определяют расход нагреваемого воздуха G , кг/ч, по формуле

$$G = L \rho . \quad (4.10)$$

3. Задаваясь массовой скоростью движения теплоносителя $(\nu\rho) = 3 \dots 10$ м/с, определяют ориентировочную площадь живого сечения калориферной установки, м², по формуле

$$f_{\text{ж}} = \frac{G}{3600 \cdot (\nu\rho)} . \quad (4.11)$$

По табл. 4.6 принимают тип калориферов с площадью фронтального сечения по воздуху $f_{\text{в}}$, м², и их количество.

4. Определяют фактическую массовую скорость воздуха $(\nu\rho)$, м/с, по формуле

$$(\nu\rho)_{\text{ф}} = \frac{G}{3600 \cdot f_{\text{т}}} . \quad (4.12)$$

5. Находят массовый расход воды, кг/ч, по формуле

$$G_{\text{в}} = \frac{Q}{0,278 \cdot c \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{вк}})} , \quad (4.13)$$

где c – теплоемкость воды, (4,19 кДж/(кг·К));

$t_{\text{вк}}$ – конечная температура воды, °С;

$t_{\text{вн}}$ – начальная температура воды, °С.

6. Скорость движения горячей воды по трубам теплообменника, м/с, определяют по формуле

$$w = \frac{G_{\text{в}}}{3600 \cdot f_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}}} , \quad (4.14)$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, кг/м³, ($\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³);

$f_{\text{в}}$ – площадь сечения для прохода воды (табл. 4.6), м².

7. В зависимости от массовой скорости ($\nu\rho$) и скорости движения воды w по прил. 6 определяют коэффициент теплопередачи и аэродинамическое сопротивление.

8. Среднюю разность температур между теплоносителями определяют по формуле

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{t_{\text{wn}} + t_{\text{wk}}}{2} - \frac{t_{\text{н}} + t_{\text{к}}}{2}, \quad (4.15)$$

где $t_{\text{к}}$ – конечная температура воздуха, °С;

$t_{\text{н}}$ – начальная температура воздуха, °С.

9. Требуемую площадь теплообмена, м^2 , определяют по формуле

$$F_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{воз}}}{K \cdot \Delta t_{\text{cp}}}. \quad (4.16)$$

10. Проверяют условие: между располагаемой поверхностью $F_{\text{р}}$ (предварительно выбранным воздухонагревателем) и требуемой поверхностью $F_{\text{тр}}$ запас поверхности теплообмена не должен превышать 20 %:

$$\frac{F_{\text{р}} - F_{\text{тр}}}{F_{\text{тр}}} \cdot 100 \leq 20 \%. \quad (4.17)$$

11. Гидравлическое сопротивление калорифера, Па, определяют по формуле

$$\Delta P_w = A \cdot w^2, \quad (4.18)$$

где A – коэффициент, принимаемый по табл. 4.6;

w – скорость движения воды, м/с.

Пример 4.4

Подобрать воздухонагревательную установку из калориферов типа КСк для системы П1 (см. пример 3.1) при теплоносителе перегретая вода. Определить сопротивление установки движению воздуха и теплоносителя.

Дано: параметры теплоносителя: $t_{\text{wn}} = 130$ °С, $t_{\text{wk}} = 70$ °С (по заданию); параметры воздуха: $t_{\text{н}} = -29$ °С (температура наружного воздуха), $t_{\text{к}} = 16$ °С (температура приточного воздуха).

Порядок расчета

1. Тепловой поток Q , Вт, который необходимо передать воздуху, определяем по формуле (4.9)

$$Q = 0,278 \cdot 4151 \cdot \left(\frac{353}{273 - 29} \right) \cdot 1 \cdot (16 + 29) = 75297,1 \text{ Вт.}$$

2. Определяем расход нагреваемого воздуха G по формуле (4.10)

$$G = 4151 \cdot 1,45 = 6019 \text{ кг/ч.}$$

3. Определяем ориентировочную площадь живого сечения калориферной установки по формуле (4.11) при массовой скорости $(v_p) = 8 \text{ м/с}$

$$f_{\text{ж}} = \frac{6019}{3600 \cdot 8} = 0,21 \text{ м}^2.$$

По табл. 4.6 принимаем один калорифер КСк-3-6 с площадью фронтального сечения по воздуху $f_{\text{в}} = 0,267 \text{ м}^2$.

4. Определяем фактическую массовую скорость воздуха (v_p) , м/с, по формуле (4.12)

$$(v_p)_{\text{ф}} = \frac{6019}{3600 \cdot 0,267} = 6,3 \text{ м/с.}$$

5. Находим массовый расход воды по формуле (4.13)

$$G_w = \frac{75297,1}{0,278 \cdot 4,19 \cdot (130 - 70)} = 1077 \text{ кг/ч.}$$

6. Скорость движения горячей воды по трубам теплообменника определяют по формуле (4.14)

$$w = \frac{1077}{3600 \cdot 0,000846 \cdot 1000} = 0,35 \text{ м/с.}$$

7. По прил. 6 определяем коэффициент теплопередачи и аэродинамическое сопротивление в зависимости от массовой скорости $(v_p) = 6,3 \text{ м/с}$ и скорости движения воды $w = 0,35 \text{ м/с}$.

$$K = 56,9 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}; \quad \Delta P_a = 186,73 \text{ Па.}$$

8. Среднюю разность температур между теплоносителями определяем по формуле (4.15)

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{130 + 70}{2} - \frac{(-29) + 18}{2} = 105,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

9. Требуемую площадь теплообмена определяем по формуле (4.16)

$$F_{\text{тр}} = \frac{75297,1}{56,9 \cdot 105,5} = 12,54 \text{ м}^2.$$

10. Проверяем условие (4.17)

$$\frac{13,26 - 12,54}{12,54} \cdot 100 = 5,7 \leq 20 \text{ } \%. .$$

11. Гидравлическое сопротивление калорифера определяем по формуле (4.18)

$$\Delta P_w = 12,12 \cdot 0,35^2 = 1,49 \text{ Па}.$$

4.3. Подбор фильтра

Воздушные фильтры в вентиляционных системах служат для очистки приточного (а иногда и вытяжного) воздуха от примесей.

Конструкция, материал и другие параметры фильтра зависят от типа загрязнения воздуха и требований к его очистке. Различают три основных класса фильтров:

- грубой очистки (задерживает частицы более 10 мкм);
- тонкой очистки (задерживает частицы более 1 мкм);
- особо тонкой очистки (задерживает частицы до 0,1 мкм).

Наибольшее распространение получили фильтры ячейковые ФяР, ФяП, ФяУ, ФяВ, панельные рулонные ФРУ, ФРП (рис. 4.7).

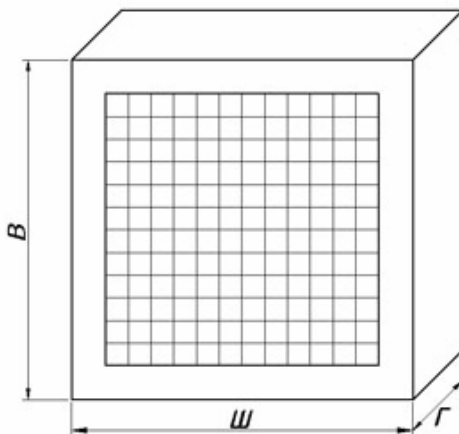


Рис. 4.7. Фильтр ячейковый

Ячейковые фильтры состоят из разборного корпуса, выполненного из оцинкованной стали, опорных решеток и фильтрующих элементов. Фильтрующие элементы представляют собой набор металлических тканых гофрированных сеток, винипластовых сеток, слоев пенополиуретана или стекловолокна.

Технические данные фильтров приведены в работах [2, 15] или в прил. 7.

Методика подбора фильтра

1. По прил. 7 выбирают тип фильтра.
2. Определяют площадь рабочего сечения фильтра F , м^2 , по формуле

$$F = \frac{L}{L_{\text{н}}} . \quad (4.19)$$

где $L_{\text{н}}$ – удельная воздушная нагрузка, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

3. Определяют количество ячеек фильтра, шт., по формуле

$$n = \frac{F}{f} , \quad (4.20)$$

где f – площадь сечения одной ячейки, м^2 , принимают по прил. 7.

4. Уточняют воздушную нагрузку фильтра по формуле

$$L_{\text{ф}} = \frac{L}{n \cdot f} . \quad (4.21)$$

5. Определяют начальное сопротивление фильтра $\Delta P_{\text{н}}$, Па, по формуле

$$\Delta P_{\text{н}} = \Delta P_{\text{н}}^{\text{н}} (L_{\text{ф}} / L_{\text{н}})^{1,5} , \quad (4.22)$$

где $\Delta P_{\text{н}}^{\text{н}}$ – начальное номинальное сопротивление фильтра, Па, принимаемое по прил. 7;

6. Определяют конечное сопротивление фильтра, Па, по формуле

$$\Delta P_{\text{к}} = \Delta P_{\text{н}} + \Delta P , \quad (4.23)$$

где ΔP – превышение сопротивления фильтра над начальным, Па, (прил. 7).

7. Определяют продолжительность работы фильтра, ч, по формуле

$$\tau = \frac{10^3 \cdot q_{\text{р}}}{L_{\text{ф}} \cdot \eta \cdot c_{\text{н}}} , \quad (4.24)$$

где $q_{\text{р}}$ – удельная пылеемкость, $\text{г}/\text{м}^2$, (прил. 7);

η – степень очистки, %, (прил. 7);

$c_{\text{р}}$ – начальная допустимая запыленность очищаемого воздуха, $\text{мг}/\text{м}^3$, (прил. 7).

Пример 4.5

Подобрать фильтр для приточной установки П1 (см. пример 3.1).

П о р я д о к р а с ч е т а

1. По прил. 7 выбираем фильтр ФяРБ.
2. Определяем площадь рабочего сечения фильтра F по формуле (4.19)

$$F = \frac{4151}{7000} = 0,593 \text{ м}^2.$$

3. Определяем количество ячеек фильтра по формуле (4.20)

$$n = \frac{0,593}{0,35} = 1,7 \approx 2 \text{ шт.}$$

4. Уточняем воздушную нагрузку фильтра по формуле (4.21)

$$L_{\Phi} = \frac{4151}{2 \cdot 0,35} = 5930 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

5. Определяем начальное сопротивление фильтра $\Delta P_{\text{н}}$ по формуле (4.22)

$$\Delta P_{\text{н}} = 60(5930 / 7000)^{1,5} = 47 \text{ Па}.$$

6. Определяют конечное сопротивление фильтра по формуле (4.23)

$$\Delta P_{\text{к}} = 47 + 90 = 137 \text{ Па}.$$

7. Определяют продолжительность работы фильтра по формуле (4.24)

$$\tau = \frac{10^5 \cdot 2400}{5930 \cdot 80 \cdot 10^{-2} \cdot 1} = 506 \text{ ч}.$$

Принимаем к установке фильтр ФяР592×592×48.

4.4. Подбор вентилятора

Производительность вентилятора, $\text{м}^3/\text{ч}$, для приточной камеры определяют с учетом потерь в воздуховодах по формуле

$$L = 1,1 \cdot L_{\text{с}}, \quad (4.25)$$

Общие потери давления определяют по формуле

$$\Delta P = 1,1(\Delta P_{\text{жр}} + \Delta P_{\text{кл}} + \Delta P_{\text{ф}} + \Delta P_{\text{кал}} + \Delta P_{\text{с}}), \text{ Па}, \quad (4.26)$$

где $\Delta P_{\text{жр}}$ – потери давления в жалюзийной решётке, Па;

$\Delta P_{\text{кл}}$ – потери давления в утепленном клапане, Па;

$\Delta P_{\text{кал}}$ – потери давления в калорифере, Па;

$\Delta P_{\text{ф}}$ – потери давления в фильтре, Па;

$\Delta P_{\text{с}}$ – потери давления в сети, Па.

По прил. 8 подбирают вентилятор и выписывают его характеристики (типоразмер электродвигателя, мощность, частоту вращения рабочего колеса, массу).

Пример 4.6

Подобрать вентилятор для приточной установки П1 (см. пример 3.1).

Дано: $\Delta P_{\text{жр}} = 16,7$ Па (см. пример 4.1), $\Delta P_{\text{кл}} = 25$ Па (см. пример 4.2), $\Delta P_{\text{кал}} = 186,7$ Па (см. пример 4.4), $\Delta P_{\text{ф}} = 137$ Па (см. пример 4.5), $\Delta P_{\text{с}} = 110,3$ Па (см. пример 3.1), $L_{\text{с}} = 4151 \text{ м}^3/\text{ч}$.

П о р я д о к р а с ч е т а

Определяем производительность вентилятора, $\text{м}^3/\text{ч}$, по формуле (4.25)

$$L = 1,1 \cdot 4151 = 4566 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Полное давление вентилятора P , Па, определяем по формуле (4.26)

$$\Delta P = 1,1(16,7 + 25 + 137 + 186,7 + 110,3) = 523,3 \text{ Па}.$$

Принимаем радиальный стальной центробежный вентилятор ВР86-77-4. КПД вентилятора = 0,77, электродвигатель типа АИМ112М2 мощностью $N = 7,5$ кВт и частотой вращения 2850 об/мин. Масса вентилятора с двигателем $m = 121$ кг.

Т а б л и ц а 4 . 7

Габаритные и присоединительные размеры вентиляторов ВР 80-75

1-е исполнение

Номер вент.	A	A_1	A_2	A_3	A_4	a_1	a_2	L_{max}	I	h	L_1	L_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2,5	162	100	100	205	205	175	175	625	140	320	35	300
3,15	205	200	200	255	255	221	221	625	162	410	93	400

Окончание табл. 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	260	200	200	310	310	280	280	820	192	520	110	500
5	324	300	300	380	380	350	350	1025	252	650	93	600
6,3	410	400	400	470	470	441	441	1250	298	820	113	700
8	520	600	600	600	600	560	560	1470	378	905	212	1050
10	650	750	750	750	750	700	700	1439	452	1212	296	1245
12,5	813	750	750	930	930	875	875	1270	542	1350	300	1260
Номер вент.	L_3	D	D_1	d	d_1	d_2	t_1	T_2	N	n	n_1	n_2
2,5	260	253	280	7	7	10	100	100	8	8	1	1
3,15	220	318	345	7	7	10	100	100	8	12	2	2
4	290	405	430	7	7	10	100	100	8	12	2	2
5	410	510	530	7	7	15	100	100	16	16	3	3
6,3	510	640	660	7	7	15	100	100	16	20	4	4
8	606	820	850	11	11	15	150	150	16	16	4	4
10	990	1006	1040	10	10	15	150	150	16	20	5	5
12,5	1260	1270	1310	10	12	24	150	150	24	24	5	5

Положения корпуса вентилятора ВР 80-75 (рис. 4.8, 4.9).

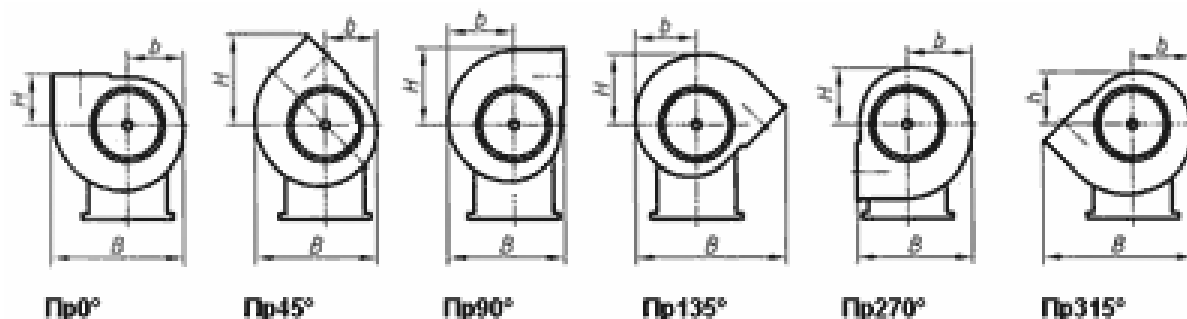


Рис. 4.8. Вентиляторы правого вращения

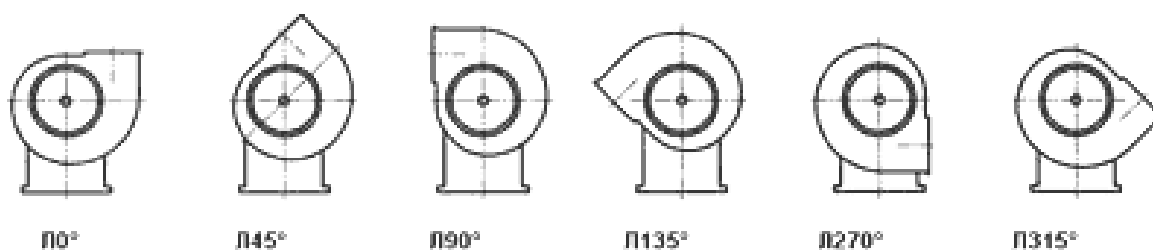


Рис.4.9. Вентиляторы левого вращения

Конструкция центробежного вентилятора представлена на рис. 4.10.

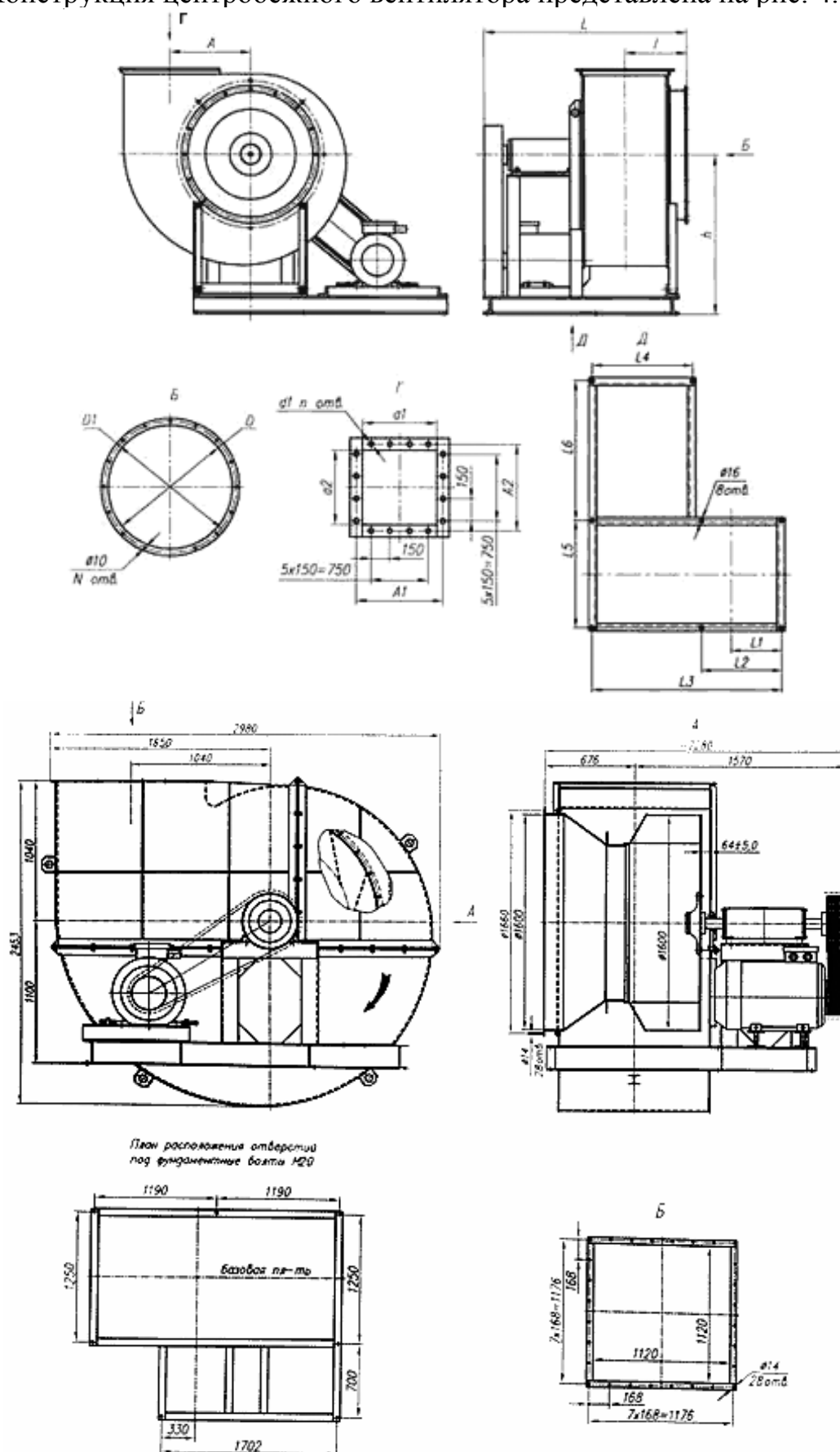


Рис. 4.10. Конструкция центробежного вентилятора

Контрольные вопросы

1. В чем заключается основной принцип подбора жалюзийных решеток?
2. В чем заключается основной принцип подбора утепленных воздушных клапанов?
3. В чем заключается основной принцип подбора зонтов?
4. В чем заключается основной принцип подбора дефлекторов?
5. В чем заключается основной принцип подбора калориферов?
6. В чем заключается основной принцип подбора фильтров?
7. В чем заключается основной принцип подбора вентиляторов?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Население промышленно развитых стран мира большую часть времени (около 80 %) проводит внутри зданий, поэтому состав воздуха в помещении оказывает существенное воздействие на человека. Системы вентиляции, конструкция которых определяется функциональным назначением помещения, при правильной работе оказывают бесспорное влияние на создание микроклимата и, как следствие, на самочувствие и работоспособность находящихся в них людей.

С помощью современного оборудования систем вентиляции можно решить проблемы воздухообмена помещения практически с любыми функциональными особенностями, при этом проектировщик имеет возможность полностью выразить свой инженерный замысел. Профессионалы, владеющие информацией о современных системах вентиляции и инженерным искусством, способны не только решать самые сложные творческие задачи в процессе проектирования, но и (что не менее важно) довести свой проект до полной реализации в натуре.

Овладев комплексом знаний о современных системах вентиляции, инженеры-проектировщики становятся активными участниками создания современной, удобной среды обитания человека.

Авторы понимают, что не все вопросы, рассмотренные в учебном пособии, изложены одинаково глубоко и полно, и будут благодарны читателям за возникшие замечания и предложения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 41-01–2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – 2004.
2. СНиП 31-05–2003. Общественные здания административного назначения. 2004.
3. Внутренние санитарно-технические устройства: Вентиляция и кондиционирование воздуха [Текст] / Б.В. Баркалов, Н.Н. Павлова, Ю.И. Шиллера. – Кн. 1, Ч.3.–4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992.
4. МГСН 4.07–96. Дошкольные учреждения, 1996.
5. ВСН 49–86 / Госгражданстрой «Дошкольные учреждения. Нормы проектирования».
6. МГСН 4.06–03. Общеобразовательные учреждения, 1997.
7. ВСН 51–86 / Госгражданстрой «Профессионально-технические, средние, специальные и высшие учебные заведения. Нормы проектирования».
8. СН 50–86/Госгражданстрой «Общеобразовательные школы и школы-интернаты. Нормы проектирования».
9. МГСН 4.12–97. Лечебно-профилактические учреждения, 1997.
10. ВСН 45–86 / Госгражданстрой «Кинотеатры. Нормы проектирования».
11. МГСН 4.17–98. Культурно-зрелищные учреждения, 1999.
12. МГСН 4.18–99. Предприятия бытового обслуживания населения, 1999.
13. МГСН 4.13–97. Предприятия розничной торговли, 1998.
14. ВСН 54–87 / Госгражданстрой «Предприятия розничной торговли. Нормы проектирования».
15. МГСН 4.08–97. Физкультурно-оздоровительные учреждения, 1998.
16. Пособие 1.91 к СНиП 2.04.05–91. Расчет и распределение приточного воздуха. – М.: Промстройэкспор, 1993.
17. Рекомендации по расчету воздухораспределения в общественных зданиях. – М., ЦНИИЭП инженерного оборудования, 1981.
18. Внутренние санитарно-технические устройства: Вентиляция и кондиционирование воздуха [Текст] / под ред. Н.Н. Павлова, Ю.М. Шиллера. – Кн. 2, Ч.3. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992.
19. Титов, В.П. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий [Текст] / В.П. Титов [и др.]. – М.: Стройиздат, 1985. – 208 с.
20. Вахвахов, Г.Г. Энергосбережение и надежность вентиляционных установок [Текст] / Г.Г. Вахвахов. – М.: Стройиздат, 1989.
21. Стомахина, Г.И. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Текст]: справочное пособие / Г.И. Стомахина. – М.: Пантори, 2003.

22. ВСН 353-86 / Госгражданстрой «Воздуховоды. Нормы проектирования».

23. Ананьев, В.А. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика [Текст] / В.А. Ананьев [и др.]. – М.: Евроклимат, Изд-во «Арина», 2000. – 416 с.

24. СНиП 2.09.02-89*. Общие нормы проектирования общественных зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1999.

25. Беккер, А. Системы вентиляции [Текст] / А.М. Беккер. – Техносфера, Евроклимат, 2005.

26. Краснов, Ю.С. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям и наладке [Текст] / Ю.С. Краснов [и др.]. – М.: Термокул, 2004.

27. Юрьев, А.С. Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных систем [Текст] / А.С. Юрьев. – М.: АНО НПО «Мир и семья», 2001.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица П1.1

Данные для подбора решеток АМН, АМР, АДН, АДР
при подаче или удалении воздуха в помещениях ($\alpha_1 = \alpha_2 = 0^\circ$)

$A \times B$, мм	F_o , м ²	$L_{wA}=25$ дБ(А)		$L_{wA}=35$ дБ(А)	
		L_o , м ³ /ч·Па	ΔP_n , Па	L_o , м ³ /ч·Па	ΔP_n , Па
200×100	0,018	180	6	280	14
300×100	0,027	240	5	360	12
400×100	0,036	300	5	400	8
500×100	0,045	370	5	520	10
600×100	0,054	420	4	600	8
150×150	0,020	180	6	280	14
300×150	0,041	370	5	520	10
400×150	0,055	420	4	600	8
500×150	0,070	530	4	800	8
600×150	0,084	600	3	900	7
700×150	0,098	700	3	1100	8
800×150	0,112	740	3	1250	8
200×200	0,036	300	5	400	8
300×200	0,055	420	4	600	8
400×200	0,074	530	4	800	8
500×200	0,093	650	3	1050	8
600×200	0,112	740	3	1250	8
700×200	0,131	820	3	1400	7
800×200	0,150	900	2	1500	7
1000×200	0,188	1100	2	1600	5
300×300	0,084	600	3	900	7
400×300	0,113	740	3	1250	8
500×300	0,142	860	2	1450	7
600×300	0,171	1000	2	1550	5
700×300	0,200	1200	2	1700	5
800×300	0,229	1300	2	1900	4
1000×300	0,287	1500	2	2200	4

Продолжение прил. 1

Таблица П1.2

Данные для подбора решеток АМН-К, АМР-К, АДН-К, АДР-К
при подаче или удалении воздуха в помещениях ($\alpha_1=\alpha_2=0^\circ$)

$A \times B$, мм	F_{o_2} , м ²	$L_{wA} \leq 20$ дБ(А)		$L_{wA} = 25$ дБ(А)		$L_{wA} = 35$ дБ(А)	
		L_o , м ³ /ч·Па	ΔP_n , Па	L_o , м ³ /ч·Па	ΔP_n , Па	L_o , м ³ /ч·Па	ΔP_n , Па
200×100	0,014	120	4	180	9	250	17
300×100	0,022	160	3	260	7	350	13
400×100	0,030	200	2	350	7	460	13
500×100	0,039	250	2	420	6	580	13
600×100	0,047	280	2	450	5	680	12
150×150	0,017	120	3	200	8	280	15
300×150	0,036	240	2	380	6	550	13
400×150	0,050	300	2	500	6	750	13
500×150	0,063	380	2	600	5	900	12
600×150	0,076	440	2	700	5	1000	10
700×150	0,089	520	2	800	5	1200	10
800×150	0,102	600	2	1000	5	1500	12
200×200	0,032	220	3	350	6	460	11
300×200	0,050	300	2	500	6	750	12
400×200	0,069	400	2	650	5	900	10
500×200	0,087	480	2	800	5	1200	11
600×200	0,105	600	2	980	5	1500	12
700×200	0,123	640	2	1050	4	1600	9
800×200	0,141	760	2	1250	5	1800	9
1000×200	0,177	920	2	1500	4	2000	7
300×300	0,079	400	1	650	4	1000	9
400×300	0,107	600	2	1000	5	1400	10
500×300	0,135	750	2	1250	5	1800	10
600×300	0,163	850	2	1400	4	2000	8
700×300	0,191	980	1	1600	4	2200	7
800×300	0,219	1100	1	1800	4	2500	7
1000×300	0,275	1250	1	2000	3	3200	7

Таблица П1.3

Данные для подбора диффузоров 4АПН, 4АПР
при подаче воздуха в помещение настилающимися веерными струями

$A \times B$, мм	$F_{\text{о2}}$ м ²	$L_{wA} \leq 20 \text{ дБ(А)}$		$L_{wA} = 20 \text{ дБ(А)}$		$L_{wA} = 25 \text{ дБ(А)}$		$L_{wA} = 35 \text{ дБ(А)}$	
		L_o , м ³ /ч·Па	ΔP_n , Па	L_o , м ³ /ч·Па	ΔP_n , Па	L_o , м ³ /ч·Па	ΔP_n , Па	L_o , м ³ /ч·Па	ΔP_n , Па
225×225	0,004	20	2,9	50	18	80	46	100	72
300×300	0,019	50	0,8	130	5	270	23	380	46
300×450	0,040	80	0,8	250	8	500	30	750	68
300×600	0,060	120	0,8	300	5	700	25	1000	51
375×375	0,045	80	0,6	250	6	550	28	800	39
450×300	0,040	80	0,8	250	8	500	30	750	68
450×450	0,083	150	0,6	400	4	950	24	1300	45
450×600	0,126	250	0,7	1000	12	1500	26	2000	47
525×525	0,132	250	0,7	1000	11	1500	24	2000	43
600×300	0,060	120	0,8	300	5	700	25	1000	51
600×450	0,126	250	0,7	1000	12	1500	26	2000	47
600×600	0,192	350	0,6	800	3	2000	20	2500	31
675×675	0,263	500	0,7	1100	3	2500	17	3850	40
750×750	0,346	650	0,6	1300	3	3200	16	4800	36
825×825	0,440	800	0,6	1600	2	4000	15	5600	30
900×900	0,545	900	0,5	1800	2	5000	16	6400	26
975×975	0,661	1200	0,6	2100	2	6000	15	8000	27
1050×1050	0,789	1400	0,6	2300	2	7000	15	9000	24

Таблица П1.4

Данные для подбора диффузоров ДПУ-М
при подаче воздуха в помещение

$\varnothing A$, мм	F_{\varnothing} , м ²	b , мм	Кол-во оборотов обтека- теля N	$L_{wA} \leq 20$ дБ(А)		$L_{wA} = 25$ дБ(А)		$L_{wA} = 35$ дБ(А)	
				L_o , м ³ /ч·Па	ΔPn , Па	L_o , м ³ /ч·Па	ΔPn , Па	L_o , м ³ /ч Па	ΔPn , Па
$b = 0,15A$ – горизонтальная настилающая веерная струя									
100	0,007	15	15	80	21	120	46	160	82
125	0,011	19	19	130	21	170	36	240	71
160	0,018	24	19	180	14	260	30	370	60
200	0,029	30	24	250	11	350	22	530	50
250	0,046	37,5	30	350	9	500	18	800	45
$b = 0,2A$ – вертикальная коническая струя									
100	0,007	20	20	80	17	120	38	160	67
125	0,011	25	25	130	17	170	29	240	58
160	0,018	32	26	180	12	260	24	370	49
200	0,029	40	32	250	9	350	18	530	40
250	0,046	50	40	350	7	500	14	800	36

Примечание: b – расстояние между двумя положениями обтекателя – крайним и текущим выдвинутым

Приложение 2

К расчету круглых стальных воздуховодов при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

P , Па	v , м/с	Количество проходящего воздуха, м ³ /ч (верхняя строка) и потери давления на трение, Па на 1 м (нижняя строка) воздуховода при внутренних диаметрах, мм											
		100	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,006	0,1	2,8 0,004	3,4 0,003	4,42 0,003	5,64 0,002	7,2 0,002	9,2 0,0009	11,3 0,0009	14,3 0,0009	18 0,0009	22 0,0009	28 0,0009	36 0,0009
0,024	0,2	5,6 0,01	6,8 0,01	8,8 0,01	11,1 0,008	14,5 0,0069	18,3 0,006	22,6 0,005	28,6 0,005	35 0,004	44 0,004	56 0,003	71 0,003
0,054	0,3	8,4 0,029	10,2 0,019	13,3 0,019	16,6 0,019	21,7 0,01	27,5 0,01	33,9 0,01	42,9 0,01	53 0,008	66 0,007	84 0,006	107 0,005
0,096	0,4	11,3 0,039	13,7 0,039	17,7 0,029	22,1 0,029	28,9 0,019	36,6 0,019	45,2 0,019	57,2 0,019	71 0,01	89 0,01	112 0,01	142 0,009
0,15	0,5	14,1 0,059	17,1 0,059	22,1 0,049	27,7 0,039	36,2 0,039	45,8 0,029	56,5 0,029	71,5 0,019	88 0,019	111 0,019	140 0,019	178 0,01
0,22	0,6	16,9 0,088	20,5 0,078	26,5 0,686	33,2 0,059	43,4 0,049	54,9 0,039	67,8 0,039	85,8 0,029	106 0,029	133 0,019	168 0,019	214 0,019
0,29	0,7	19,8 0,118	23,9 0,098	30,9 0,088	38,8 0,078	50,6 0,059	64,1 0,059	79,1 0,049	100 0,039	124 0,039	155 0,029	196 0,029	249 0,019
0,38	0,8	22,6 0,147	27,3 0,127	36,3 0,108	44,3 0,098	57,9 0,078	73,2 0,069	90,4 0,059	114 0,049	141 0,049	177 0,039	224 0,039	285 0,029
0,49	0,9	25,4 0,176	30,8 0,157	39,7 0,137	49,8 0,118	65,1 0,098	82,4 0,088	102 0,078	129 0,069	159 0,059	199 0,049	252 0,039	321 0,039

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,60	1	28,3 0,216	34,2 0,186	44,2 0,167	56,4 0,137	72,3 0,118	91,6 0,108	113 0,088	143 0,078	177 0,069	222 0,059	280 0,049	356 0,038
0,73	1,1	31,1 0,255	37,6 0,225	48,6 0,196	60,9 0,167	79,6 0,137	101 0,118	124 0,108	157 0,088	194 0,078	244 0,069	308 0,059	392 0,049
0,86	1,2	33,9 0,294	41 0,265	53 0,225	66,5 0,196	86,8 0,167	110 0,147	136 0,127	172 0,108	212 0,098	266 0,078	376 0,069	427 0,059
1,01	1,3	36,7 0,343	44,4 0,304	57,4 0,255	72 0,225	94 0,186	119 0,167	147 0,147	186 0,127	230 0,108	288 0,098	365 0,078	453 0,069
1,18	1,4	36,9 0,392	47,9 0,343	61,8 0,294	77,5 0,255	101 0,216	128 0,186	158 0,167	200 0,137	247 0,127	310 0,108	393 0,088	499 0,078
1,35	1,5	42,4 0,441	51,3 0,392	66,2 0,333	83,1 0,294	109 0,245	137 0,216	170 0,186	215 0,157	265 0,137	332 0,118	421 0,108	534 0,088
1,54	1,6	45,2 0,499	54,7 0,441	70,6 0,372	88,6 0,323	116 0,274	147 0,235	181 0,206	229 0,176	283 0,157	354 0,137	449 0,118	570 0,098
1,74	1,7	48 0,549	58,1 0,49	75,1 0,421	94,2 0,363	123 0,304	156 0,265	192 0,235	243 0,196	300 0,176	377 0,157	477 0,127	605 0,118
1,94	1,8	50,9 0,608	61,5 0,539	79,5 0,461	99,9 0,402	130 0,343	165 0,294	204 0,255	268 0,225	318 0,196	399 0,167	505 0,147	641 0,127
2,17	1,9	53,7 0,6762	65 0,596	83,9 0,51	105 0,441	137 0,372	174 0,324	215 0,284	272 0,245	336 0,216	421 0,186	533 0,157	677 0,137
2,4	2	56,5 0,735	68,4 0,657	88,3 0,559	111 0,48	145 0,412	183 0,353	226 0,314	286 0,265	353 0,235	443 0,206	561 0,176	712 0,147

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2,65	2,1	59,3 0,804	71,8 0,715	92,7 0,608	116 0,529	162 0,451	192 0,382	237 0,333	300 0,294	371 0,255	465 0,225	589 0,196	748 0,167
2,9	2,2	62,2 0,872	76,2 0,774	97,1 0,666	122 0,578	169 0,49	201 0,421	249 0,363	315 0,314	389 0,274	487 0,245	617 0,206	734 0,176
3,18	2,3	65 0,951	78,6 0,8428	101 0,7154	127 0,6174	172 0,5292	211 0,4508	260 0,4018	329 0,343	406 0,3038	510 0,2646	645 0,2254	819 0,196
3,45	2,4	67,8 1,019	82,1 0,911	106 0,774	134 0,66	174 0,568	220 0,49	271 0,431	343 0,372	424 0,323	532 0,284	673 0,245	865 0,206
3,74	2,5	70,6 1,098	85,5 0,98	110,4 0,833	139 0,725	181 0,608	229 0,529	282 0,461	358 0,402	442 0,353	554 0,304	701 0,265	890 0,225
4,05	2,6	73,5 1,176	88,9 1,049	115 0,892	144 0,774	188 0,657	238 0,568	294 0,49	372 0,431	459 0,372	576 0,323	729 0,284	926 0,245
4,37	2,7	76,3 1,264	92,3 1,117	119 0,960	150 0,833	195 0,706	247 0,608	305 0,529	386 0,461	477 0,402	598 0,353	757 0,304	962 0,255
4,7	2,8	79,1 1,352	95,7 1,196	124 1,019	155 0,882	203 0,745	256 0,647	316 0,51	401 0,49	495 0,431	620 0,372	785 0,323	997 0,274
5,04	2,9	81,9 1,441	99,2 1,274	128 1,088	161 0,941	210 0,794	266 0,686	328 0,596	415 0,519	512 0,461	643 0,392	813 0,343	1033 0,294
5,39	3	84,8 1,529	103 1,352	133 1,156	166 0,999	217 0,853	275 0,735	339 0,637	429 0,51	530 0,49	665 0,421	841 0,363	1068 0,314

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5,76	3,1	87,6 1,617	106 1,441	137 1,225	172 1,068	224 0,902	284 0,784	350 0,676	444 0,588	548 0,519	687 0,451	869 0,382	1104 0,333
6,14	3,2	90,4 1,715	109 1,529	141 1,294	177 1,127	231 0,951	293 0,823	362 0,715	458 0,627	565 0,549	709 0,47	897 0,412	1140 0,353
6,53	3,3	93,3 1,813	113 1,607	146 1,372	183 1,196	239 1,009	302 0,872	373 0,764	472 0,657	583 0,578	731 0,499	925 0,431	1175 0,372
6,93	3,4	96,1 1,911	116 1,705	150 1,45	188 1,254	246 1,068	311 0,921	384 0,804	486 0,696	601 0,608	753 0,529	953 0,461	1211 0,392
7,34	3,5	98,9 2,009	120 1,793	154 1,529	194 1,323	253 1,117	321 0,970	396 0,843	501 0,735	618 0,647	775 0,51	981 0,48	1247 0,412
7,77	3,6	102 2,117	123 1,891	159 1,607	199 1,392	260 1,176	330 1,019	407 0,892	515 0,774	636 0,676	798 0,588	1009 0,51	1282 0,441
8,2	3,7	105 2,234	127 1,98	163 1,695	2051 1,47	268 1,245	339 1,068	418 0,941	529 0,813	654 0,715	820 0,617	1038 0,529	1318 0,461
8,65	3,8	107 2,342	130 2,078	168 1,774	211 1,539	275 1,294	348 1,127	430 0,98	544 0,853	671 0,745	842 0,647	1066 0,559	1353 0,480
9,11	3,9	110 2,46	133 2,185	172 1,862	216 1,617	282 1,362	357 1,176	441 1,029	558 0,892	689 0,784	864 0,676	1094 0,588	1389 0,51
9,59	4	113 2,577	137 2,283	177 1,940	222 1,686	289 1,421	366 1,235	452 1,078	572 0,931	706 0,813	886 0,706	1122 0,608	1425 0,529

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10,09	4,1	116 2,695	140 2,391	181 2,038	227 1,764	297 1,499	375 1,294	463 1,127	587 0,98	724 0,853	908 0,7448	1150 0,637	1460 0,549
10,58	4,2	119 2,813	144 2,449	186 2,127	233 1,842	304 1,558	385 1,352	475 1,176	601 1,019	742 0,892	931 0,774	1178 0,666	1496 0,578
11,07	4,3	122 2,94	147 2,607	190 2,225	238 1,931	311 1,627	394 1,411	486 1,235	615 1,068	759 0,931	953 0,813	1208 0,696	1531 0,608
11,56	4,4	124 3,067	150 2,724	194 2,323	205 1,019	318 1,705	403 1,47	497 1,284	629 1,107	777 0,97	975 0,853	1234 0,735	1567 0,627
12,15	4,5	127 3,195	154 2,832	199 2,421	249 2,097	326 1,774	412 1,529	509 1,343	644 1,156	795 1,019	997 0,882	1262 0,764	1603 0,657
12,64	4,6	130 3,322	157 2,95	203 2,519	255 2,185	333 1,842	421 1,597	520 1,392	658 1,205	812 1,058	1019 0,921	1290 0,794	1638 0,686
13,23	4,7	133 3,459	161 3,067	208 2,617	260 2,274	340 1,921	430 1,656	531 1,45	672 1,254	830 1,098	1041 0,951	1318 0,823	1674 0,706
13,82	4,8	136 3,587	164 3,185	212 2,715	266 2,352	347 1,989	440 1,725	543 1,509	687 1,303	848 1,147	1063 0,99	1346 0,853	1710 0,735
14,41	4,9	139 3,734	168 3,312	216 2,822	271 2,45	355 2,068	449 1,793	554 1,568	701 1,352	865 1,186	1086 1,029	1374 0,892	1745 0,666
14,99	5	141 3,871	171 3,43	221 2,930	277 2,538	362 2,146	458 1,852	565 1,617	715 1,401	883 1,235	1108 1,068	1402 0,921	1781 0,794

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15,58	5,1	144 4,008	174 3,567	225 3,038	283 2,636	369 2,225	467 1,931	577 1,686	730 1,46	901 1,274	1130 1,107	1430 0,96	1810 0,823
16,17	5,2	147 4,155	178 3,695	226 3,146	288 2,734	376 2,313	476 1,999	588 1,744	744 1,509	918 1,323	1152 1,147	1458 0,99	1854 0,853
16,86	5,3	150 4,312	181 3,822	234 3,263	294 2,832	383 2,391	485 2,068	599 1,803	758 1,558	936 1,372	1174 1,186	1486 1,029	1888 0,882
17,44	5,4	153 4,459	185 3,959	238 3,371	299 2,93	391 2,479	494 2,136	610 1,872	773 1,617	954 1,421	1196 1,235	1514 1,058	1923 0,911
18,13	5,5	155 4,606	188 4,096	243 3,489	305 3,028	398 2,558	503 2,215	622 1,931	787 1,676	971 1,47	1219 1,274	1542 1,098	1959 0,951
18,92	5,6	158 4,763	192 4,234	247 3,606	310 3,126	405 2,646	513 2,283	633 1,999	801 1,725	989 1,519	1241 1,313	1570 1,137	1994 0,98
19,5	5,7	161 4,92	195 4,371	252 3,724	316 3,234	412 2,734	522 2,362	644 2,058	815 1,813	1007 1,568	1263 1,362	1598 1,176	2030 1,009
20,19	5,8	164 5,086	198 4,508	256 3,842	321 3,342	420 2,822	531 2,44	656 2,127	830 1,842	1024 1,617	1285 1,401	1626 1,215	2066 1,049
20,87	5,9	167 5,243	202 4,645	261 3,969	327 3,44	427 2,911	540 2,519	667 2,195	844 1,901	1042 1,666	1307 1,45	1654 1,254	2101 1,078
21,56	6	170 5,41	205 4,802	265 4,096	332 3,548	434 2,999	549 2,597	678 2,264	858 1,96	1060 1,725	1329 1,49	1682 1,294	2137 1,107

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
22,34	6,1	172 5,576	209 4,949	269 4,214	337 3,655	441 3,097	559 2,675	690 2,332	873 2,009	1071 1,774	1352 1,539	1711 1,333	2172 1,147
23,03	6,2	175 5,753	212 5,106	274 4,351	343 3,773	449 3,195	568 2,764	701 2,411	887 2,087	1095 1,833	1374 1,588	1739 1,372	2208 1,176
23,81	6,3	178 5,919	215 5,253	278 4,479	349 3,881	456 3,283	577 2,842	712 2,479	901 2,146	1113 1,882	1396 1,637	1761 1,411	2244 1,215
24,6	6,4	181 6,096	219 5,41	283 4,606	355 3,998	463 3,381	586 2,92	724 2,558	916 2,215	1130 1,94	1418 1,686	1795 1,45	2279 1,2544
25,28	6,5	184 6,272	222 5,566	287 4,743	360 4,116	470 3,479	595 3,009	735 2,626	930 2,274	1148 1,989	1440 1,735	1823 1,49	2315 1,284
26,07	6,6	187 6,449	226 5,723	291 4,880	366 4,234	478 3,577	604 3,097	746 2,705	944 2,342	1166 2,049	1462 1,813	1851 1,539	2351 1,323
26,95	6,7	189 6,6346	229 5,88	296 5,018	371 4,351	485 3,685	614 3,185	757 2,78	959 2,401	1183 2,107	1484 1,833	1879 1,578	2386 1,362
27,73	6,8	193 6,821	233 6,047	300 5,155	377 4,479	492 3,783	623 3,273	769 2,862	973 2,47	1201 2,166	1501 1,882	1907 1,627	2422 1,401
28,52	6,9	195 6,997	236 6,213	305 5,292	382 4,596	499 3,881	632 3,361	780 2,93	987 2,538	1219 2,225	1529 1,931	1935 1,666	2457 1,441
29,4	7	198 7,193	239 6,556	309 5,439	388 4,724	506 3,989	641 3,45	791 3,01	1001 2,607	1236 2,283	1551 1,989	1963 1,715	2493 1,48

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
30,18	7,1	201 7,379	242 6,556	314 5,586	393 4,841	514 4,09	650 3,538	802 3,0968	1015 2,675	1254 2,352	1578 2,038	1991 1,754	2529 1,519
31,07	7,2	204 7,575	246 6,674	318 5,733	399 4,978	521 4,204	659 3,636	814 3,175	1030 2,754	1272 2,411	1595 2,097	2019 1,803	2564 1,558
31,95	7,3	206 7,781	250 6,899	322 5,89	404 5,106	528 4,322	668 3,734	825 3,263	1044 2,822	1289 2,47	1617 2,146	2047 1,852	2600 1,597
32,83	7,4	209 7,977	253 7,076	327 6,037	410 5,233	535 4,43	678 3,822	837 3,342	1059 2,891	1307 2,538	1640 2,205	2075 1,901	2635 1,637
33,71	7,5	212 8,173	257 7,2618	331 6,184	415 5,370	543 4,537	687 3,92	848 3,43	1073 2,969	1325 2,597	1662 2,254	2103 1,95	2671 1,676
34,6	7,6	215 8,379	260 7,438	336 6,243	421 5,498	550 4,645	696 4,018	859 3,508	1087 3,038	1342 2,666	1684 2,313	2131 1,999	2707 1,715
35,57	7,7	218 8,585	263 7,615	340 6,497	427 5,635	557 4,763	705 4,116	870 3,597	1102 3,116	1360 2,734	1706 2,372	2159 2,049	2742 1,764
36,46	7,8	220 8,791	267 7,801	344 6,644	432 5,772	564 4,880	714 4,214	882 3,685	1116 3,185	1378 2,793	1728 2,43	2187 2,097	2778 1,803
37,44	7,9	223 8,996	270 7,987	349 6,811	438 5,909	572 5,998	723 4,3218	893 3,773	1130 3,263	1395 2,862	1750 2,489	2215 2,146	2814 1,852
38,32	8	226 9,212	274 8,173	353 6,968	443 6,047	579 5,116	733 4,42	904 3,861	1145 3,342	1413 2,93	1772 2,548	2243 2,195	2849 1,891

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
39,3	8,1	229 9,4276	277 8,369	358 7,134	449 6,194	586 5,233	742 4,528	916 3,949	1159 3,42	1431 2,999	1795 2,607	2271 2,244	2885 1,931
40,28	8,2	232 9,643	280 8,565	362 7,301	454 6,331	593 5,361	751 4,626	927 4,047	1173 3,499	1448 3,067	1817 2,666	2299 2,303	2920 1,98
41,26	8,3	235 9,898	284 8,761	367 7,468	460 6,478	601 5,478	760 4,733	938 4,136	1187 3,577	1466 3,136	1839 2,724	2327 2,352	2956 2,019
42,34	8,4	237 10,09	287 8,957	371 7,634	465 6,625	608 5,606	769 4,841	949 4,234	1202 3,665	1484 3,205	1861 2,783	2355 2,401	2992 2,068
43,32	8,5	240 10,29	291 9,153	375 7,811	471 6,772	615 5,723	778 4,949	961 4,322	1216 3,744	1501 3,283	1885 2,852	2383 2,46	3027 2,117
44,3	8,6	243 10,58	294 9,359	380 7,977	476 6,919	622 5,851	782 5,057	972 4,42	1230 3,822	1519 3,352	1905 2,911	2412 2,509	3063 2,166
45,37	8,7	246 10,78	298 9,565	298 8,154	482 7,076	629 5,978	797 5,165	983 4,518	1245 3,91	1537 3,43	1928 2,969	2440 2,568	3098 2,215
46,45	8,8	249 10,98	301 9,761	389 8,33	487 7,174	637 6,105	806 5,282	995 4,616	1259 3,783	1554 3,499	1950 3,038	2468 2,626	3134 2,264
47,43	8,9	252 11,27	304 9,996	393 8,506	493 7,379	644 6,243	815 5,399	1006 4,714	1273 4,077	1572 3,577	1972 3,107	2496 2,675	3170 2,313
48,51	9	254 11,466	397 8,683	397 8,683	499 7,536	651 6,37	824 5,508	1017 4,812	1288 4,165	1590 3,655	1994 3,165	2524 2,734	3205 2,362

Продолжение прил. 2

К расчету круглых стальных воздуховодов при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

P , Па	v , м/с	Количество проходящего воздуха, м ³ /ч (верхняя строка) и потери давления на трение, Па на 1 м (нижняя строка) воздуховода при внутренних диаметрах, мм												
		400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,0059	0,1	45	57	71	89	112	142	181	229	283	364	442	554	723
		0,001	0,001	0,001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,024	0,2	90	114	141	177	224	285	362	458	565	709	883	1103	1447
		0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	—	—
0,054	0,3	136	172	212	267	336	427	543	687	848	1063	1325	1662	2170
		0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
0,096	0,4	181	229	283	354	449	570	723	916	1130	1418	1766	2216	2894
		0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
0,1499	0,5	226	286	353	443	561	712	904	1145	1413	1772	2208	2769	3617
		0,01	0,01	0,009	0,008	0,006	0,006	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002
0,2156	0,6	271	343	424	532	673	855	1085	1373	1696	2127	2649	3323	4341
		0,01	0,01	0,01	0,01	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003
0,294	0,7	317	401	495	620	785	997	1266	1602	1978	2481	3091	3877	5064
		0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,009	0,007	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004
0,3831	0,8	362	458	565	709	897	1140	1447	1831	2261	2836	3533	4431	5788
		0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005	0,005
0,4851	0,9	407	515	636	798	1009	1289	1628	2060	2543	3190	3974	4985	6511
		0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,009	0,008	0,007	0,006
0,5998	1	452	572	707	886	1122	1425	1809	2289	2826	3545	4416	5539	7235
		0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,009	0,008	0,007

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,7252	1,1	497 0,05	629 0,04	777 0,03	975 0,03	1254 0,03	1567 0,02	1990 0,02	2518 0,02	3109 0,01	3899 0,01	4857 0,01	6093 0,01	7958 0,008
0,8634	1,2	543 0,05	687 0,05	848 0,04	1063 0,04	1346 0,03	1710 0,03	2170 0,02	2747 0,02	3391 0,02	4254 0,01	5299 0,01	6647 0,01	8681 0,009
1,0094	1,3	588 0,06	744 0,05	918 0,05	1152 0,04	1458 0,03	1852 0,03	2351 0,02	2976 0,02	3674 0,02	4602 0,02	5740 0,01	7201 0,01	9405 0,01
1,176	1,4	633 0,07	801 0,06	989 0,05	1241 0,05	1570 0,04	1994 0,03	2532 0,03	3205 0,03	3956 0,02	4963 0,02	6182 0,02	7755 0,01	10128 0,01
1,3524	1,5	678 0,08	858 0,07	1060 0,06	1329 0,05	1682 0,05	2137 0,04	2713 0,03	3434 0,03	4239 0,03	5317 0,02	6623 0,02	8308 0,02	10852 0,01
1,5386	1,6	723 0,09	916 0,08	1130 0,07	1418 0,06	1795 0,05	2279 0,04	2894 0,04	3662 0,03	4622 0,03	5672 0,02	7065 0,02	8862 0,02	11575 0,02
1,7346	1,7	768 0,1	973 0,09	1201 0,08	1507 0,07	1907 0,06	2422 0,05	3074 0,04	3891 0,04	4804 0,03	6026 0,03	7507 0,02	9416 0,02	12299 0,02
1,9404	1,8	814 0,108	1030 0,1	1272 0,08	1595 0,07	2019 0,06	2564 0,05	3256 0,05	4120 0,04	5087 0,04	6380 0,03	7948 0,03	9970 0,02	13022 0,02
2,1658	1,9	859 0,118	1087 0,1	1342 0,09	1684 0,08	2131 0,07	2707 0,06	3436 0,05	4349 0,04	5369 0,04	6735 0,03	8390 0,03	10524 0,03	13746 0,02
2,401	2	904 0,127	1145 0,109	1413 0,1	1772 0,09	2243 0,08	2849 0,06	3617 0,06	4578 0,05	5652 0,04	7090 0,04	8831 0,03	11078 0,03	14469 0,02

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2,646	2,1	950 0,147	1202 0,127	1484 0,108	1861 0,1	2355 0,08	2992 0,07	3798 0,06	4807 0,05	5935 0,05	7444 0,04	9273 0,03	11632 0,03	15193 0,03
2,9008	2,2	995 0,157	1259 0,137	1554 0,118	1950 0,1	2468 0,09	3134 0,08	3979 0,07	5036 0,06	6217 0,05	7799 0,04	9714 0,04	12186 0,03	15916 0,03
3,1752	2,3	1040 0,167	1316 0,147	1625 0,127	2038 0,108	2580 0,1	3277 0,08	4160 0,07	5265 0,06	6500 0,05	8153 0,05	10156 0,04	12739 0,04	16639 0,03
3,4496	2,4	1085 0,176	1373 0,157	1696 0,137	2127 0,118	2692 0,1	3419 0,09	4341 0,08	5494 0,07	6782 0,06	8508 0,05	10598 0,04	13293 0,04	17363 0,03
3,7436	2,5	1170 0,196	1431 0,167	1766 0,147	2216 0,127	2804 0,109	3561 0,1	4522 0,08	5723 0,07	7065 0,06	8862 0,05	11039 0,05	13847 0,04	18086 0,04
4,0474	2,6	1176 0,206	1488 0,176	1837 0,157	2304 0,137	2916 0,118	3704 0,1	4702 0,09	5952 0,08	7348 0,07	9217 0,06	11481 0,05	144010,0 4	18810 0,04
4,3708	2,7	1221 0,225	1545 0,196	1908 0,167	2393 0,147	3028 0,127	3846 0,108	4883 0,1	6180 0,08	7630 0,07	9571 0,06	11922 0,05	14955 0,05	19533 0,04
4,704	2,8	1266 0,235	1602 0,206	1978 0,176	2481 0,157	3141 0,137	3989 0,118	5064 0,1	6409 0,09	7913 0,08	9926 0,07	12364 0,06	15509 0,05	20257 0,04
5,0372	2,9	1311 0,255	1660 0,216	2049 0,196	2570 0,167	3253 0,147	4131 0,127	5245 0,108	6638 0,09	8195 0,08	10280 0,07	12805 0,06	16063 0,05	20980 0,05
5,39	3	1356 0,274	1717 0,235	2120 0,206	2659 0,176	3365 0,157	4274 0,127	5426 0,118	6867 0,1	8478 0,09	10635 0,08	13247 0,07	16617 0,06	21704 0,05

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5,7624	3,1	1402 0,294	1774 0,245	2190 0,216	2747 0,186	3477 0,167	4416 0,137	5607 0,118	7096 0,108	8761 0,09	10989 0,08	13688 0,07	17171 0,06	22427 0,05
6,1348	3,2	1447 0,304	1831 0,265	2261 0,225	2836 0,196	3589 0,176	4559 0,147	5788 0,127	7325 0,108	9043 0,1	11344 0,09	14130 0,07	17725 0,06	23151 0,05
6,5268	3,3	1492 0,323	1888 0,274	2331 0,245	2925 0,206	3701 0,186	4701 0,157	5969 0,137	7554 0,118	9326 0,1	11698 0,09	14572 0,08	18279 0,07	23874 0,06
6,9286	3,4	1537 0,343	1946 0,294	2402 0,255	3013 0,225	3814 0,196	4844 0,167	6149 0,147	7783 0,127	9608 0,108	12053 0,1	15013 0,08	18832 0,07	24598 0,06
7,3402	3,5	1583 0,353	2003 0,304	2473 0,274	3102 0,235	3926 0,206	4986 0,176	6330 0,147	8012 0,127	9891 0,118	12407 0,1	15455 0,09	19386 0,08	25321 0,06
7,7714	3,6	1628 0,372	2060 0,323	2543 0,284	3190 0,245	4038 0,216	5129 0,186	6511 0,157	8242 0,137	10174 0,118	12762 0,108	15896 0,09	19940 0,08	26044 0,07
8,2026	3,7	1673 0,392	2117 0,343	2614 0,304	3279 0,255	4150 0,225	5271 0,196	6692 0,167	8470 0,147	10456 0,127	13116 0,108	16338 0,1	20494 0,08	26768 0,07
8,6534	3,8	1718 0,412	2175 0,363	2685 0,314	3368 0,274	4262 0,235	5413 0,206	6873 0,176	8698 0,147	10739 0,127	13471 0,118	16779 0,1	21048 0,09	27491 0,07
9,114	3,9	1763 0,431	2232 0,372	2755 0,333	3456 0,284	4374 0,245	5556 0,216	7054 0,186	8927 0,157	11021 0,137	13825 0,118	17221 0,108	21602 0,09	28215 0,08
9,5942	4	1809 0,451	2289 0,392	2826 0,343	3545 0,294	4481 0,255	5698 0,225	7235 0,186	9156 0,167	8698 0,147	14180 0,127	17662 0,108	22156 0,1	28938 0,08

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10,094	4,1	1854 0,48	2346 0,412	2897 0,363	3634 0,314	4599 0,274	5841 0,235	7415 0,196	9385 0,176	11587 0,147	14534 0,127	18104 0,118	22710 0,1	29662 0,09
10,584	4,2	1899 0,5	2404 0,431	2967 0,372	3722 0,323	4711 0,284	5983 0,245	7596 0,206	9514 0,176	11869 0,157	14889 0,137	18546 0,118	23264 0,108	30385 0,09
11,074	4,3	1944 0,519	2461 0,451	3038 0,392	3811 0,343	4825 0,294	6126 0,255	7777 0,216	9843 0,186	12152 0,167	15243 0,147	18987 0,127	23818 0,108	31109 0,09
11,564	4,4	1990 0,539	2518 0,47	3109 0,412	3899 0,353	4935 0,304	6268 0,265	7958 0,225	10071 0,196	12434 0,176	15598 0,147	19429 0,127	24371 0,118	31832 0,1
12,152	4,5	2035 0,568	2575 0,49	3179 0,431	3988 0,372	5047 0,323	6411 0,274	8139 0,235	10301 0,206	12717 0,176	15952 0,157	19870 0,137	24925 0,118	32556 0,1
12,642	4,6	2080 0,588	2632 0,51	3250 0,441	4077 0,382	5160 0,333	6553 0,284	8320 0,245	10530 0,216	13000 0,186	16307 0,167	20312 0,137	25479 0,127	33279 0,1
13,23	4,7	2125 0,608	2690 0,529	3321 0,461	4165 0,402	5272 0,343	6690 0,294	8501 0,255	10759 0,225	13282 0,196	16661 0,167	20753 0,147	26033 0,127	34002 0,108
13,818	4,8	2170 0,637	2747 0,549	3391 0,48	4254 0,421	5384 0,363	6838 0,314	8681 0,265	10987 0,225	13565 0,206	17016 0,176	21195 0,157	26587 0,137	34726 0,108
14,41	4,9	2216 0,657	2804 0,568	3462 0,5	4343 0,431	5496 0,372	6980 0,323	8862 0,274	11216 0,235	13847 0,206	17370 0,186	21637 0,157	27141 0,137	35449 0,118
14,99	5	2261 0,686	2861 0,588	3532 0,519	4431 0,451	5608 0,392	7123 0,333	9043 0,284	11445 0,245	14130 0,216	17725 0,186	22078 0,167	27695 0,147	36173 0,118

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15,58	5,1	2306 0,706	2919 0,608	3603 0,539	4520 0,47	5720 0,402	7265 0,343	9224 0,294	11674 0,255	14413 0,225	18079 0,196	22520 0,167	28248 0,147	36896 0,127
16,17	5,2	2351 0,735	2976 0,637	3674 0,559	4608 0,48	5833 0,421	7408 0,363	9405 0,314	11903 0,265	14695 0,235	18434 0,206	22961 0,176	28803 0,157	37620 0,127
16,86	5,3	2396 0,764	3033 0,657	3744 0,572	4697 0,5	5945 0,431	7550 0,372	9586 0,323	12132 0,274	14978 0,245	18788 0,206	23403 0,186	29356 0,157	38343 0,137
17,44	5,4	2442 0,784	3090 0,676	3816 0,598	4786 0,519	6057 0,451	7693 0,382	9767 0,333	12361 0,284	15260 0,255	19143 0,216	23844 0,186	29910 0,167	39067 0,137
18,13	5,5	2487 0,813	3147 0,706	3886 0,617	4874 0,539	6169 0,461	7835 0,402	9948 0,343	12590 0,294	15543 0,255	19497 0,225	24286 0,196	30464 0,167	39790 0,147
18,92	5,6	2535 0,843	3205 0,725	3956 0,637	4963 0,549	6281 0,48	7978 0,412	10128 0,353	12819 0,304	15826 0,265	19851 0,235	24727 0,206	31018 0,176	40514 0,147
19,5	5,7	2577 0,872	3262 0,755	4027 0,657	5052 0,568	6393 0,49	8120 0,421	10309 0,363	13047 0,314	16108 0,274	20208 0,245	25169 0,206	31572 0,186	41257 0,157
20,19	5,8	2623 0,902	3319 0,774	4098 0,676	5140 0,588	6506 0,51	8263 0,441	10490 0,382	13277 0,323	16391 0,284	20561 0,245	25611 0,216	32126 0,186	41960 0,157
20,87	5,9	2668 0,931	3376 0,804	4168 0,706	5229 0,608	6618 0,529	8405 0,451	10671 0,392	13505 0,333	16673 0,294	20915 0,255	26052 0,225	32680 0,196	42684 0,167
21,56	6	2713 0,96	3434 0,823	4239 0,725	5317 0,627	6730 0,539	8548 0,47	10852 0,402	18734 0,343	16956 0,304	21270 0,265	26494 0,225	33234 0,196	43407 0,167

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
22,34	6,1	2758 0,99	3491 0,853	4310 0,745	5406 0,647	6842 0,559	8690 0,48	11033 0,412	13963 0,353	17239 0,314	21624 0,274	26935 0,235	33788 0,206	44131 0,176
23,03	6,2	2803 1,019	3605 0,902	4380 0,764	5495 0,666	5495 0,572	8832 0,5	11214 0,431	14191 0,372	17521 0,323	21979 0,284	27377 0,245	34342 0,216	44854 0,176
23,81	6,3	2849 1,049	3605 0,902	4451 0,794	5583 0,686	7066 0,588	8975 0,51	11394 0,441	14421 0,382	17804 0,333	22333 0,284	27818 0,255	34895 0,216	45578 0,186
24,6	6,4	2894 1,078	3662 0,931	4522 0,813	5672 0,706	7178 0,608	9117 0,529	11575 0,451	14650 0,392	18086 0,343	22688 0,294	28260 0,255	35449 0,225	46301 0,186
25,28	6,5	2939 1,107	3720 0,96	4592 0,843	5761 0,725	7291 0,627	9260 0,539	11756 0,47	14879 0,402	18369 0,353	23042 0,304	28702 0,265	36003 0,235	47025 0,196
26,07	6,6	2984 1,137	3777 0,98	4663 0,862	5849 0,745	7403 0,647	9402 0,559	11937 0,48	15108 0,412	18652 0,363	23397 0,314	29143 0,274	36557 0,235	47748 0,206
26,95	6,7	3029 1,176	3834 1,009	4734 0,882	5938 0,774	7515 0,666	9545 0,568	12118 0,49	15337 0,421	18934 0,372	23751 0,323	29585 0,284	37111 0,245	48472 0,206
27,73	6,8	3075 1,205	3892 1,039	4804 0,911	6026 0,794	7627 0,686	9687 0,588	12299 0,51	15566 0,441	19217 0,382	24106 0,333	30026 0,294	37665 0,255	49495 0,216
28,52	6,9	3120 1,235	3949 1,068	4875 0,941	6115 0,813	7739 0,706	9830 0,608	12480 0,519	15795 0,451	19499 0,392	24460 0,343	30468 0,294	38219 0,255	49918 0,216
29,4	7	3165 1,274	4006 1,098	4945 0,96	6204 0,833	7851 0,725	9972 0,617	12660 0,539	16023 0,461	19782 0,402	24815 0,353	30901 0,304	38773 0,265	50642 0,225

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
30,18	7,1	3210 1,303	4063 1,127	5016 0,99	6292 0,853	7964 0,735	10115 0,637	12841 0,549	16252 0,47	20265 0,412	25169 0,363	31351 0,314	39327 0,274	51365 0,235
31,07	7,2	3256 1,343	4120 1,156	5087 1,009	6381 0,882	8076 0,755	10265 0,657	13022 0,559	16481 0,49	20347 0,421	25524 0,372	31792 0,323	39881 0,284	52089 0,235
31,95	7,3	3301 1,372	4178 1,186	5157 1,039	6470 0,902	8188 0,774	10405 0,666	13203 0,572	16710 0,5	20630 0,441	25878 0,382	32234 0,333	40434 0,284	52812 0,245
32,83	7,4	3346 1,411	4235 1,215	5228 1,068	6558 0,921	8300 0,794	10545 0,686	13384 0,588	16939 0,51	20912 0,451	26233 0,392	32676 0,343	40988 0,294	53536 0,245
33,71	7,5	3391 1,45	4292 1,245	5299 1,098	6647 0,951	8412 0,823	10685 0,706	13565 0,608	17168 0,519	21195 0,461	26687 0,402	33117 0,353	41542 0,304	54259 0,255
34,6	7,6	3436 1,48	4349 1,274	5369 1,117	6735 0,97	8524 0,843	10830 0,725	13746 0,617	17397 0,539	21478 0,47	26942 0,412	33559 0,353	42096 0,314	54983 0,265
35,57	7,7	3482 1,519	4406 1,313	5440 1,147	6824 0,1	8637 0,862	10969 0,745	13907 0,637	17626 0,549	21760 0,48	27296 0,421	34000 0,363	42650 0,314	55706 0,265
36,46	7,8	3527 1,558	4464 1,343	5511 1,176	6913 1,019	8749 0,882	11112 0,755	14107 0,657	17854 0,559	22043 0,49	27690 0,431	34442 0,372	43204 0,323	56430 0,274
37,44	7,9	3572 1,588	4521 1,372	5581 1,205	7001 1,049	8861 0,902	11254 0,774	14288 0,666	18084 0,572	22325 0,51	28005 0,441	34883 0,382	43758 0,333	57153 0,284
38,32	8	3617 1,627	4578 1,401	5652 1,235	7090 1,068	8973 0,921	11397 0,794	14469 0,686	19312 0,588	22608 0,519	28359 0,451	35325 0,392	44312 0,343	57876 0,284

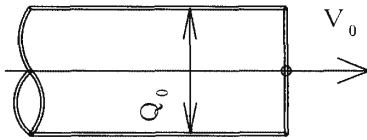
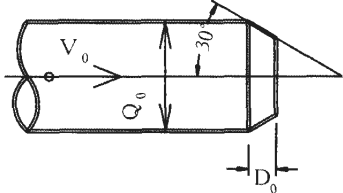
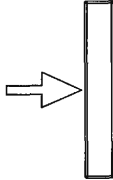
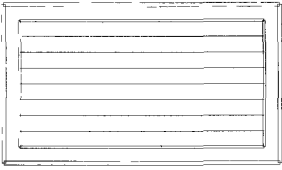
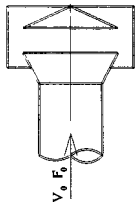
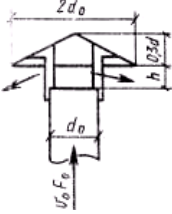
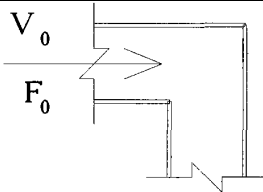
Окончание прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
39,3	8,1	3662 1,666	4635 1,441	5723 1,264	7178 1,098	9085 0,941	11539 0,813	14650 0,696	18541 0,608	22891 0,529	28714 0,461	35766 0,402	35766 0,353	58600 0,294
40,28	8,2	3708 1,705	4693 1,47	5793 1,294	7267 1,117	9197 0,97	11682 0,833	14831 0,715	18770 0,617	23173 0,539	29068 0,47	36208 0,412	45419 0,353	59323 0,304
41,26	8,3	3753 1,744	4750 1,509	5864 1,323	7356 1,147	9310 0,99	11824 0,853	15012 0,735	18999 0,637	23456 0,559	29423 0,48	36650 0,421	45973 0,363	60047 0,304
42,34	8,4	3798 1,784	4807 1,539	5935 1,353	7444 1,166	9422 1,009	11967 0,872	15193 0,745	19228 0,647	23738 0,568	29777 0,49	37091 0,431	46527 0,372	60770 0,314
43,32	8,5	3843 1,823	4864 1,578	6005 1,382	7533 1,196	9534 1,029	12109 0,892	15373 0,764	19457 0,657	24021 0,572	30132 0,5	37533 0,441	47081 0,382	61494 0,323
44,3	8,6	3889 1,862	4921 1,607	6076 1,411	7622 1,225	9646 1,058	12251 0,911	15554 0,784	19686 0,676	24304 0,598	30486 0,519	37974 0,451	47635 0,392	62217 0,333
45,37	8,7	3934 1,901	4979 1,646	6147 1,441	7710 1,254	9758 1,078	12394 0,931	15735 0,804	19915 0,686	24586 0,608	30841 0,529	37416 0,461	48189 0,402	62941 0,333
46,45	8,8	3979 1,94	5036 1,676	6217 1,47	7799 1,274	9870 1,098	12536 0,951	15916 0,813	20144 0,706	24869 0,617	31195 0,539	38858 0,47	48743 0,402	63664 0,343
47,43	8,9	4024 1,989	5093 1,715	6288 1,499	7887 1,303	9983 1,127	12679 0,97	16097 0,833	20373 0,725	25151 0,637	31550 0,549	39299 0,48	49297 0,412	64388 0,353
48,51	9	4069 2,019	5150 1,754	6359 1,539	7976 1,333	10095 1,147	12821 0,99	16277 0,853	20602 0,735	25434 0,647	31904 0,559	39741 0,49	49851 0,421	65111 0,363

Приложение 3

Таблица П3.1

Коэффициенты местных сопротивлений фасонных деталей воздуховодов

п/п	Наименование устройства на детали	Эскиз	Значения КМС
1	2	3	4
1	Цилиндрическая труба		1,1
2	Цилиндрическая труба с конфузором		4,5
3	Решетка жалюзийная наружная		1,3
4	Решетка для забора или выпуска с параллельными перьями, типа РР		2,2
5	Дефлектор		0,64
6	Зонт над вытяжной шахтой		1,3
7	Колено 90°		1,2

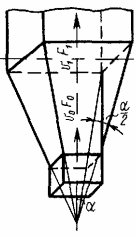
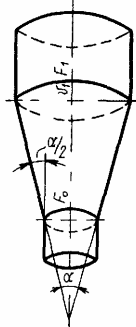
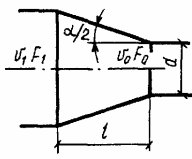
Продолжение прил. 3

Продолжение табл. П3.1

1	2	3	4					
8	Прямой канал с сеткой или решеткой на торце		F_{0TB} / F_0					
			0,6 0,8 1,0					
			ζ					
			1,97 1,32 1,0					
9	Первое боковое отверстие в воздуховоде вытяжной системы		F_{0TB} / F_0					
			0,2 0,4 0,6 0,8 1,0					
			ζ					
			64 15 6,3 3,5 2,2					
10	Отвод штампованный		R/d					
			1 1,5 2					
			ζ					
			0,21 0,17 0,15					
11	Среднее отверстие в приточном воздуховоде		выход					
			v_0 / v_1					
			0,4 0,6 0,8 1 1,2					
			ζ					
			1,8 1,7 1,7 1,8 1,9					
			v_0 / v_1					
			1,4 1,6 1,8 2					
			ζ					
2,1 2,3 2,6 3								
проход								
v_2 / v_1								
0,4 0,5 0,6 0,8 1								
ζ								
0,06 0,01 -0,03 -0,06 -0,03								
12	Среднее отверстие в вытяжном воздуховоде		$\frac{F_{0TB}}{F_1}$	L_{0TB} / L_2				
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
			вход					
			0,1	0,8	1,3	1,4	1,4	1,4
			0,2	-1,4	0,9	1,3	1,4	1,4
			0,4	-9,5	0,2	0,9	1,2	1,3
			0,6	-21,2	-2,5	0,3	1,0	1,2
			проход					
			0,1	0,1	-0,1	-0,8	-2,6	-6,6
			0,2	0,1	0,2	-0,01	-0,6	-2,1
			0,4	0,2	0,3	0,3	0,2	-0,2
			0,6	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3
13	Изменение поперечного сечения		расширение					
			F_0/F_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4
			ζ	1	0,81	0,64	0,5	0,36
			F_0/F_1	0,5	0,6	0,7	0,8	1
			ζ	0,25	0,16	0,09	0,04	0
			сужение					
			F_0/F_1	0	0,1	0,2	0,3	0,4
			ζ	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
			F_0/F_1	0,5	0,6	0,7	0,8	1
			ζ	0,25	0,2	0,15	0,1	0

Продолжение прил. 3

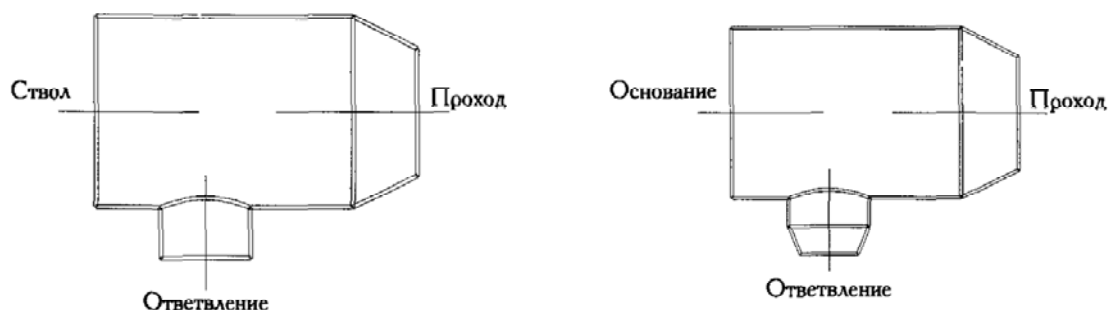
Окончание табл. ПЗ.1

1	2	3	4											
14	Диффузор пирамидальный		F_0/F_1	ζ при α , град.										
				10	12	14	16	18	20	24	28	32	40	
				0,2	0,14	0,17	0,2	0,24	0,28	0,31	0,4	0,49	0,59	0,69
				0,25	0,13	0,16	0,18	0,21	0,24	0,27	0,35	0,43	0,52	0,61
				0,3	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,24	0,31	0,38	0,46	0,53
				0,4	0,09	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,23	0,28	0,34	0,4
				0,5	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12	0,13	0,17	0,2	0,24	0,28
				0,6	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19
15	Диффузор конический		F_0/F_1	ζ при α , град.										
				10	12	14	16	20	24	30	40			
				0,2	0,12	0,14	0,17	0,19	0,25	0,32	0,43	0,61		
				0,25	0,1	0,12	0,15	0,17	0,22	0,28	0,37	0,49		
				0,3	0,09	0,11	0,13	0,15	0,2	0,25	0,33	0,42		
				0,4	0,08	0,09	0,1	0,12	0,15	0,19	0,25	0,35		
				0,5	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,14	0,18	0,25		
				0,6	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1	0,12	0,17		
16	Конфузор в сети		l/d	Значения ζ_0 при α , град.										
				10	20	30	40							
			0,1	0,41	0,34	0,27	0,24							
			0,15	0,39	0,29	0,22	0,18							
			0,6	0,29	0,2	0,15	0,13							
			Свыше 0,6	$\zeta_0 = 0,1$										
			Значения ζ конфузора в сети (при прямоугольном сечении $d = \frac{2ab}{a+b}$)											

Продолжение прил. 3

Таблица П3.2

Коэффициенты местных сопротивлений тройников круглого сечения
в режиме всасывания на проход



$f_{\text{п}}/f_{\text{с}}$	$L_{\text{о}}/L_{\text{с}}$	Значения ζ при $f_{\text{о}}/f_{\text{с}}$								
		0,65	0,5	0,4	0,32	0,25	0,2	0,16	0,125	0,1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,05	—	—	—	—	0,1	0,1	0,13	0,13	0,15
	0,1	—	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	0,2	0,2	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35	0,38	0,42	0,45
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,6	0,71	0,8	0,9
	0,4	0,55	0,6	0,7	0,8	1	1,1	1,3	1,5	1,8
	0,5	0,75	1	1,2	1,5	1,7	2	2,4	2,8	3,5
	0,6	1,2	1,6	2	2,7	3,1	3,8	4,7	5,6	7,2
0,8	0,05	—	—	—	—	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3
	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,4	0,4	0,45	0,55
	0,3	0,35	0,35	0,4	0,5	0,55	0,6	0,7	0,8	1
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,7
	0,5	0,75	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,1	2,5	3,1
	0,6	1,1	1,4	1,8	2,3	2,7	3,3	4	4,8	6,1
	0,7	1,92	2,7	3,5	4,6	5,5	6,9	8,4	10,2	13,3
0,65	0,8	3,9	6	8,2	11,5	13,9	17,8	22,2	24	36
	0,01	—	—	—	—	—	—	—	0,2	0,2
	0,05	—	—	—	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	0,1	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3
	0,2	0,25	0,25	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,4	0,5
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7	0,85
	0,4	0,4	0,5	0,55	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4
	0,5	0,6	0,75	0,85	1,1	1,3	1,5	1,8	2,1	2,6
	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,2	2,7	3,3	3,9	5
	0,7	1,5	2,2	2,8	3,8	4,5	5,5	6,9	9	10,5
	0,8	3,5	5	6,8	7,1	11,4	14,3	17,9	22	28,5

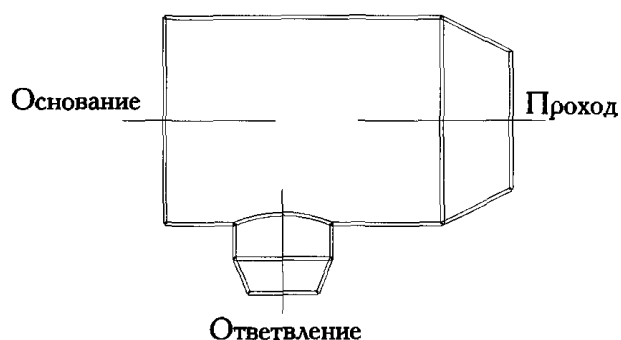
Продолжение прил. 3

Окончание табл. П3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,5	0,05	—	—	—	0,16	0,16	0,16	—	—	—
	0,1	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18	0,19	—	—	—
	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,25	0,3	—	—	—
	0,3	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,4	—	—	—
	0,4	0,35	0,4	0,45	0,55	0,6	0,65	—	—	—
	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,95	1,1	—	—	—
	0,6	0,75	0,9	1,2	1,4	1,7	2	—	—	—
	0,7	1,2	1,6	2,1	2,7	3,2	3,9	—	—	—
	0,8	2,6	3,7	4,9	6,7	8	10	—	—	—
	0,9	9,5	14,9	20,2	28,6	35,1	44,6	—	—	—

Таблица П3.3

Коэффициенты местных сопротивлений тройников круглого сечения
в режиме всасывания на ответвление



f_p/f_c	L_o/L_c	Значения ζ при f_o/f_c								
		0,65	0,5	0,4	0,32	0,25	0,2	0,16	0,125	0,1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,05	—	—	—	—	−18,9	−13	−8,6	−6,2	−3,9
	0,1	—	−14,5	−9,8	−5,9	−4,2	−2,8	−1,9	−1,3	−0,7
	0,2	−4,8	−2,9	−1,8	−0,9	−0,6	−0,3	−0,15	−0,4	0
	0,3	−1,6	−0,8	−0,4	0	0	0,1	0,2	0,2	0,2
	0,4	−0,45	−0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,28	0,25	0,2
	0,5	0,05	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,25
	0,6	0,25	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,35	0,3	0,3

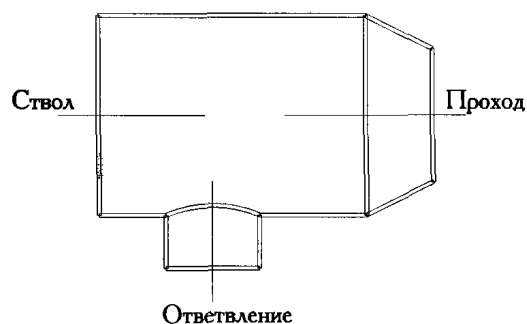
Продолжение прил. 3

Окончание табл. ПЗ.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,8	0,05	—	—	—	—	−17,6	−12	−8,3	−5,7	−3,6
	0,1	—	−13,3	−9	−5,3	−3,8	−2,5	−1,8	−1,1	−0,6
	0,2	−4,3	−2,5	−1,5	−0,8	−0,4	−0,2	0,2	0,05	0,1
	0,3	−1,4	−0,6	−0,2	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25
	0,4	−0,35	0	0,2	0,3	0,35	0,35	0,3	0,3	0,3
	0,5	0,1	0,3	0,4	0,45	0,4	0,4	0,35	0,35	0,35
	0,6	0,35	0,5	0,5	0,55	0,5	0,5	0,35	0,35	0,35
	0,7	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,35	0,35	0,35
	0,8	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,35	0,35	0,35
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,65	0,01	—	—	—	—	—	—	—	−142,8	−91,4
	0,05	—	—	—	−22,3	−16,2	−11	−7,5	−5,22	−3,3
	0,1	−19,4	−12,4	−8,2	−4,9	−3,4	−2,2	−1,5	−0,92	−0,5
	0,2	−1,3	−2,3	−1,4	−0,6	−0,35	−0,1	0,09	0,2	0,2
	0,3	−1,2	−0,45	−0,05	0,15	0,25	0,35	0,35	0,35	0,35
	0,4	−0,2	0,1	0,3	0,45	0,45	0,5	0,5	0,5	0,5
	0,5	0,15	0,4	0,5	0,55	0,55	0,55	0,5	0,5	0,5
	0,6	0,4	0,5	0,6	0,65	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
	0,7	0,5	0,65	0,7	0,7	0,65	0,6	0,5	0,5	0,5
	0,8	0,65	0,7	0,7	0,7	0,65	0,6	0,55	0,55	0,55
0,5	0,05	—	—	—	−20,4	−14,7	−10	—	—	—
	0,1	−17,7	−11,1	−7,5	−4,4	−3	−1,9	—	—	—
	0,2	−3,6	−2	−1,1	−0,4	−0,2	0,1	—	—	—
	0,3	−1	−0,3	0	0,3	0,4	0,45	—	—	—
	0,4	−0,15	0,2	0,4	0,55	0,55	0,55	—	—	—
	0,5	−0,25	0,45	0,6	0,65	0,65	0,65	—	—	—
	0,6	0,45	0,6	0,65	0,7	0,7	0,65	—	—	—
	0,7	0,55	0,7	0,7	0,7	0,7	0,65	—	—	—
	0,8	0,65	0,75	0,75	0,75	0,75	0,7	—	—	—
	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,75	0,75	—	—	—

Таблица П3.4

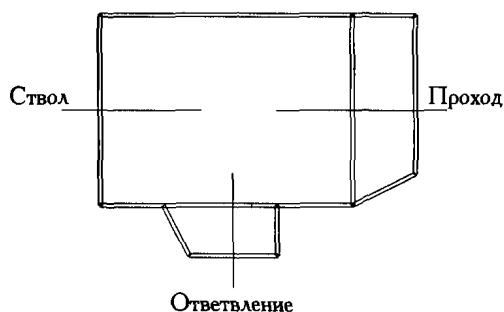
Коэффициенты местных сопротивлений тройников круглого сечения
типа прямой врезки в режиме всасывания на ответвление



$f_{\text{п}}/f_{\text{с}}$	$L_0/L_{\text{с}}$	Значения ζ при $f_0/f_{\text{с}}$						
		0,65	0,5	0,4	0,32	0,25	0,2	0,1
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,05	—	—	—	—	—	—4,8	0,73
	0,1	—	—	—4,8	—1,35	—0,17	0,73	1,42
	0,2	—	—0,17	0,73	1,35	1,39	1,42	1,12
	0,3	0,47	1,11	1,39	1,42	1,39	1,29	0,23
	0,4	1,32	1,39	1,42	1,35	1,26	1,12	—
	0,5	1,35	1,42	1,38	1,24	—	—	—
0,8	0,6	1,41	1,39	1,29	—	—	—	—
	0,1	—	—	—	—1,62	—0,26	0,68	1,34
	0,2	—	—0,26	0,68	1,26	1,37	1,34	1,07
	0,3	0,33	1,03	1,33	1,34	1,35	1,25	0,76
	0,4	1,19	1,37	1,34	1,32	1,25	1,07	—
	0,5	1,32	1,34	1,34	1,24	1,07	0,91	—
0,65	0,6	1,35	1,34	1,25	1,07	0,94	0,76	—
	0,2	—	—0,97	0,32	1,12	1,32	1,39	1,09
	0,3	0	0,89	1,24	1,39	1,35	1,29	0,77
	0,4	0,98	1,32	1,39	1,32	1,25	1,09	—
	0,5	1,28	1,39	1,34	1,23	1,09	0,92	—
	0,6	1,35	1,35	1,29	1,09	0,95	0,77	—
0,5	0,7	1,38	1,35	1,19	0,98	0,83	—	—
	0,2	—7,49	—3,12	—0,91	0,56	0,99	1,24	1,1
	0,3	—1,7	0,11	0,85	1,24	1,3	1,26	0,79
	0,4	0,26	0,99	1,24	1,29	1,23	1,1	—
	0,5	0,92	1,24	1,3	1,22	1,1	0,94	—
	0,6	1,17	1,3	1,26	1,1	0,98	0,79	—
	0,7	1,38	1,28	1,18	1	0,85	—	—
0,5	0,8	1,34	1,23	1,1	0,89	—	—	—

Таблица ПЗ.5

Коэффициенты местных сопротивлений тройников прямоугольного сечения в режиме всасывания на проход



f_p/f_c	L_o/L_c	Значения ζ при f_o/f_c							
		0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	0,45
	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,4	0,45	0,55	0,9
	0,4	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	1	1,7
	0,5	0,45	0,5	0,65	0,7	0,95	1,2	1,8	3,3
	0,6	0,55	0,7	0,9	1,2	1,6	2,2	3,4	6,8
0,9	0,05		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6
	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	1,1
	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	1,1	1,9
	0,5	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,4	2	3,6
	0,6	0,6	0,8	1	1,3	1,8	2,4	3,6	—
	0,7	0,7	1,1	1,6	2,3	3,2	4,7	7,5	—
	0,8	1,4	1,6	3	5	7,6	11,7	—	—
0,8	0,05	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3
	0,1	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
	0,2	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,4	0,45	0,7
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,45	0,5	0,6	0,7	1,1
	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7	0,9	1,2	2
	0,5	0,55	0,65	0,75	0,9	1,1	1,4	2	3,6
	0,6	0,65	0,85	1,1	1,4	1,8	2,4	3,6	7
	0,7	0,75	1,2	1,7	2,3	3,2	4,8	7,3	15
	0,8	0,7	1,8	3,2	5	7,5	11,4	18,8	40,1

Продолжение прил. 3

Окончание табл. ПЗ.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,7	0,05	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	0,1	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
	0,2	0,3	0,3	0,3	0,35	0,4	0,4	0,5	0,7
	0,3	0,35	0,4	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	1,1
	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,85	1,1	2
	0,5	0,5	0,6	0,7	0,85	1	1,3	1,9	3,2
	0,6	0,65	0,8	1	1,3	1,7	2,2	3,3	12
	0,7	0,8	1,2	1,6	2,2	3	4,3	6,7	—
	0,8	1	2	3,2	4,8	7	10,5	17	—
0,6	0,05	—	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	0,3
	0,1	—	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,4
	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	0,4	0,6
	0,3	0,3	0,35	0,4	0,4	0,45	0,5	0,65	1
	0,4	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,75	1	1,7
	0,5	0,5	0,55	0,65	0,75	0,9	1,15	1,6	—
	0,6	0,6	0,75	0,9	1,2	1,5	2	2,9	—
	0,7	0,8	1,1	1,5	2	2,7	3,75	—	—
	0,8	1,1	1,9	3	4,3	6,2	9,1	—	—
	0,9	1,3	5,2	10,1	16,4	25,2	38,9	—	—
0,5	0,05	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25
	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
	0,2	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5
	0,3	0,25	0,3	0,3	0,35	0,35	0,4	0,5	0,8
	0,4	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8	—
	0,5	0,4	0,45	0,55	0,6	0,75	1	1,3	—
	0,6	0,5	0,65	0,8	0,95	1,2	1,6	2,3	—
	0,7	0,7	0,95	1,2	1,7	2,2	3,5	—	—
	0,8	1,1	1,7	2,5	3,6	5,1	7,4	—	—
	0,9	2	5,1	8,9	13,8	20,6	31,2	—	—

Таблица П3.6

Коэффициенты местных сопротивлений тройников
прямоугольного сечения в режиме всасывания на ответвление

f_n/f_c	L_o/L_c	Значения ζ при f_o/f_c							
		0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,05	-47,8	-70	-76,6	-72,9	-63,1	-49,6	-33,8	-16,8
	0,1	-23,6	-22	-20	-16,9	-13,7	-10,2	-6,6	-2,9
	0,2	-4,7	-4	-3	-2,5	-1,75	-1	-0,35	0,15
	0,3	-1,1	-0,8	-0,4	-0,15	0,15	0,4	0,55	0,6
	0,4	0	0,2	0,4	0,55	0,7	0,75	0,8	0,7
	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,7
	0,6	0,7	0,8	0,85	0,9	0,95	0,95	0,9	0,65
0,9	0,05	—	-67,6	-76,3	-67,9	-58,3	-54	-30,8	-15,1
	0,1	-21	-19,8	-17,9	-15,2	-12,3	-10,3	-5,8	-3,9
	0,2	-4	-3,4	-2,8	-2,1	-1,4	-0,7	-0,1	0,3
	0,3	-0,9	-0,5	-0,3	0,1	0,3	0,6	0,7	0,7
	0,4	0,2	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	0,9	0,7
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	0,9	0,7
	0,6	0,8	0,9	0,9	1	1	1	0,9	—
	0,7	0,8	0,9	0,9	1	1	1	0,9	—
	0,8	0,9	1	0,95	1	1	1	—	—
0,8	0,05	-51,1	-66,1	-68,3	-63,1	-53,5	-41,4	-27,9	-13,6
	0,1	-18,7	-17,6	-15,8	-13,6	-11	-8,1	-5	-2,1
	0,2	-3,4	-2,8	-2,2	-1,7	-1,1	-0,45	0	0,45
	0,3	-0,6	-0,3	0	0,2	0,5	0,7	0,8	0,75
	0,4	0,3	0,45	0,6	0,8	0,9	1	1	0,8
	0,5	0,65	0,75	0,85	0,95	1	1	1	0,8
	0,6	0,8	0,9	0,95	1	1,1	1,1	1	0,75
	0,7	0,85	1	1	1	1	1	0,95	0,7
	0,8	0,9	1	1	1	1	1	0,9	0,7
0,7	0,05	—	-68,5	-63,2	-57,8	-48,5	-37,2	-24,9	-12
	0,1	-22,3	-16,9	-13,9	-12,1	-9,7	-7,1	-4,4	-1,7
	0,2	-2,2	-2,2	-1,7	-1,3	-0,8	-0,25	0,25	0,5
	0,3	-0,1	-0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	0,85
	0,4	0,6	0,6	0,7	0,8	1	1	1	0,9
	0,5	0,8	0,8	0,9	1	1,1	1,1	1,05	0,85
	0,6	0,9	0,9	1	1	1,1	1,1	1	0,8
	0,7	0,9	0,9	1	1	1,1	1	1	—
	0,8	0,9	0,9	1	1	1	1	0,95	—

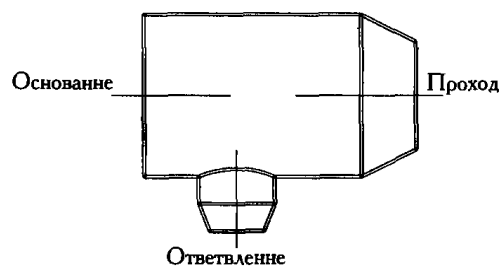
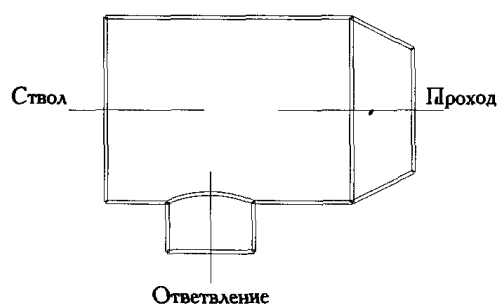
Продолжение прил. 3

Окончание табл. П3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,6	0,05	–	–60	–58,3	–52	–43,6	–33	–29,1	–10,5
	0,1	–	–14	–12,5	–10,6	–8,6	–6,3	–3,8	–1,4
	0,2	–2,3	–1,9	–1,5	–1	–0,55	–0,1	0,35	0,7
	0,3	–0,15	0	0,25	0,45	0,65	0,85	1	0,9
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	0,95	1	1,1	0,9
	0,5	0,7	0,8	0,9	0,95	1	1,1	1,1	–
	0,6	0,8	0,9	0,95	1	1,1	1,1	1,1	–
	0,7	0,8	0,9	0,95	1	1,1	1,1	–	–
	0,8	0,8	0,9	0,95	0,95	1	1	–	–
	0,9	0,8	0,8	0,9	1	1	1	–	–
0,5	0,05	–51,7	–55	–51,9	–45,4	–37,3	–28,3	–18,8	–9
	0,1	–12,6	–12	–10,8	–9,3	–7,5	–5,4	–3,2	–1,1
	0,2	–1,8	–1,5	–1,2	–0,8	–0,4	0	0,4	0,7
	0,3	0	0,1	0,25	0,45	0,65	0,8	1	0,9
	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,95	1,1	1,1	–
	0,5	0,7	0,75	0,85	0,95	1	1,1	1,1	–
	0,6	0,75	0,8	0,9	1	1	1,1	1,1	–
	0,7	0,8	0,85	0,9	1	1	1,1	–	–
	0,8	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1	–	–
	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	1	1	–	–

Таблица П3.7

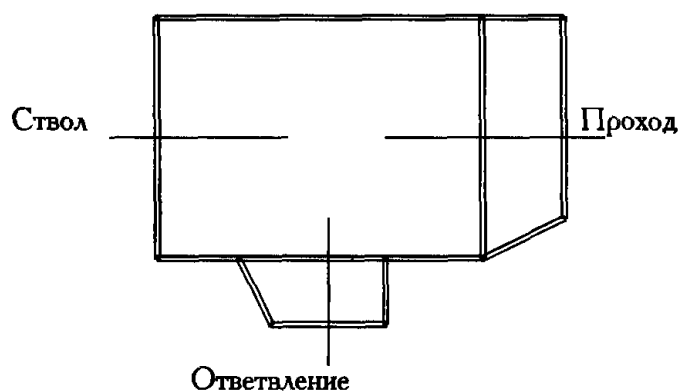
Коэффициенты местных сопротивлений тройников
круглого сечения при нагнетании



L_o/L_c	ζ прохода при f_n/f_c				ζ ответвления при f_o/f_c					
	1,0	0,8	0,65	0,5	0,65	0,5	0,4	0,32	0,25	0,2
0,01	0,2	0,25	0,3	0,3	—	—	—	863	594	375
0,05	0,15	0,2	0,3	0,3	153	88,5	55	29,5	19,8	12
0,1	0,15	0,2	0,25	0,25	41,4	19,8	12	6,2	4,1	2,5
0,2	0,15	0,2	0,25	0,25	7,5	4,1	2,5	1,3	0,95	0,7
0,3	0,2	0,25	0,3	0,3	3	1,7	1,1	0,7	0,6	0,55
0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	1,6	0,9	0,75	0,6	0,55	0,55
0,5	0,75	0,7	0,6	0,6	1	0,7	0,6	0,55	0,55	0,45
0,6	2,0	1,55	1,25	1,1	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5	0,45
0,7	—	4,5	3,3	2,9	0,65	0,55	0,5	0,5	0,45	0,45
0,8	—	—	—	—	0,55	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45
0,9	—	—	—	—	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45
0,95	—	—	—	—	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45	0,4

Таблица П3.8

Коэффициенты местных сопротивлений тройников прямоугольного сечения при нагнетании на проход

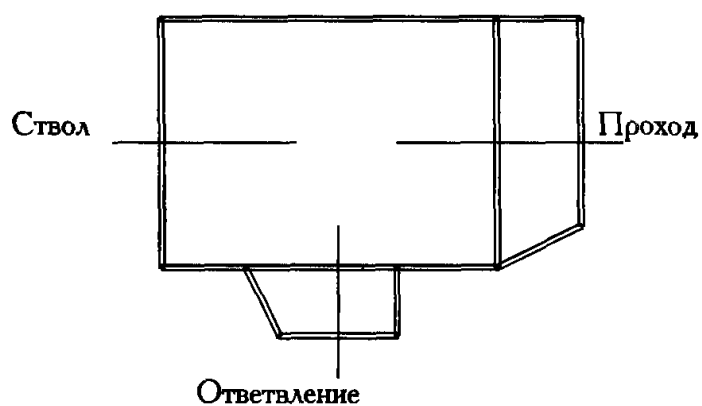


L_o/L_c	ζ при f_n/f_c					
	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
0,01	0,18	0,2	0,25	0,25	0,3	0,3
0,05	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	0,3
0,1	0,2	0,2	0,2	0,25	0,3	0,3
0,2	0,1	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25
0,3	0,1	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3
0,4	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3	0,3
0,5	0,35	0,35	0,35	0,35	0,4	0,4
0,6	0,75	0,7	0,7	0,65	0,6	0,5
0,7	—	1,8	1,5	1,3	1,1	0,9
0,8	—	5,45	4,5	3,7	2,9	2,2
0,9	—	—	—	—	13,8	10
0,95	—	—	—	—	—	—

Продолжение прил. 3

Таблица ПЗ.9

Коэффициенты местных сопротивлений тройников прямоугольного сечения при нагнетании на ответвление

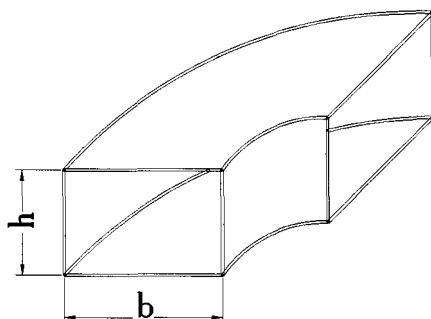


L_o/L_c	Значения ζ при f_o/f_c							
	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
0,01	—	—	—	—	—	—	—	88,3
0,05	—	—	—	88,3	54,8	29,5	11,7	2,2
0,1	54,8	44,1	28,8	19,5	11,8	6,1	2,2	0,45
0,2	11,7	8,6	6,1	3,9	2,2	1,1	0,4	0,3
0,3	4,6	3,3	2,2	1,5	0,8	0,4	0,35	0,3
0,4	2,25	1,7	1,1	0,75	0,4	0,3	0,3	0,3
0,5	1,3	1	0,7	0,45	0,3	0,3	0,3	0,3
0,6	0,9	0,65	0,45	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3
0,7	0,6	0,45	0,35	0,3	0,3	0,3	0,35	—
0,8	0,45	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	—
0,9	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	—
0,95	0,4	0,35	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	—

Продолжение прил. 3

Таблица ПЗ.10

Коэффициенты местных сопротивлений отводов прямоугольного сечения



h, mm	b ,mm												
	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
100		<u>0,61</u> 0,1	<u>0,24</u> 0,15	<u>0,31</u> 0,2									
150	<u>0,08</u> 0,05	<u>0,15</u> 0,09	<u>0,22</u> 0,14	<u>0,28</u> 0,18									
200	<u>0,07</u> 0,05	<u>0,14</u> 0,09	<u>0,2</u> 0,13	<u>0,26</u> 0,17	<u>0,33</u> 0,21	<u>0,44</u> 0,28	<u>0,54</u> 0,34						
250	<u>0,07</u> 0,04	<u>0,13</u> 0,08	<u>0,19</u> 0,12	<u>0,25</u> 0,16	<u>0,31</u> 0,2	<u>0,41</u> 0,26	<u>0,51</u> 0,32	<u>0,59</u> 0,38	<u>0,74</u> 0,47				
300			<u>0,18</u> 0,12	<u>0,24</u> 0,15	<u>0,29</u> 0,19	<u>0,4</u> 0,25	<u>0,49</u> 0,31	<u>0,57</u> 0,36	<u>0,7</u> 0,45	<u>0,58</u> 0,37			
400			<u>0,17</u> 0,11	<u>0,22</u> 0,14	<u>0,27</u> 0,17	<u>0,37</u> 0,23	<u>0,45</u> 0,29	<u>0,53</u> 0,34	<u>0,65</u> 0,42	<u>0,54</u> 0,34	<u>0,63</u> 0,4		
500			<u>0,16</u> 0,1	<u>0,21</u> 0,13	<u>0,26</u> 0,16	<u>0,35</u> 0,22	<u>0,43</u> 0,27	<u>0,5</u> 0,32	<u>0,62</u> 0,39	<u>0,51</u> 0,32	<u>0,59</u> 0,38	<u>0,74</u> 0,47	<u>0,85</u> 0,54
600				<u>0,2</u> 0,13	<u>0,25</u> 0,16	<u>0,33</u> 0,21	<u>0,41</u> 0,26	<u>0,48</u> 0,3	<u>0,59</u> 0,38	<u>0,49</u> 0,31	<u>0,51</u> 0,36	<u>0,7</u> 0,45	<u>0,81</u> 0,52
800				<u>0,19</u> 0,12	<u>0,23</u> 0,15	<u>0,31</u> 0,2	<u>0,38</u> 0,24	<u>0,44</u> 0,28	<u>0,55</u> 0,33	<u>0,45</u> 0,29	<u>0,53</u> 0,34	<u>0,65</u> 0,42	<u>0,76</u> 0,48
1000					<u>0,22</u> 0,14	<u>0,29</u> 0,19	<u>0,36</u> 0,23	<u>0,42</u> 0,27	<u>0,52</u> 0,23	<u>0,43</u> 0,27	<u>0,5</u> 0,32	<u>0,62</u> 0,39	<u>0,72</u> 0,46
1200						<u>0,28</u> 0,18	<u>0,34</u> 0,22	<u>0,4</u> 0,25	<u>0,5</u> 0,32	<u>0,41</u> 0,26	<u>0,48</u> 0,3	<u>0,59</u> 0,38	<u>0,68</u> 0,44
1600							<u>0,32</u> 0,2	<u>0,37</u> 0,24	<u>0,46</u> 0,29	<u>0,38</u> 0,24	<u>0,44</u> 0,28	<u>0,55</u> 0,35	<u>0,64</u> 0,41
2000							<u>0,3</u> 0,19	<u>0,35</u> 0,22	<u>0,44</u> 0,28	<u>0,36</u> 0,23	<u>0,42</u> 0,27	<u>0,52</u> 0,33	<u>0,8</u>

Таблица П3.11
Коэффициенты местных сопротивлений фасонных частей
перед вентилятором

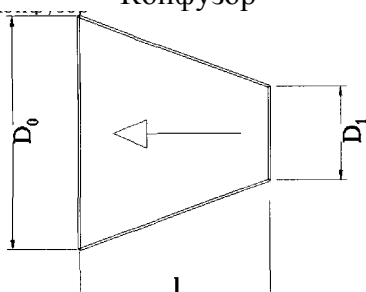
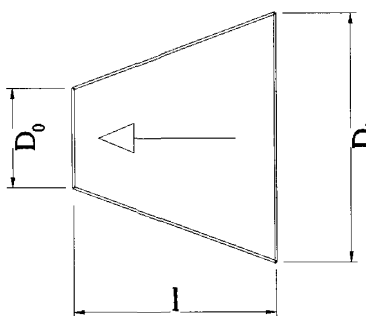
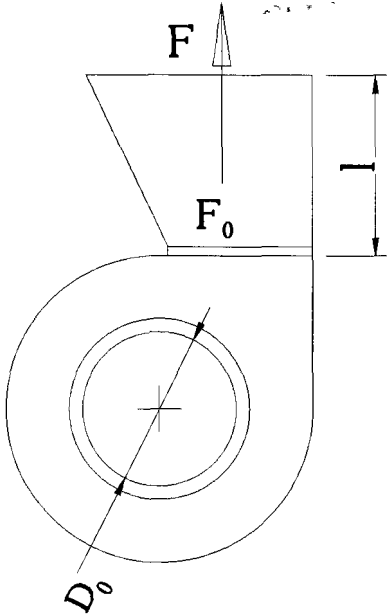
Фасонный элемент	Геометрическая характеристика фасонного элемента	Тип вентилятора	ζ
Отвод круглого сечения	$R = 1 - 1,5 D_0$	Лопатки загнуты вперед	0,4
		Лопатки загнуты назад	0,45
Отвод квадратного (прямоугольного) сечения	$R = (1 - 1,5) D_r$	Лопатки загнуты вперед	0,3
		Лопатки загнуты назад	0,2
<p>Конфузор</p> 	$l = l / D_0 = 1,5$ $n = (D_0 / D_1)^2 = 0,4 - 0,7$	Лопатки загнуты вперед	0
	$l = l / D_0 = 1$ $n = (D_0 / D_1)^2 = 0,7$ $l = 1,2; n = 0,5$ $l = 1,4; n = 0,4$	Лопатки загнуты назад	0,3 0,4 0,1
<p>Диффузор</p> 	$n = (D_0 / D_1)^2 = 1,5$ $l = l / D_0 = 0,5$ $n = 2$	Лопатки загнуты вперед	0,2 0,8
	$n = 1,5$ $l = 0,8$ $n = 2$		0,15 0,3
	$n = 1,5$ $l = 1,5$ $n = 2$		0,2 0,3
	$n = 1$ $l = 0,8$ $n = 2$	Лопатки загнуты назад	0,5 0,8
	$n = 1,5$ $l = 1,4$ $n = 2$		0,3 0,3

Таблица ПЗ.12

Коэффициенты местных сопротивлений фасонных частей,
размещенных на выходе вентилятора

Фасонный элемент	Характеристика диффузора		Тип вентилятора	ζ
	$\ell = \ell/D_0$	$n = F/F_0$		
<p>Плоский диффузор</p> 	1	1,2	Лопатки загнуты вперед	0,1
		1,5		0,2
		1,8		0,5
	1,5	1,2		0,05
		1,5		0,1
		1,8		0,2
		2		0,35
	2,5	1,2		0,1
		1,5		0,15
		2,5		0,4
	1	1,2	Лопатки загнуты назад	0,05
		1,5		0,15
		1,8		0,45
	1,5	1,2		0,05
		1,5		0,2
		1,8		0,3
		2		0,4
	2,5	1,2		0,15
		1,5		0,15
		2,5		0,4

Приложение 4

Таблица П4.1

Размеры отверстий диаграмм для воздухопроводов прямоугольного сечения

ζ	Размеры отверстия диафрагмы, мм, при пересечении прямоугольного воздуховода, мм													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	100×150	150×150	150×250	250×250	250×300	250×400	250×500	400×400	400×500	400×600	400×800	500×500	500×600	500×800
0,2	93×143	141×141	138×238	235×235	233×283	281×381	229×479	375×375	373×473	370×570	367×767	469×469	466×566	462×762
0,3	89×139	137×137	133×233	228×228	226×276	223×373	221×471	364×364	361×461	357×557	353×753	456×455	452×552	445×745
0,4	87×137	134×134	130×230	224×224	221×271	218×368	215×465	358×358	353×453	349×549	344×744	447×447	442×542	435×735
0,5	86×136	133×133	128×228	221×221	218×268	214×364	211×461	353×353	348×448	344×544	338×738	442×442	436×536	428×728
0,6	84×134	130×130	125×225	217×217	214×264	209×359	206×456	346×346	341×441	336×536	329×729	433×433	427×527	418×718
0,7	83×133	128×128	123×223	214×214	210×260	205×355	202×452	342×342	335×435	330×530	323×723	427×427	421×521	411×711
0,8	82×132	127×127	122×222	212×212	209×259	204×354	200×450	340×340	333×433	328×528	320×720	424×424	417×517	407×707
0,9	81×131	126×126	120×220	209×209	206×256	200×350	196×446	335×335	328×428	322×522	314×714	418×418	411×511	400×700
1,0	80×130	125×125	118×218	208×208	204×254	196×348	194×444	332×332	325×425	319×519	311×711	415×415	408×508	396×696
1,1	78×128	123×123	116×216	205×205	201×251	195×345	190×440	327×327	320×420	313×513	304×704	409×409	401×501	389×689
1,2	78×128	122×122	115×215	203×203	199×249	193×343	188×438	325×325	317×417	310×510	301×701	406×406	398×498	385×685
1,3	77×127	121×121	114×214	202×202	197×247	191×341	186×436	323×323	314×414	307×507	298×698	403×403	394×494	382×682
1,4	76×126	120×120	113×213	200×200	196×246	189×339	184×434	320×320	311×411	305×505	295×695	400×400	391×391	378×678
1,6	75×125	119×119	112×212	198×198	194×244	187×337	182×432	318×318	309×409	302×502	292×692	397×397	388×498	374×674
1,8	74×124	117×117	109×209	195×195	190×240	183×333	178×428	312×312	303×403	296×496	285×685	391×391	381×481	366×666
2	72×122	115×115	107×207	192×192	187×237	179×329	174×424	307×307	297×397	289×489	278×678	384×384	374×474	358×658
2,2	72×122	114×114	106×206	190×190	185×235	177×327	172×422	305×305	294×394	286×486	275×675	381×381	370×470	355×655
2,4	70×120	112×112	103×203	187×187	182×232	173×323	168×418	299×299	288×388	280×480	268×668	374×374	363×463	347×647
2,6	69×119	111×111	102×202	185×185	180×230	171×321	166×416	297×297	285×385	277×477	265×665	371×371	359×459	342×642
2,8	68×118	100×100	101×201	184×184	178×228	169×319	163×413	294×294	282×382	274×474	261×661	367×367	356×456	338×638
3	68×118	109×109	100×200	182×182	176×226	167×317	161×411	291×291	279×379	270×470	258×658	364×364	352×452	334×634

Продолжение прил. 4

Окончание табл. П4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3,2	67×117	108×108	98×198	180×180	174×224	165×315	159×409	288×288	276×376	267×467	254×654	361×361	348×448	330×630
3,4	66×116	108×108	98×198	179×179	173×223	164×314	158×408	287×287	275×375	266×466	253×653	359×359	346×446	328×628
3,6	66×116	107×107	97×197	179×179	172×222	163×313	157×407	286×286	273×374	264×464	251×651	357×357	344×444	326×626
3,8	65×115	106×106	95×195	176×176	169×219	160×310	153×403	281×281	269×369	259×459	245×645	352×352	339×439	320×620
5	64×114	105×105	95×195	175×175	168×218	159×309	152×402	280×280	267×367	257×457	244×644	350×350	337×437	317×617
4,5	63×113	103×103	92×192	171×171	164×214	154×304	148×398	273×274	261×361	250×450	237×637	343×343	329×429	309×609
5	61×111	101×101	90×190	169×169	161×214	151×301	143×394	270×270	256×356	245×445	231×631	337×337	323×423	302×602
5,5	60×110	100×100	88×188	166×166	158×208	148×298	141×391	265×265	251×351	240×440	225×625	332×332	317×417	296×596
6	59×109	98×98	87×187	164×164	156×206	146×296	138×288	262×262	248×348	237×437	221×621	328×328	313×413	291×591
6,5	58×108	97×97	85×185	162×162	154×204	143×293	136×386	259×259	244×344	233×433	218×618	324×324	309×409	287×487
7	57×107	96×96	84×184	160×160	152×202	141×291	134×384	256×256	241×341	229×429	214×614	320×320	304×504	282×582
7,5	56×106	95×95	82×182	158×158	150×200	139×289	131×381	253×253	237×337	226×426	210×609	316×316	300×400	277×577
8	55×105	93×93	80×180	155×155	147×197	135×285	128×378	248×248	232×332	220×420	204×604	310×310	294×394	270×570
8,5	55×105	93×93	79×179		146×196	134×284	126×376	247×247	230×330	218×418	202×602	308×308	292×392	268×568
9	54×104	91×91	78×178	152×152	143×193	132×282	124×374	243×243	227×327	214×14	198×598	304×304	287×387	263×563
9,5	53×103	90×90	77×177		141×191	129×279	121×371	240×240	223×323	211×411	194×594	300×300	282×382	258×558
10	52×102	89×89	76×176	149×149	140×190	128×278	120×370	238×238	221×321	209×409	192×592	298×298	280×380	256×556
11	51×101	88×88	74×174	147×147	138×188	125×275	117×367	235×235	217×317	205×405	188×588	294×294	276×376	251×551
12	50×100	86×86	72×172	144×144	134×184	122×271	114×364	230×230	212×311	199×399	182×582	287×287	269×369	243×543
13	49×99	85×85	70×170	141×141	132×182	119×269	111×361	226×226	208×308	195×395	177×577	283×283	264×364	238×538
14	48×98	84×84	70×170	140×140	131×181	118×268	110×360	225×225	206×306	193×393	175×575	281×281	261×361	235×535
15	48×98	84×84	69×169	139×139	130×180	116×266	108×358	223×223	204×304	191×391	173×573	278×278	259×359	233×533

Окончание прил. 4

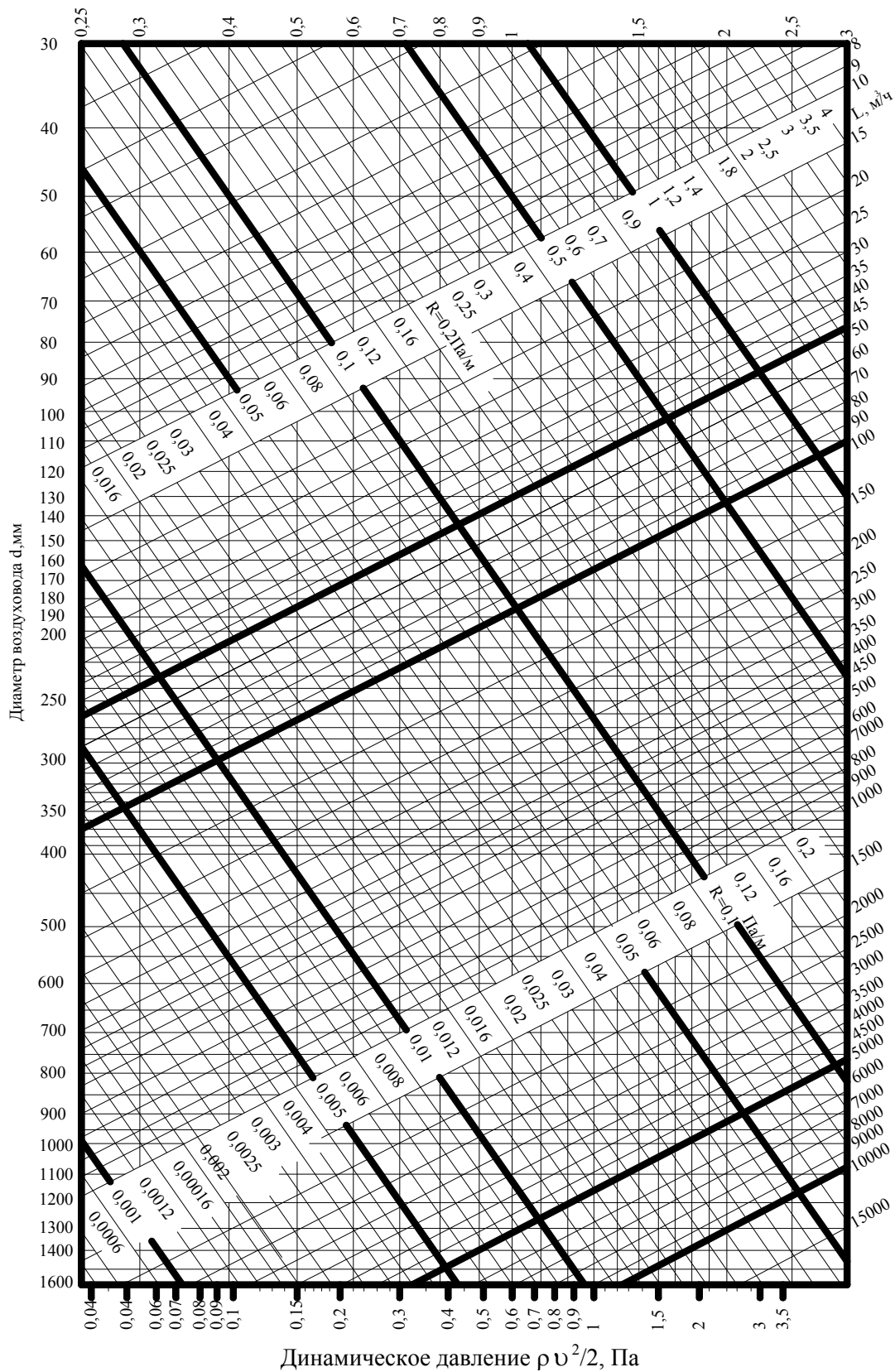
Таблица П4.2

Значения P для диафрагм

v_1/v_2	ζ	Значения P , Па, при скорости в воздухе, м/с														
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\alpha = 20^\circ$ ($\operatorname{tg}\alpha = 0,364$)																
0,4	2,25	163,66	193,06	224,42	264,6	303,8	344,96	390,04	418,45	490,0	540,96	597,8	656,6	686,0	698,74	846,72
0,45	1,73	125,44	149,04	172,48	203,84	233,24	265,58	299,88	337,12	375,34	416,5	458,64	504,7	524,3	536,06	649,74
0,5	1,22	89,18	104,86	121,52	143,08	164,64	187,18	211,68	237,16	264,6	294,0	324,38	356,72	372,4	379,26	458,64
0,55	0,98	71,54	84,28	98,0	115,64	132,3	150,92	169,54	190,12	212,66	235,2	258,72	284,2	297,92	303,8	367,5
0,6	0,75	54,88	64,68	74,48	88,2	100,94	114,56	129,36	146,02	162,68	180,32	198,94	218,54	228,34	233,24	281,26
0,65	0,55	40,18	47,04	54,88	64,68	74,48	84,28	95,06	106,82	119,56	132,3	146,02	159,74	167,58	170,52	206,78
0,7	0,342	24,5	29,4	34,3	40,18	46,06	52,92	58,8	66,64	74,48	82,32	91,14	99,96	103,88	105,84	128,38
0,75	0,245	17,64	21,56	24,5	29,4	33,32	37,24	42,14	48,02	52,92	58,8	64,68	71,54	75,46	76,44	92,12
0,8	0,145	10,78	12,74	14,7	16,66	19,6	22,54	25,48	28,42	31,36	34,3	39,2	41,16	43,12	44,1	53,9

Номограмма для расчета круглых стальных воздуховодов

Скорость воздуха U , м/с



Приложение 6

Таблица П6.1

Данные для подбора калориферов КСк 3

Массовая скорость движения воздуха во фронтальном сечении (ρv) $H, \text{ кг}/(\text{м}^2\text{с})$	Коэффициент теплопередачи $K, \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$, при скорости движения теплоносителя по трубкам $w, \text{ м}/\text{с}$										Аэродинами- ческое сопротивление P_a , Па
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	
1,5	26,69	28,58	29,98	31,14	32,11	32,96	33,69	34,35	34,98	36,07	12,73
2	30,27	32,41	34	35,31	36,42	37,37	38,2	38,96	39,67	40,9	21,56
2,5	33,36	65,72	37,46	38,91	40,13	41,18	42,1	42,93	43,72	45,07	32,43
3	36,13	38,68	40,58	42,14	43,47	44,6	45,6	46,5	47,35	48,82	45,3
3,5	38,65	41,39	43,42	45,09	46,51	47,72	48,79	79,75	50,66	52,23	60,08
4	40,98	43,88	46,03	47,8	46,03	50,59	51,72	52,74	53,71	55,37	76,73
4,5	43,12	46,18	48,44	50	51,89	53,24	54,43	55,5	58,2	58,27	95,2
5	45,16	48,35	50,72	52,68	54,33	55,75	57	58,12	59,19	61,02	115,47
5,5	47,08	50,41	52,88	54,92	56,65	58,13	59,42	60,6	61,71	63,62	137,5
6	48,91	52,38	54,94	57,06	58,85	60,39	61,74	62,95	66,11	66,1	161,26
6,5	50,66	54,24	56,9	59,09	60,95	62,54	63,93	65,2	66,39	68,45	186,73
7	52,32	56,03	31,03	61,03	62,95	64,6	66,04	67,34	68,58	70,7	213,89

Окончание прил. 6

Таблица П6.2

Данные для подбора калориферов КСк 4

Массовая скорость движения воздуха во фронтальном сечении (ρv) $H, \text{ кг}/(\text{м}^2\text{с})$	Коэффициент теплопередачи $K, \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$, при скорости движения теплоносителя по трубкам $w, \text{ м}/\text{с}$										Аэродинамическое сопротивление $P_a,$ Па
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	
1,5	24,11	25,73	26,94	27,91	28,72	29,44	30,09	30,66	31,19	32,12	17,68
2	27,79	29,66	31,06	32,18	33,11	33,94	34,7	35,34	35,96	37,03	28,88
2,5	31,05	33,13	34,7	35,94	36,99	37,91	38,76	39,48	40,16	41,37	42,24
3	33,98	36,27	37,98	39,35	40,49	41,5	42,42	43,21	43,96	45,28	57,65
3,5	36,68	39,15	41	42,47	43,71	44,8	45,79	46,65	47,46	48,88	74,97
4	39,21	41,84	43,82	45,39	46,71	47,88	48,94	49,86	50,72	52,24	94,15
4,5	41,57	44,37	56,65	48,13	49,53	50,77	51,9	52,87	53,78	55,39	115,08
5	4,8	46,74	48,96	50,71	52,18	53,49	54,68	55,7	56,66	58,36	137,73
5,5	45,91	49	51,31	53,15	54,7	56,06	57,1	58,38	59,39	61,17	162,03
6	47,94	51,16	53,58	55,75	57,12	58,54	59,84	60,96	62,02	63,88	187,94
6,5	4,87	53,22	55,74	57,74	59,42	60,9	62,26	63,42	64,52	66,45	215,42
7	51,74	55,22	57,83	59,91	61,65	63,19	64,59	65,8	66,94	68,95	244,45

Технические характеристики фильтров

Тип фильтра	Удельная воздушная нагрузка $L_{\text{в}}$, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Начальное номинальное сопротивление фильтра, $\Delta P_{\text{н}}$, Па	Превышение сопротивления фильтра над начальным ΔP , Па	Удельная пылеемкость $q_{\text{р}}$, г/м ²	Эффективность очистки η , %	Начальная допустимая запыленность очищаемого воздуха, $C_{\text{н}}$ мг/м ³	Тип фильтрующего элемента	Площадь сечения одной ячейки, м ²	Пропускная способность одной ячейки, м ³ /ч	Класс очистки	Марка фильтра и его размер, мм	Регенерируемость
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ФяР	7000	60	90	2400	80	1	Набор металлических сеток	0,26	1540	G3	ФяР 514×514×32	да
											ФяР 514×514×50	
								0,08	450	G2	ФяР 287×287×25	
										G3	ФяР 287×287×32	
								0,17	1000	G2	ФяР 287×592×25	
										G3	ФяР 287×592×32	
								0,35	2700	G2	ФяР 592×592×25	
										G3	ФяР 592×592×32	
								0,26	1540	G3	ФяР 514×514×48	
								0,35	2700	G3	ФяР 592×592×48	

Окончание прил. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ФяВ	7000	60	90	2400	80	1	Набор винилпластовых сеток	0,26	1540	G3	ФяВ 514×514×32	да
										G3	ФяВ 514×514×50	
ФяП	7000	70	80	350	80	0,3	Открытопористый пенополиуретан	0,26	1540	G3	ФяП 514×514×32	да
								0,08	450	G3	ФяП 287×287×32	
								0,17	1000	G3	ФяП 287×592×32	
								0,35	2700	G3	ФяП 592×592×32	
								0,42	3300	G3	ФяП 650×650×32	
ФяУ	7000	40	110	570	80	0,3	стекловолокно	0,26	1540	G3	ФяУ 514×514×32	нет
										G3	ФяУ 514×514×48	
								0,35	2700	G2	ФяУ 592×592×32	



ВАРИАНТЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

ТУ 4861-038-00270366-96

- ◆ Общего назначения из оцинкованной* или углеродистой стали
- ◆ Общего назначения теплостойкие из углеродистой стали
- ◆ Коррозионностойкие из нержавеющей стали
- ◆ Коррозионностойкие теплостойкие из нержавеющей стали

ТУ 4861-040-00270366-96

- ◆ Взрывозащищенные из разнородных металлов
- ◆ Взрывозащищенные теплостойкие из разнородных металлов
- ◆ Взрывозащищенные из алюминиевых сплавов
- ◆ Взрывозащищенные коррозионностойкие из нержавеющей стали
- ◆ Взрывозащищенные коррозионностойкие теплостойкие из нержавеющей стали

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Температура окружающей среды от минус 40°С до плюс 40°С (до плюс 45°С для вентиляторов тропического исполнения). Умеренный и тропический климат; 2-я и 3-я категории размещения. При защите двигателя от прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков для умеренного климата - 1-я категория размещения.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Взрывозащищенные из разнородных металлов (В)
- Взрывозащищенные теплостойкие из разнородных металлов (ВЖ) (Ж)
- Взрывозащищенные коррозионностойкие из нержавеющей стали (ВК1)
- Взрывозащищенные коррозионностойкие теплостойкие из нержавеющей стали (ВК1Ж)

Типоразмер вентилятора	Конструктивное исполнение	Относительный диаметр колеса	Двигатель		Частота вращения рабочего колеса об/мин ⁻¹	Параметры в рабочей зоне		Масса вентиля- тора не более, кг	Вибро- изоляторы	
			Типоразмер	Мощность, кВт		Производи- тельность, м ³ /час	Полное давление, Па		Тип	Кол- во
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВР-86-77-2,5В ВР-86-77-2,5ВЖ ВР-86-77-2,5ВК1 ВР-86-77-2,5ВК1Ж	1	1	АИМ63А4	0,25	1350	0,45–0,85	170–110	31,5	ВР-201	4
			АИМ63В2	0,55	2750	0,85–1,75	720–440	31,5		
		0,9	АИМ63А4	0,25	1350	0,4–0,8	120–70	31,5		
			АИМ63А2	0,37	2750	0,85–1,65	490–300	31,5		
		0,95	АИМ63А4	0,25	1350	0,44–0,85	150–95	31,5		
			АИМ63В2	0,55	2750	0,9–1,75	620–380	31,5		
		1,05	АИМ63А4	0,25	1350	0,45–0,85	190–130	31,5		
			АИМ71А2	0,75	2750	0,85–1,7	800–540	34,5		
		1,1	АИМ63А4	0,25	1350	0,47–0,85	230–170	31,5		
			АИМ71А2	0,75	2750	0,9–1,75	960–740	34,5		

Продолжение прил. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВР-86-77-3,15В ВР-86-77-3,15ВЖ ВР-86-77-3,15ВК1Ж	1	1	АИМ63А4 АИМ80А2	0,25 1,5	1350 2750	0,85–1,84 1,8–4,0	280–170 120–680	40 49,5	ВР-201	4
		0,9	АИМ63А4 АИМ71В2	0,25 1,1	1350 2750	0,76–1,82 1,55–3,7	185–110 800–480	40 44,7		
		0,95	АИМ63А4 АИМ80А2	0,25 1,5	1350 2750	0,76–1,82 1,9–3,85	185–110 1080–640	40 50,6		
		1,05	АИМ63А4 АИМ80В2	0,25 2,2	1350 2750	0,9–1,9 1,7–4,0	320–190 1350–880	40 52,4		
		1,1	АИМ63В4 АИМ80В2	0,37 2,2	1350 2750	0,9–1,9 1,9–4,1	380–220 1650–1070	39,8 52,4		
ВР-86-77-4 ВР-86-77-4Ж ВР-86-77-4К1 ВР-86-77-4К1Ж	1	1	АИМ71А6	0,37	880	1,4–2,7	210–120	59	ВР-201	4
			АИМ71В6	0,75	1380	2,2–4,1	500–300	59	ВР-201	4
			АИМ100L2	5,5	2850	4,3–8,3	2200–1250	107	ВР-202	4
		0,9	АИМ71А6	0,37	880	1,2–2,6	140–75	59	ВР-201	4
			АИМ71А4	0,55	1380	1,95–4,0	340–190	59		
		0,95	АИМ71А6	0,37	880	1,4–2,6	175–100	59		
			АИМ71А4	0,55	1380	2,3–4,0	430–250	59		
			АИМ71В4	0,75	1380	2,3–4,0	430–250	60		
		1,05	АИМ71А6	0,37	880	1,3–2,75	230–140	59	ВР-201	4
			АИМ71В4	0,75	1380	2,0–4,2	560–330	59		
			АИМ80А4	1,1	1380	2,0–4,2	560–330	65	ВР-201	4
АИМ112М2	7,5	2850	4,1–8,5	2380–1450	121					
1,1	АИМ71А6	0,37	880	1,3–2,7	270–180	5	ВР-201	4		
	АИМ80А4	1,1	1380	2,1–4,2	670–440	59	ВР-202	4		
	АИМ112М2	7,5	2850	4,4–8,6	2900–1900	121				

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Взрывозащищенные из разнородных металлов (В)
- Взрывозащищенные теплостойкие из разнородных металлов (ВЖ) (Ж)
- Взрывозащищенные коррозионностойкие из нержавеющей стали (ВК1)
- Взрывозащищенные коррозионностойкие теплостойкие из нержавеющей стали (ВК1Ж)

Типоразмер вентилятора	Конструктивное исполнение	Относительный диаметр колеса	Двигатель		Частота вращения рабочего колеса об/мин ¹	Параметры в рабочей зоне		Масса венти- лятора не более, кг	Вибро- изоляторы	
			Типоразмер	Мощ- ность, кВт		Производи- тельность, м ³ /час	Полное давление, Па		Тип	Кол- во
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВР-86-77-5В ВР-86-77-5ВЖ ВР-86-77-5ВК1 ВР-86-77-5ВК1Ж	1	1	АИМ71В6	0,55	920	2,75–4,1	340–315	99	ВР-202	4
			АИМ80А6	0,75	920	2,75–5,6	340–215	106		
			АИМ90L4	2,2	1420	4,3–8,6	810–500	137		
		0,9	АИМ71В6	0,55	920	2,4–5,3	230–140	99		
			АИМ80В4	1,5	1420	3,6–8,2	550–340	106		
		0,95	АИМ71В6	0,55	920	2,8–5,6	280–170	99		
			АИМ80В4	1,5	1420	4,5–5,3	700–680	105		
			АИМ90L4	2,2	1420	4,5–8,7	700–400	131		
		1,05	АИМ80А6	0,75	920	2,7–5,6	370–270	107		
			АИМ100S4	3	1420	4,2–8,5	880–620	142		
		1,1	АИМ80А6	1,1	920	3,0–5,7	460–315	108		
			АИМ100S4	3	1420	4,6–8,8	1100–730	142		

Продолжение прил. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВР-86-77-6,3В ВР-86-77-6,3ВЖ ВР-86-77-6,3ВК1Ж	1	1	АИМ100L6	2,2	935	5,6–11,3	560–350	197	ВР-202	6
			АИМ112М4	5,5	1435	8,6–12,0	1320–1250	210	ВР-203	4
			АИМ132S4	7,5	1435	8,6–17,5	1320–800	248		
		0,9	АИМ80В6	1,1	935	4,7–7,3	380–350	155	ВР-202	6
			АИМ90L6	1,5	935	4,7–11,0	380–230	178		
			АИМ100L4	4	1435	7,2–12,3	885–780	194	ВР-203	4
			АИМ112М4	5,5	1435	7,2–17,0	885–530	208		
		0,95	АИМ90L6	1,5	935	5,8–8,5	470–430	179	ВР-202	6
			АИМ100L6	2,2	935	5,8–11,5	470–280	196		
			АИМ112М4	5,5	1435	9,0–17,5	1130–670	209	ВР-203	4
		1,05	АИМ100L6	2,2	935	5,4–11,5	510–400	198	ВР-202	6
			АИМ132S4	7,5	1435	8,3–17,5	1430–940	249	ВР-203	4
		1,1	АИМ112МА6	3	935	6,2–11,5	750–530	217		
			АИМ132М4	11	1435	9,2–17,8	1750–1200	249		
ВР-86-77-8 ВР-86-77-8Ж ВР-86-77-8К1 ВР-86-77-8К1Ж	1	1	АИМ132S6	5,5	960	12,0–17,0	950–880	338	ВР-203	5
			АИМ132М6	7,5	960	12,0–23,0	950–580	338		
		0,9	АИМ112МВ6	4	960	9,5–17,0	640–570	289		
			АИМ132S6	5,5	960	9,5–23,0	640–380	338		
		0,95	АИМ132S6	5,5	960	12,5–23,0	800–470	338		
		1,05	АИМ132М6	7,5	960	11,0–24,0	1020–720	337		
		1,1	АИМ160S6	11	960	13,0–24,0	1280–900	372		

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Взрывозащищенные из алюминиевых сплавов (ВКЗ)

Типоразмер вентилятора	Конструктивное исполнение	Относительный диаметр колеса	Двигатель		Частота вращения рабочего колеса, об/мин ¹	Параметры в рабочей зоне		Масса вентилятора не более, кг	Вибро- изоляторы	
			Типоразмер	Мощ- ность, кВт		Производи- тельность, м ³ /час	Полное давление, Па		Тип	Кол- во
ВР-86-77-2,5ВКЗ	1	1	АИМ63А4	0,25	1350	0,45–0,85	170–110	25	ВР-201	4
			АИМ63В2	0,55	2750	0,85–1,75	720–450	25		
ВР-86-77-3,15ВКЗ	1	1	АИМ63А4	0,25	1350	0,85–1,84	280–170	30	ВР-202	4
ВР-86-77-4ВКЗ	1	1	АИМ71А6	0,37	880	1,4–2,7	210–120	42	ВР-201	4
			АИМ71В4	0,75	1380	2,2–4,1	500–300	44		
ВР-86-77-5ВКЗ	1	1	АИМ71В6	0,55	920	2,75–4,1	340–315	79	ВР-201	5
			АИМ80А6	0,75	920	2,75–5,6	340–215	85		
ВР-86-77-6,3ВКЗ	1	1	АИМ100L6	2,2	935	5,6–11,3	560–350	141	ВР-202	4
ВР-86-77-8ВКЗ	1	1	АИМ132S6	5,5	960	10,5–17,0	950–870	227	ВР-203	4
			АИМ132М6	7,5	960	10,5–24,0	950–550	254		

АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

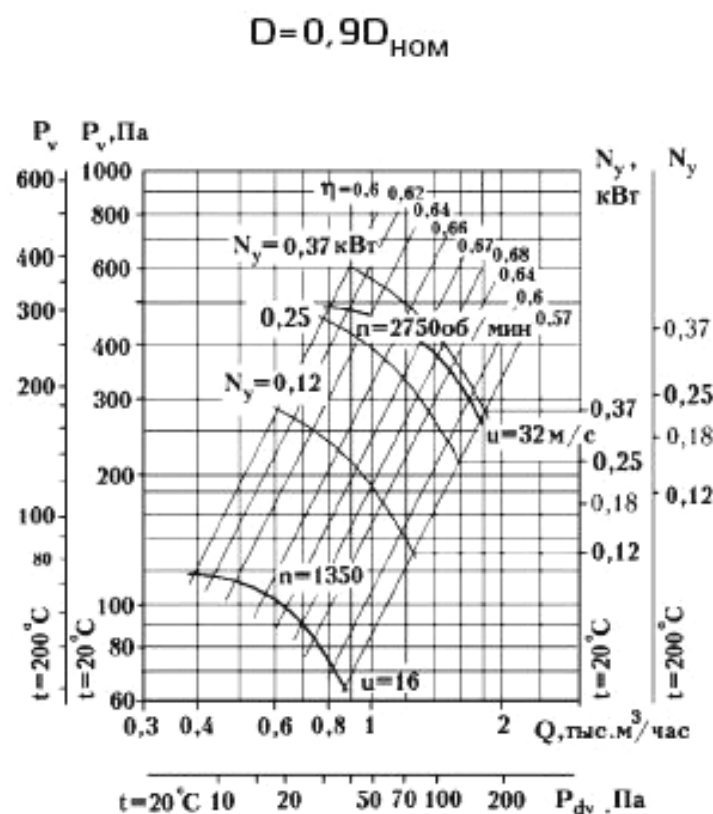
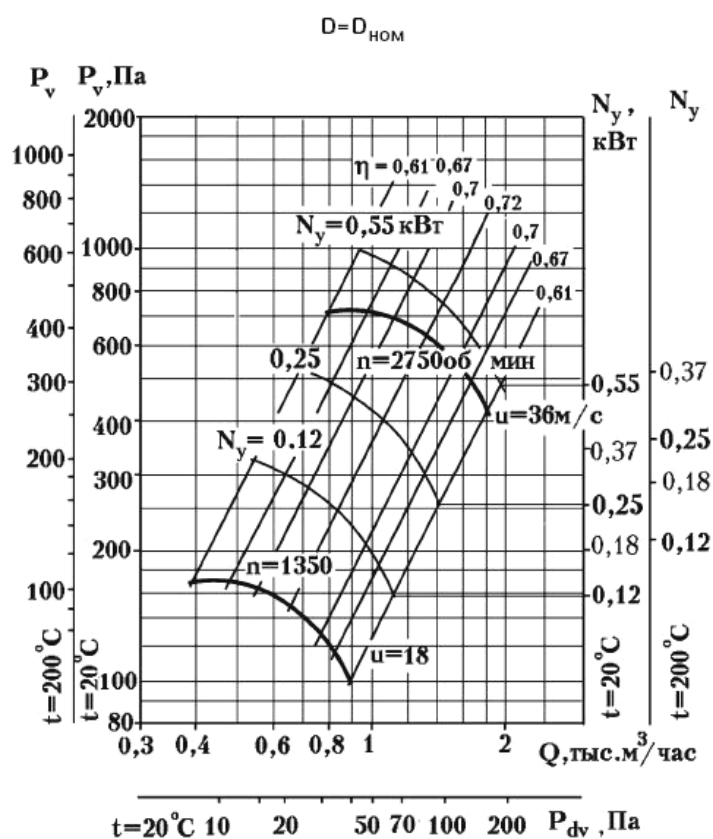
Вентилятор	$n, \text{мин}^{-1}$	Значения L_{pi} , дБ, в октавных полосах f , Гц								L_{pA} , дБА
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ВР-86-77-2,5	1350	58	61	69	62	60	58	50	41	67
	2750	70	73	76	84	77	75	73	65	84
ВР-86-77-3,15	1350	65	68	76	69	67	65	57	48	74
	2850	78	81	84	92	85	83	81	73	92
ВР-86-77-4	880	65	68	76	69	67	65	57	46	73
	1380	74	77	85	78	76	74	66	57	82
	2850	87	90	93	101	94	92	90	82	101
ВР-86-77-5	920	70	73	81	74	72	70	62	53	78
	1420	81	84	92	85	83	81	73	64	89
ВР-86-77-6,3	935	78	81	89	82	80	73	70	61	86
	1435	89	92	100	93	91	89	81	72	97
ВР-86-77-8	960	88	91	99	92	90	88	80	71	96

Акустические характеристики измерены со стороны нагнетания при номинальном режиме работы вентилятора на стороне всасывания на уровне звуковой мощности 3 дБ и ниже уровней, приведенных в таблице.

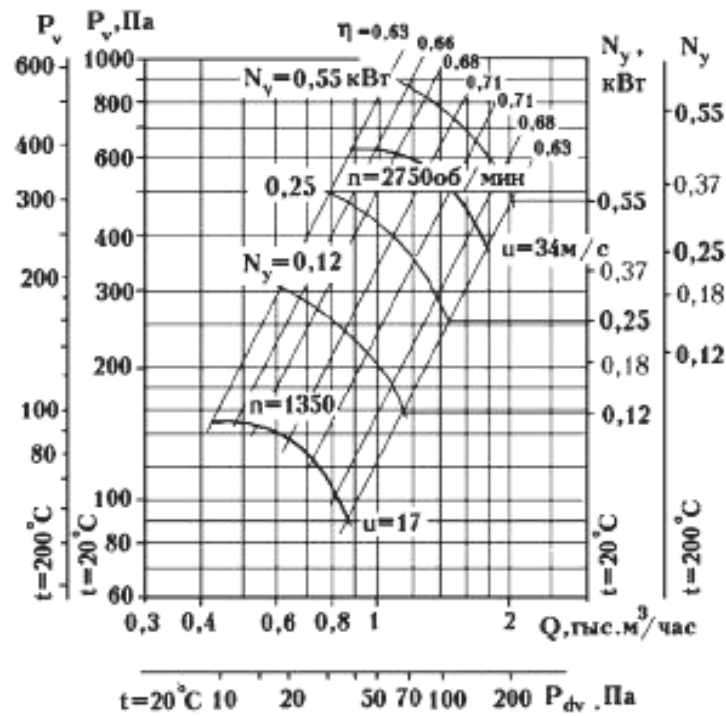
На границах рабочего участка аэродинамической характеристики уровни звуковой мощности 3 дБ выше уровня звуковой мощности, соответствующего номинальному режиму работы вентилятора.

Продолжение прил. 8

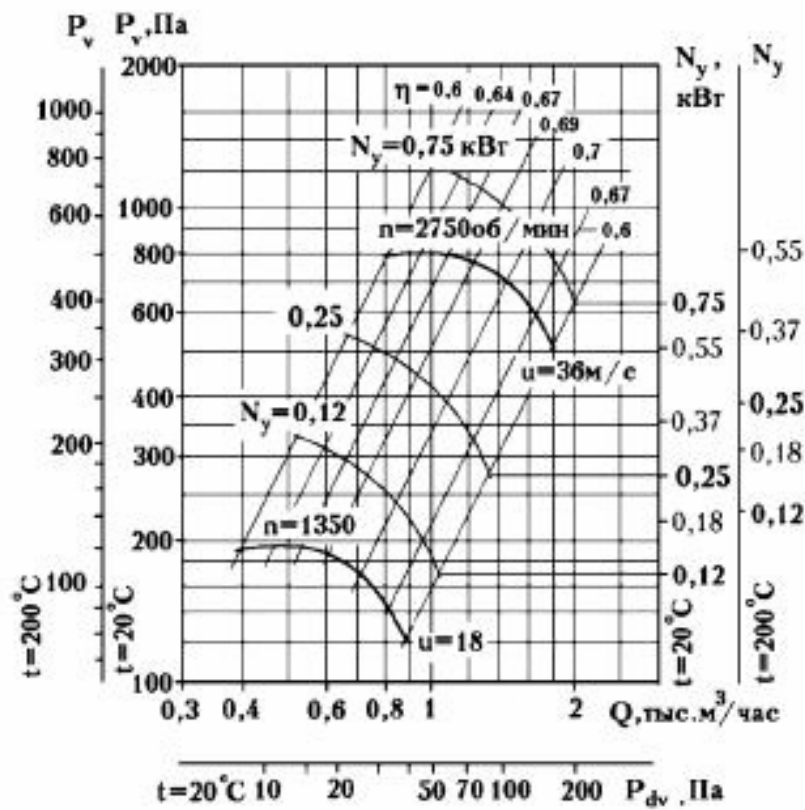
АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВР-86-77-2,5
(для асинхронной частоты вращения)



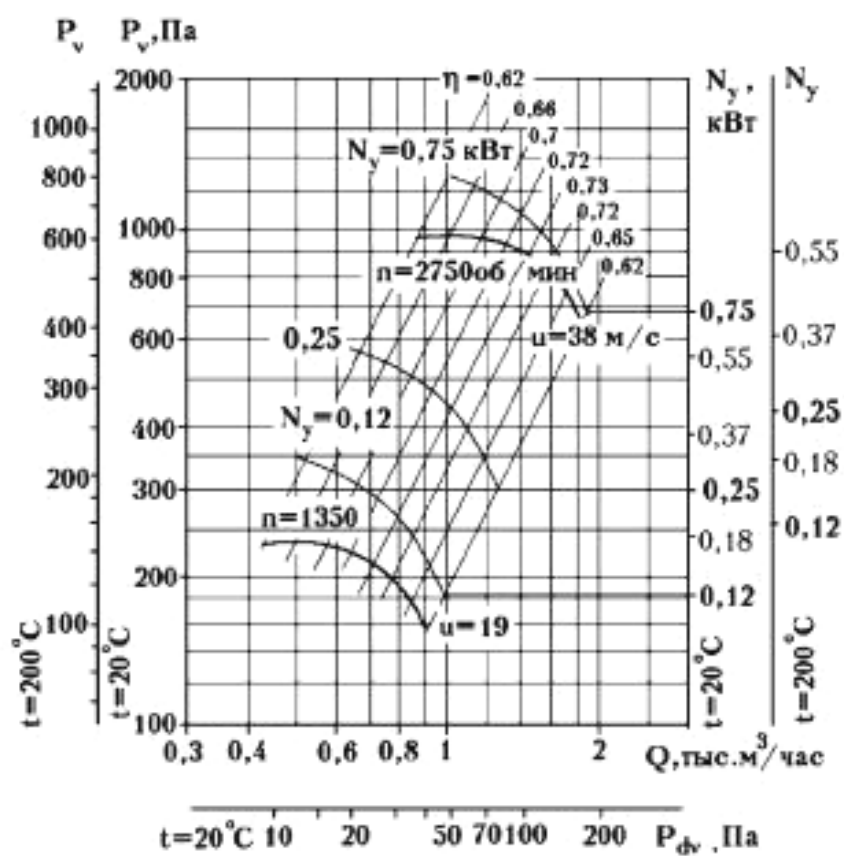
$$D=0,95D_{\text{НОМ}}$$



$$D=1,05D_{\text{НОМ}}$$

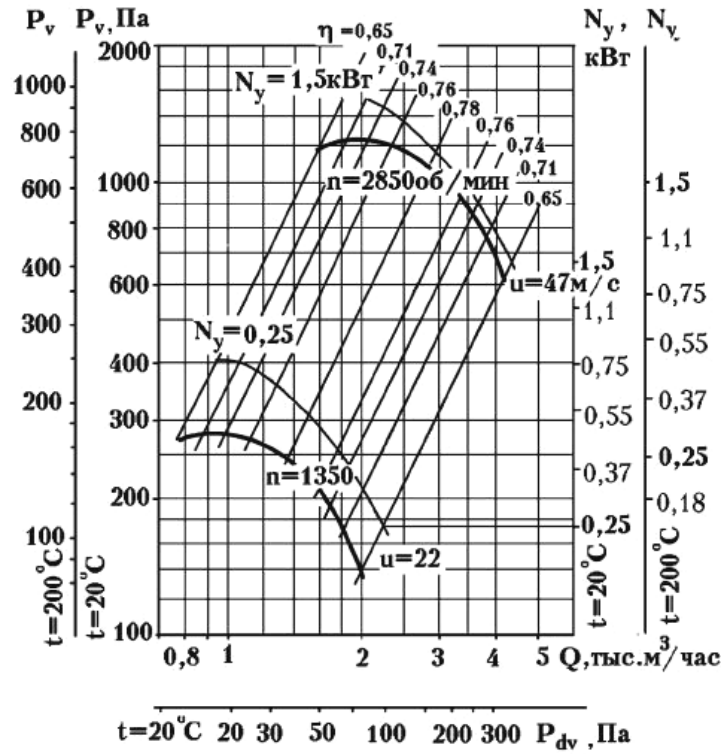


$$D=1,1D_{\text{НОМ}}$$

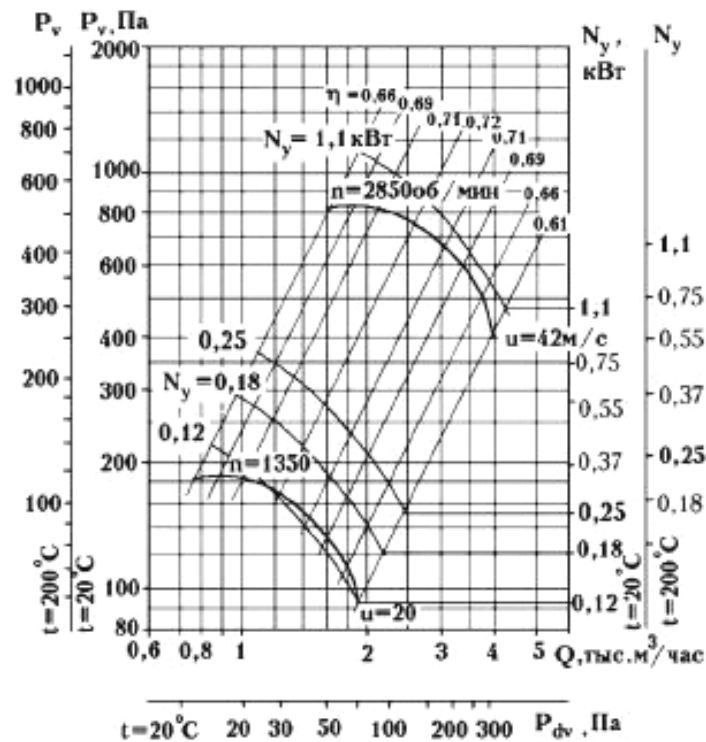


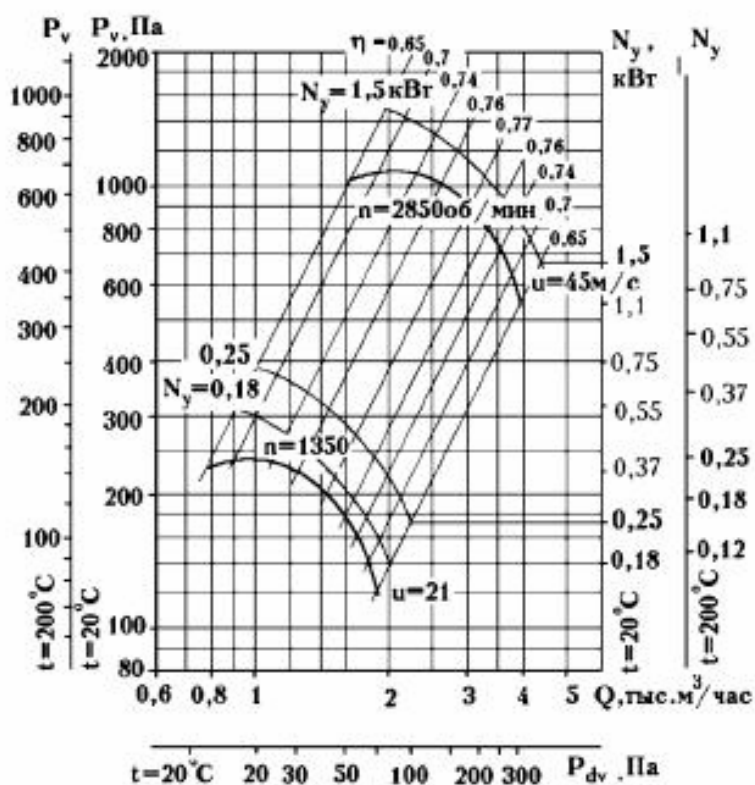
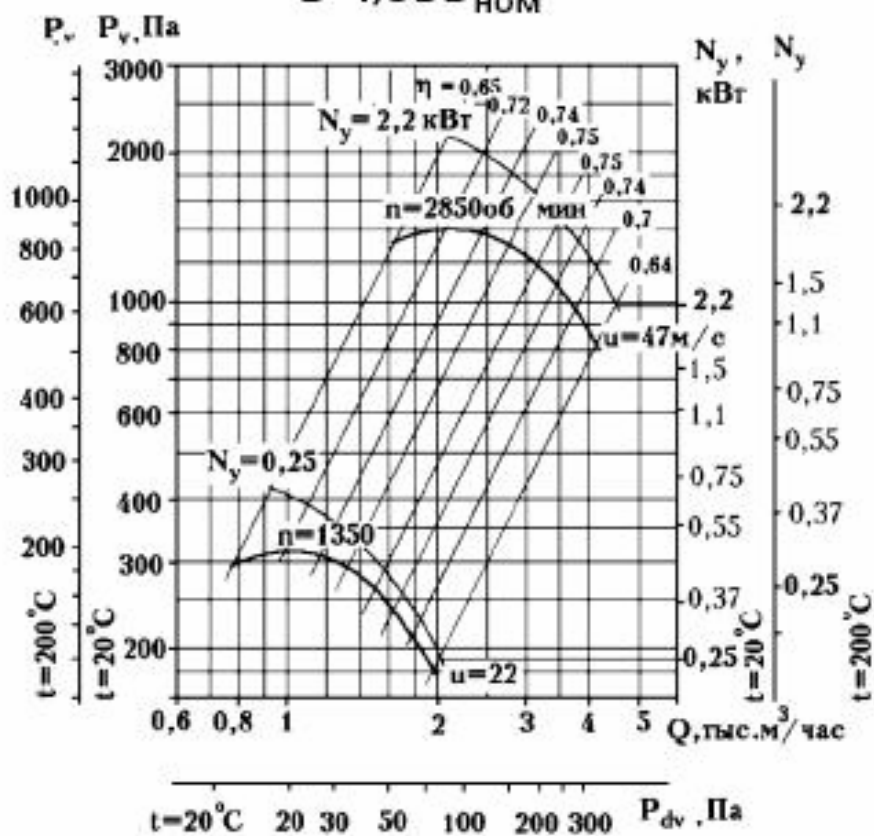
АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВР-86-77-3,15
(для асинхронной частоты вращения)

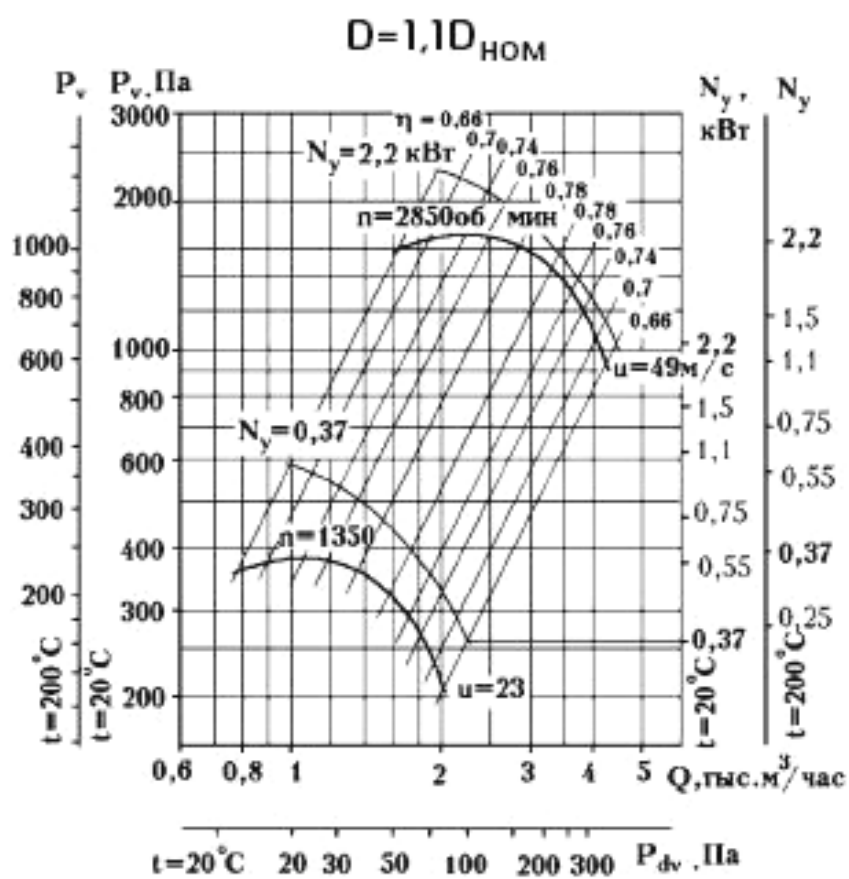
$D = D_{\text{НОМ}}$



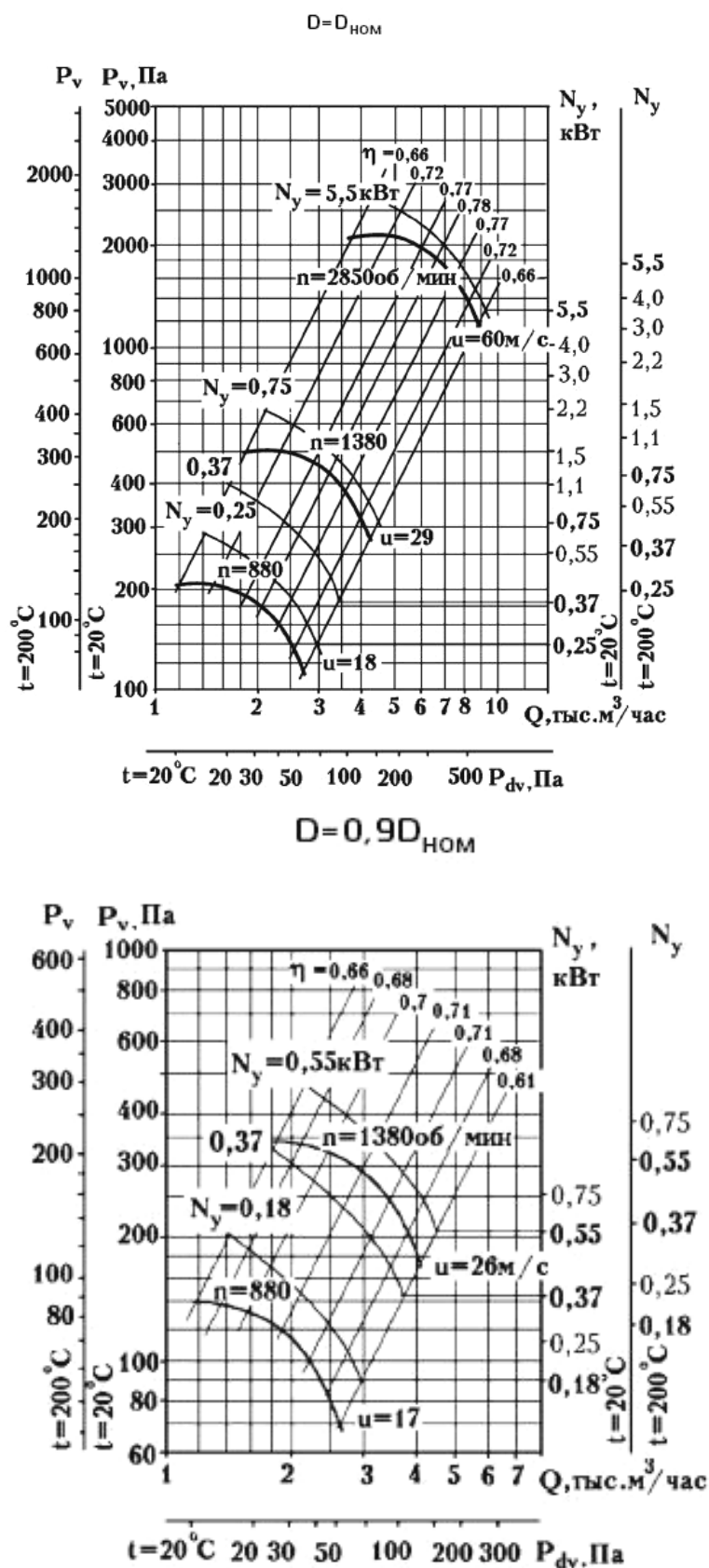
$D = 0,9 D_{\text{НОМ}}$

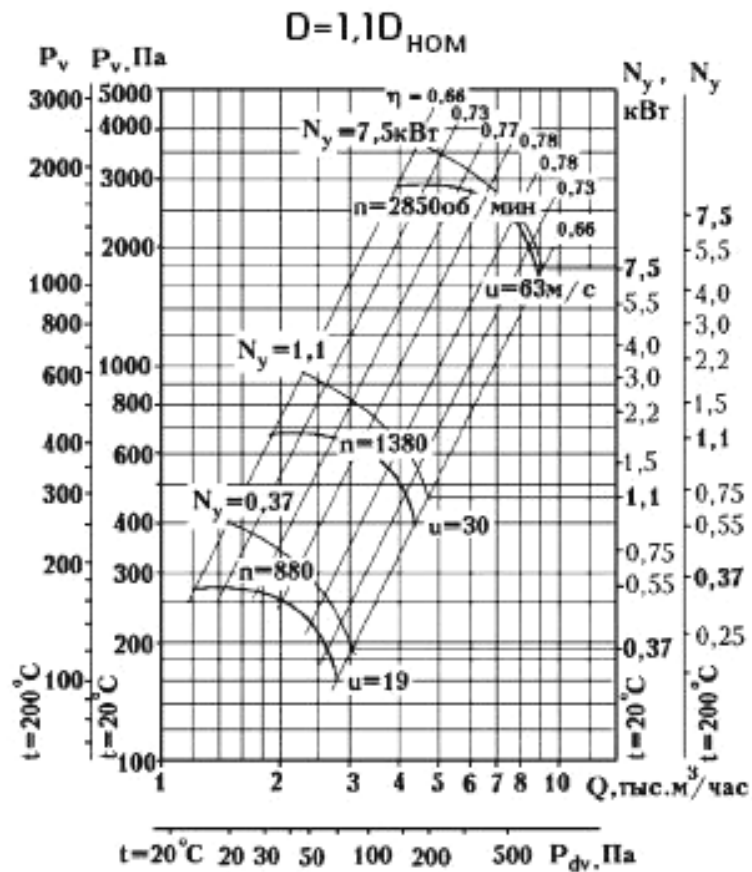
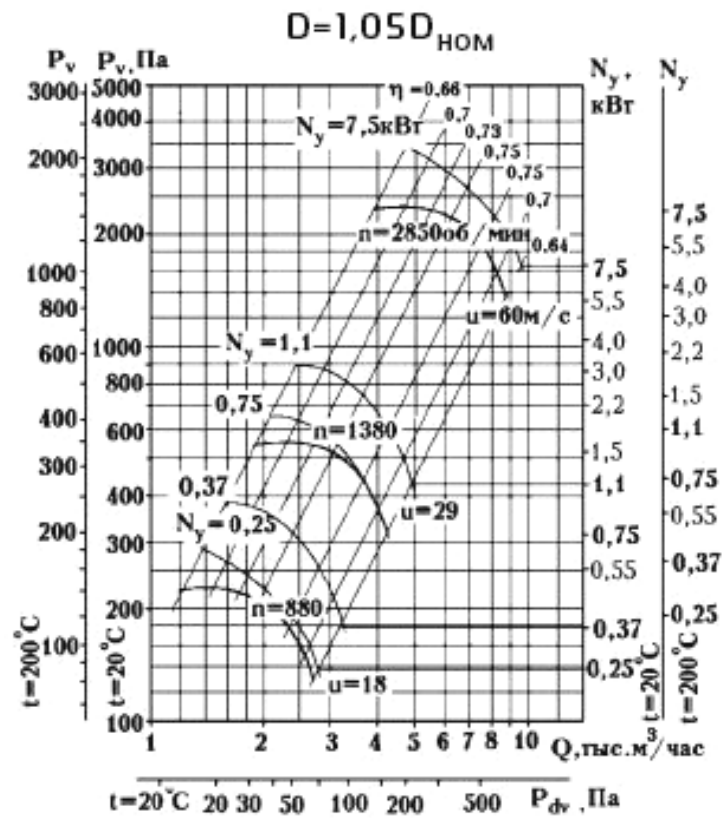


$$D = 0,95 D_{\text{HOM}}$$

$$D=1,05D_{\text{HOM}}$$


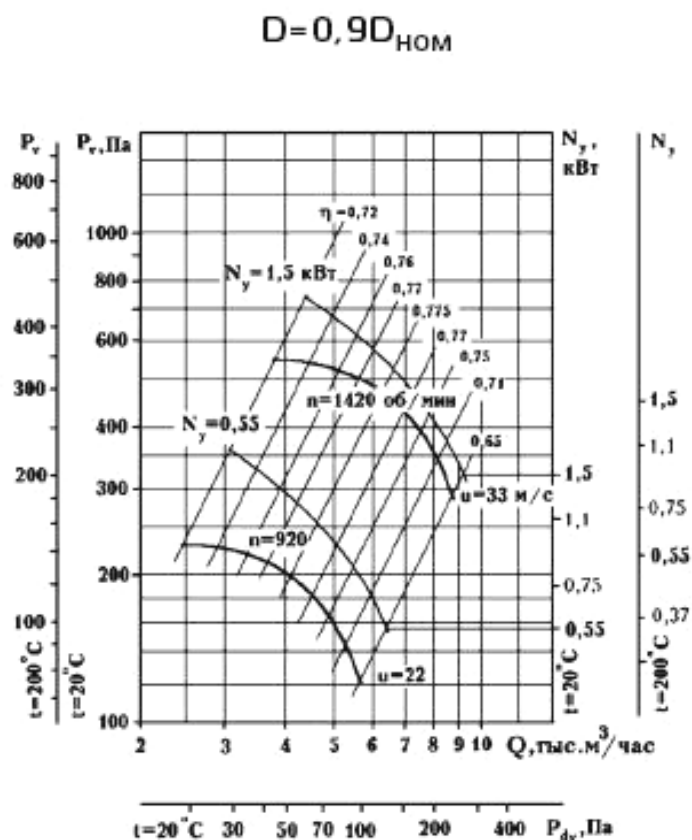
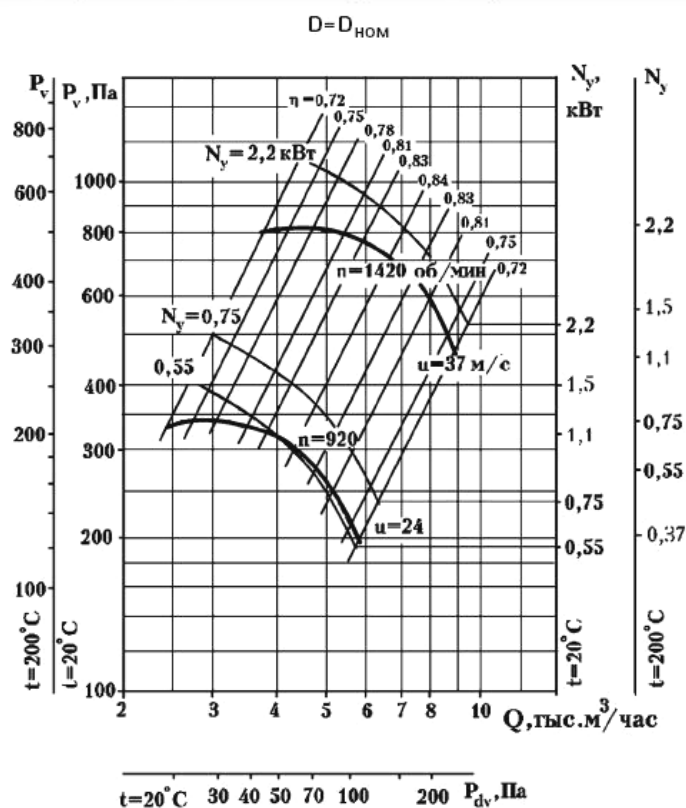


АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВР-86-77-4
(для асинхронной частоты вращения)

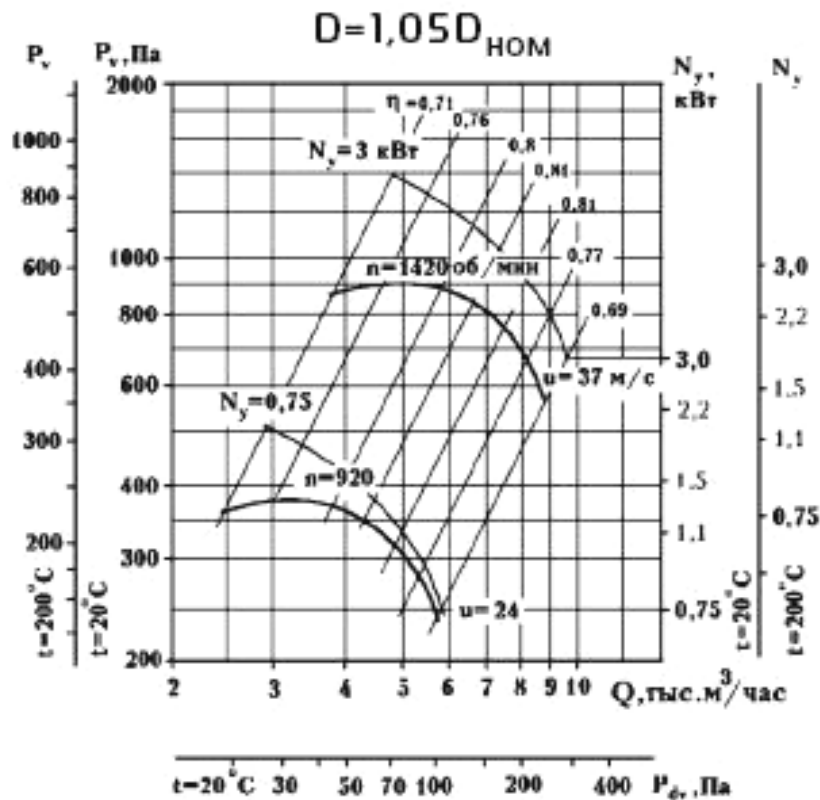
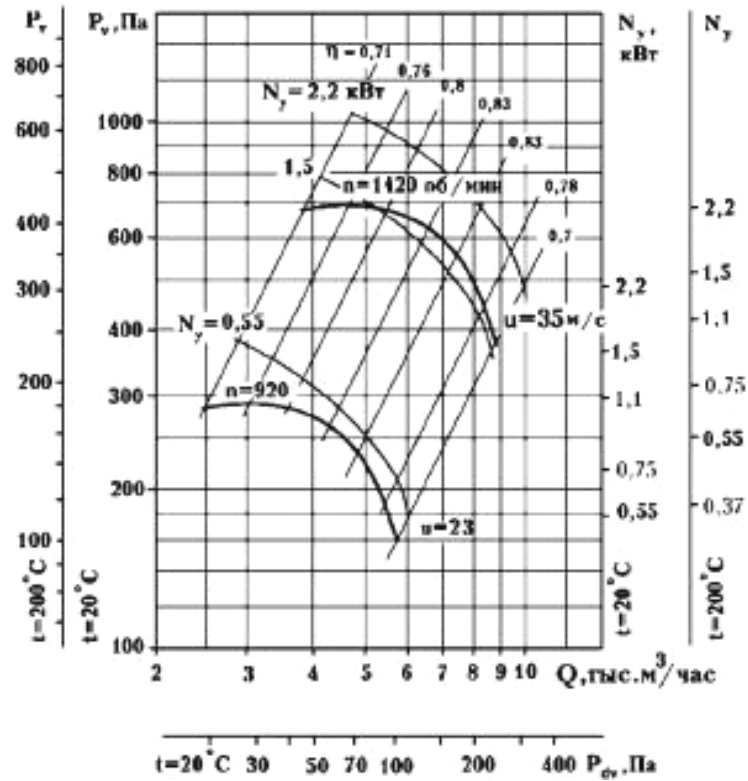


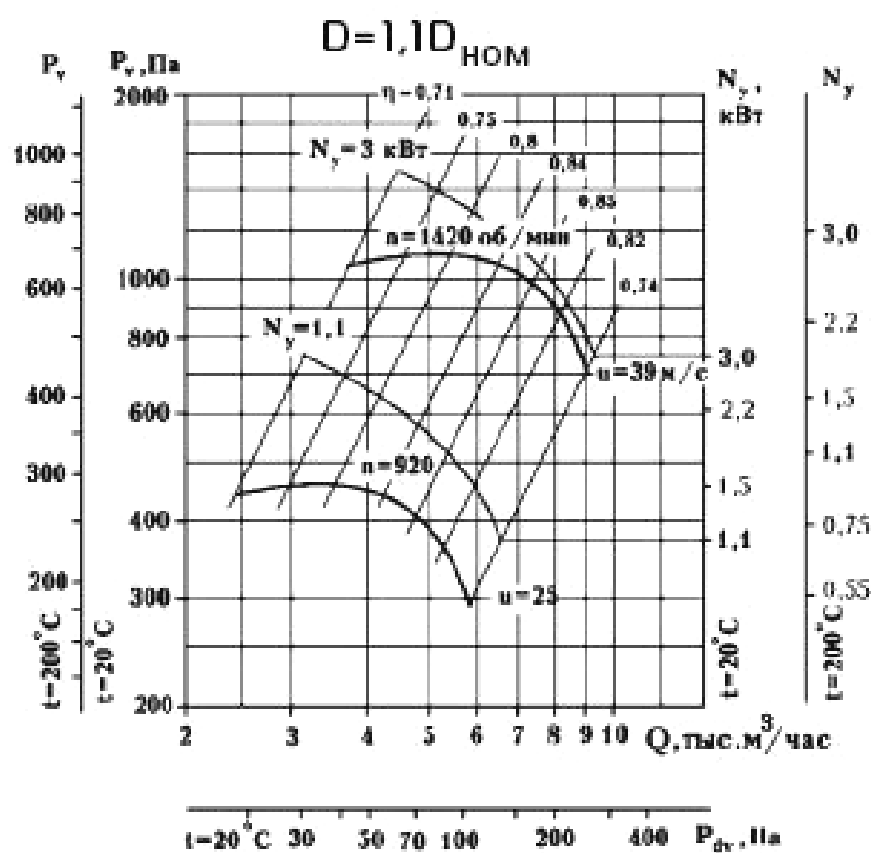


АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВР-86-77-5
(для асинхронной частоты вращения)



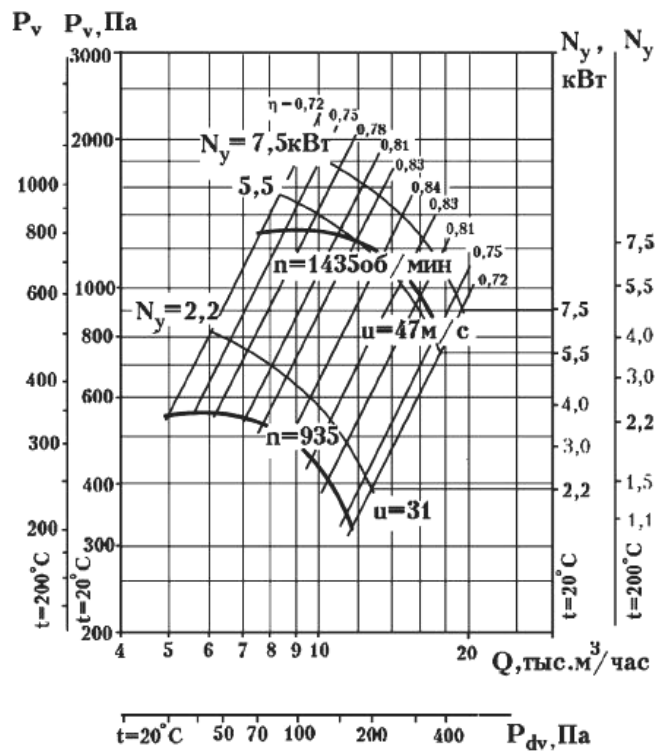
$D=0,95D_{\text{НОМ}}$



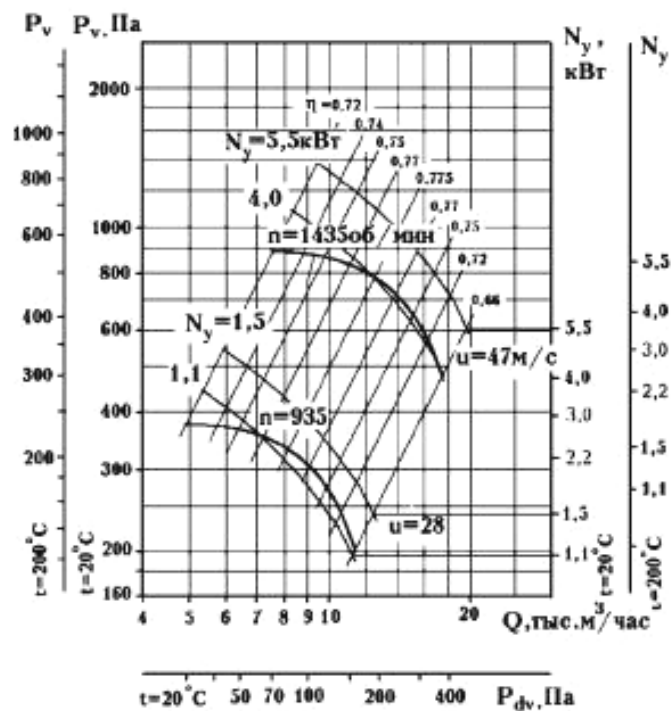


АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВР-86-77-6,3
(для асинхронной частоты вращения)

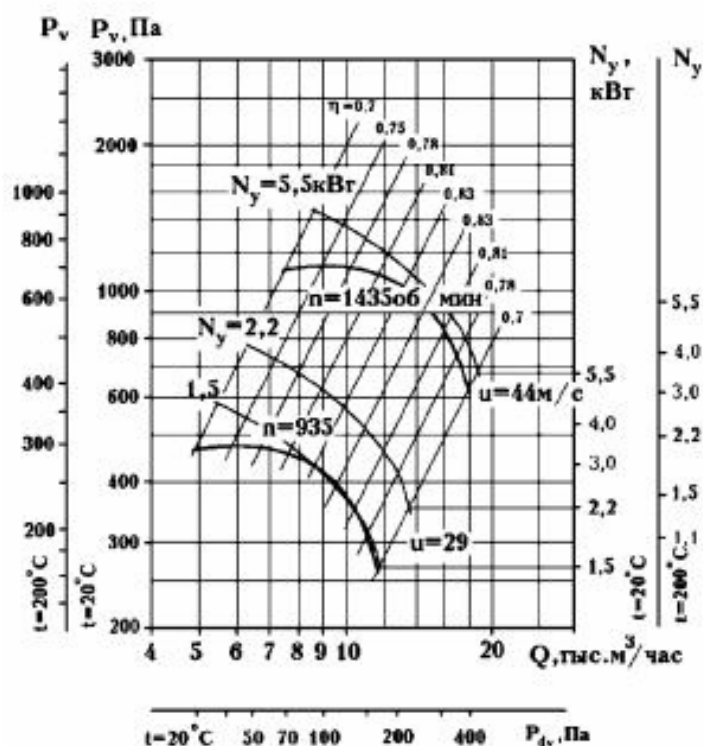
$D=D_{\text{НОМ}}$



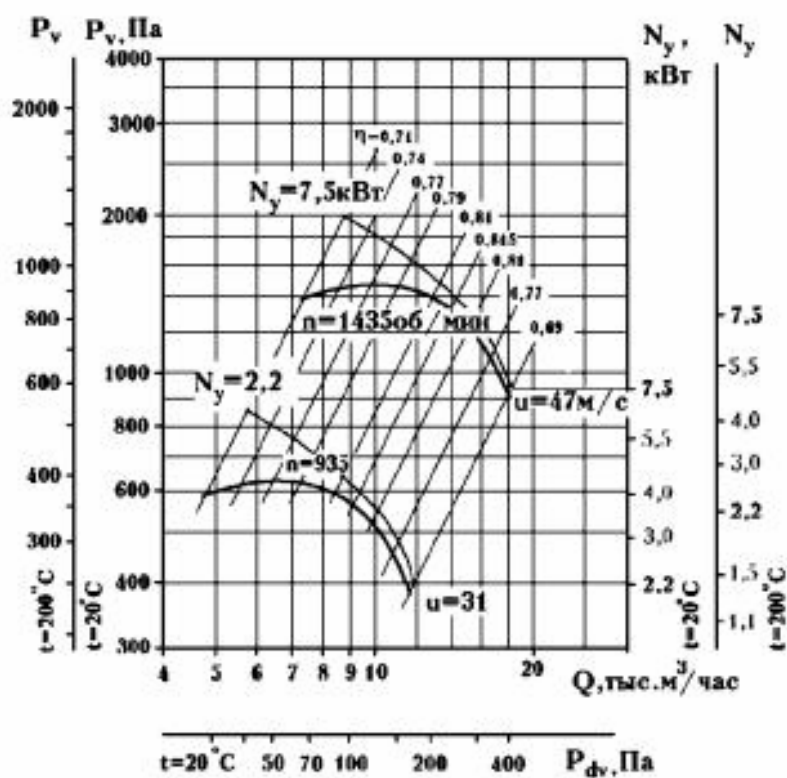
$D=0,9D_{\text{НОМ}}$



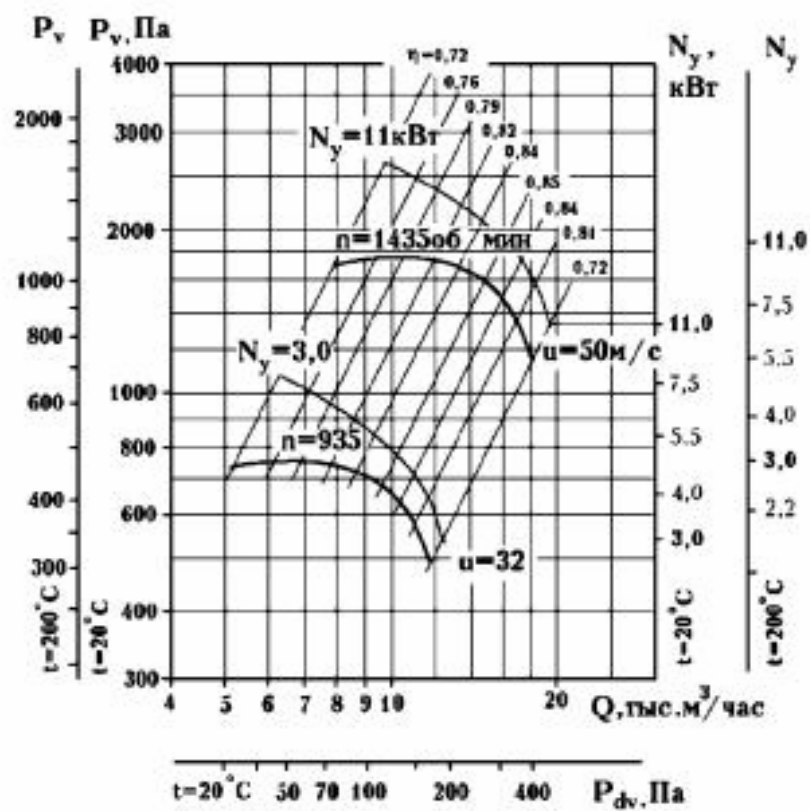
$$D=0,95D_{\text{НОМ}}$$



$$D=1,05D_{\text{НОМ}}$$

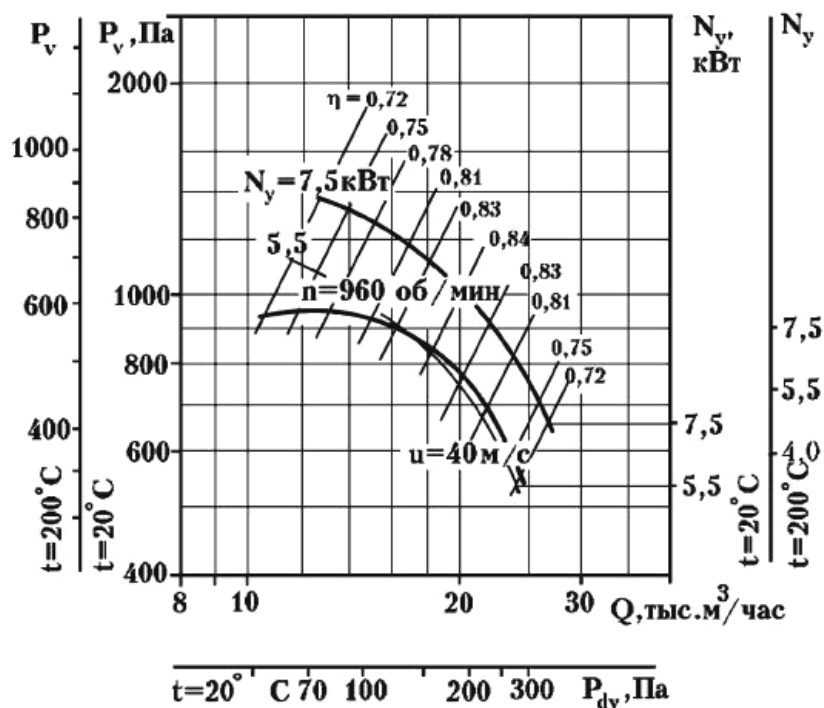


$$D=1,1D_{\text{НОМ}}$$

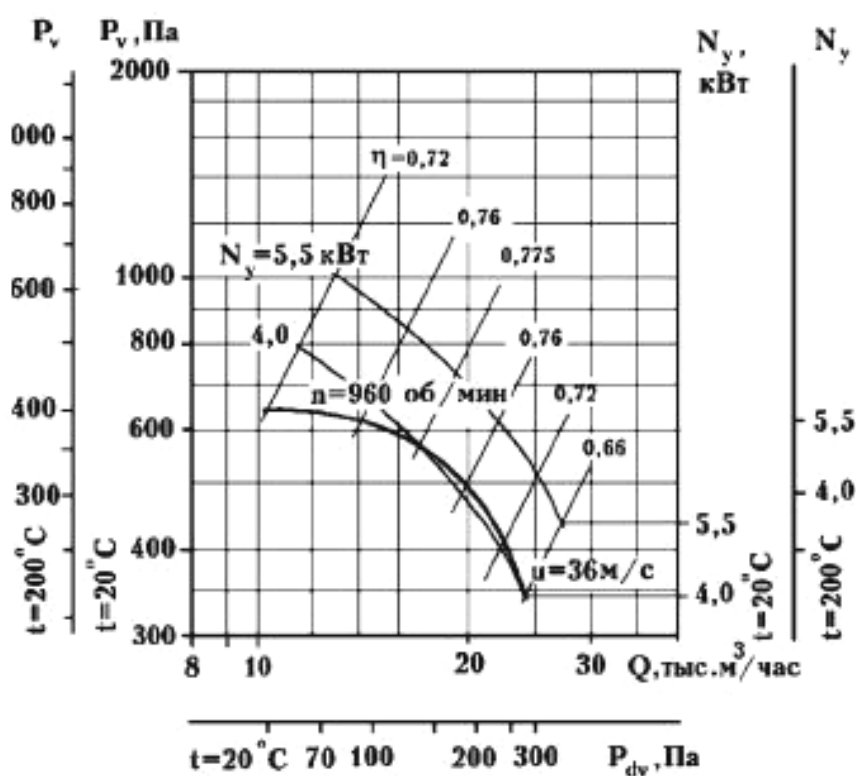


АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВР-86-77-8
(для асинхронной частоты вращения)

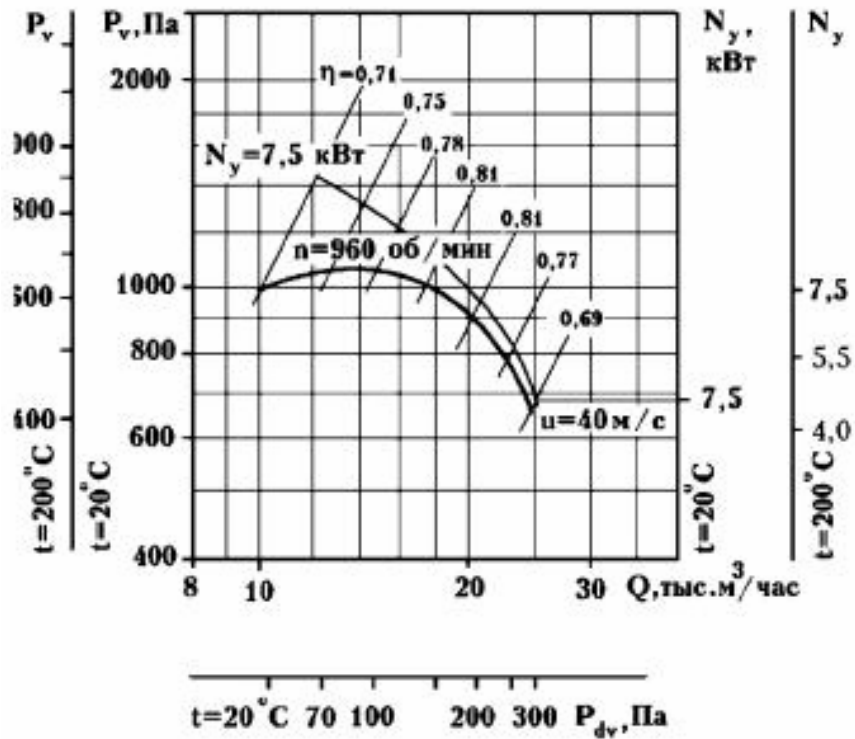
$D = D_{\text{НОМ}}$



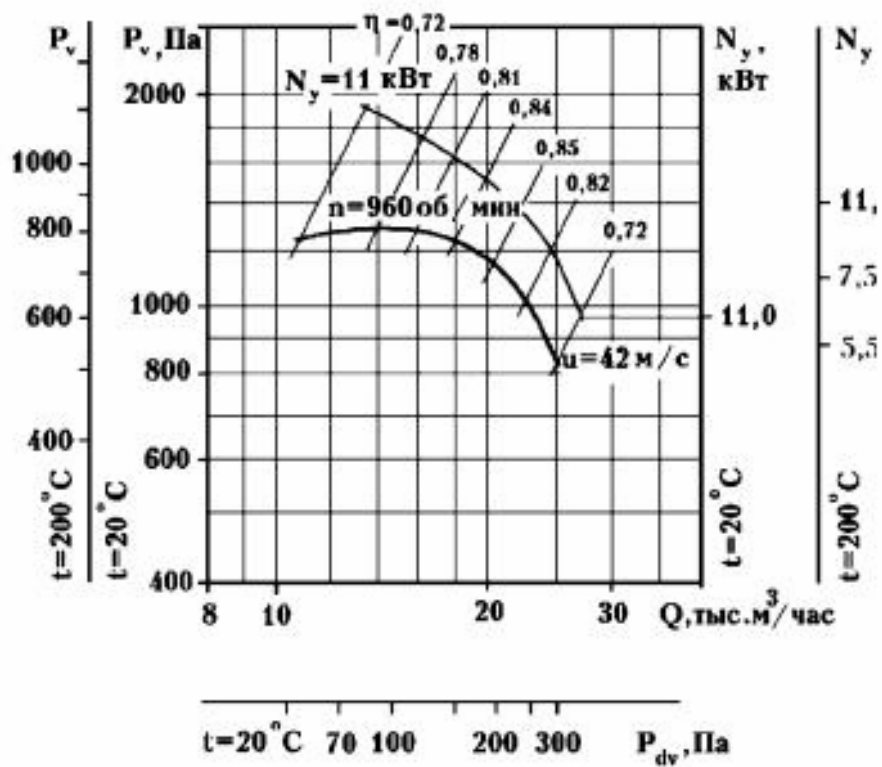
$D = 0.9 D_{\text{НОМ}}$



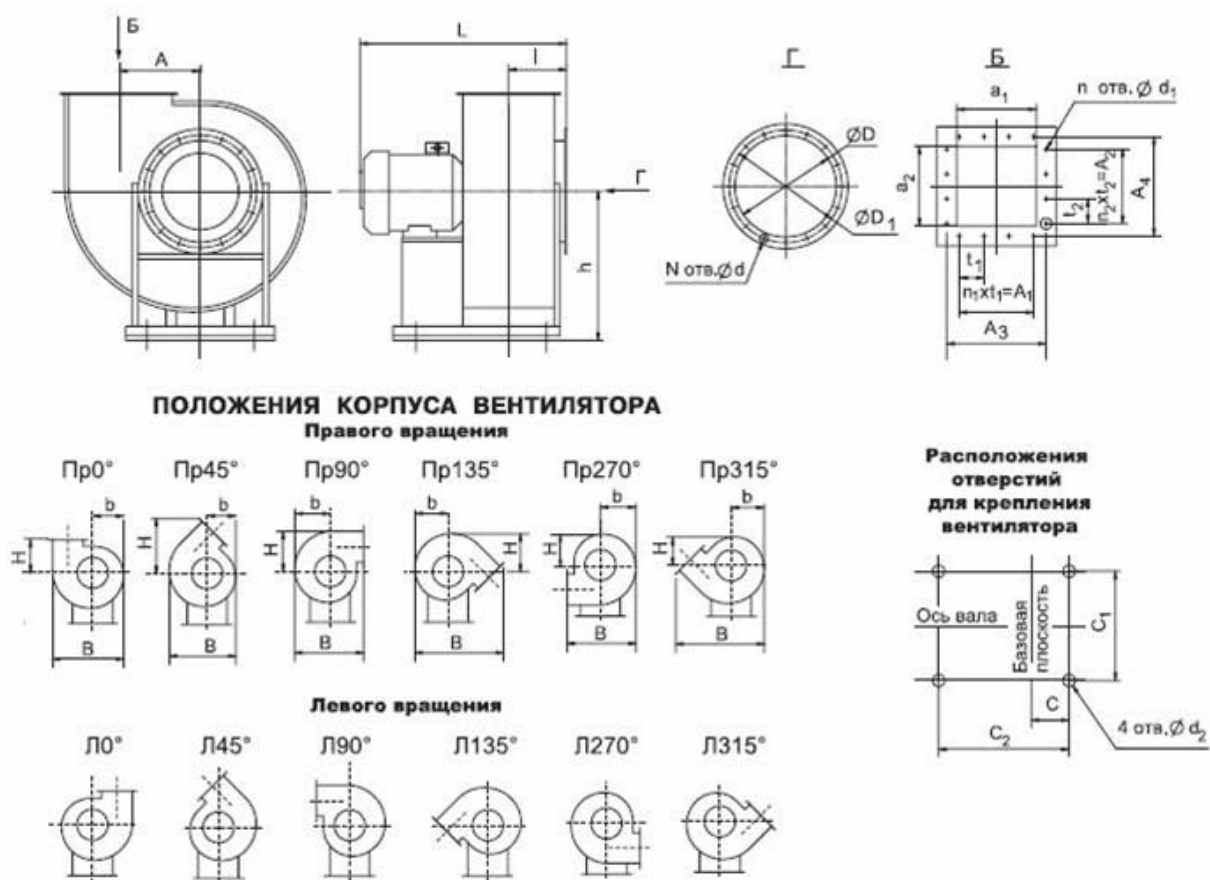
$$D=1,05D_{\text{НОМ}}$$



$$D=1,1D_{\text{НОМ}}$$



ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ



Вентилятор	Размеры, мм																					
	h	l	L _{max}	A	D	D ₁	d	d ₁	d ₂	a ₁	a ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	t ₁	t ₂	C	C ₁	C ₂	N	n
ВР-86-77-2,5	320	140	493	162	252	280	8,5x14	7	12	175	175	100	100	205	205	100	100	35	220	300	8	8
ВР-86-77-3,15	410	162	552	205	318	345	8,5x14	7	12	221	221	200	200	255	255	100	100	84	220	400	8	12
ВР-86-77-4	520	192	695	260	403	430	8,5x14	7	12	280	280	200	200	310	310	100	100	114	290	500	8	12
ВР-86-77-5	650	252	740	324	510	530	7x14	7	15	350	350	300	300	380	380	100	100	104	410	480	16	16
ВР-86-77-6,3	720	308	1000	410	640	660	7x14	7	15	441	441	400	400	470	470	100	100	125	460	520	16	20
ВР-86-77-8	905	378	1170	520	820	850	7x14	11	15	560	560	600	600	600	600	150	150	135	606	600	16	16

Вентилятор	Пр0°, Л0°			Пр45°, Л45°			Пр90°, Л90°			Пр135°, Л135°			Пр270°, Л270°			Пр315°, Л315°		
	B	b	H	B	b	H	B	b	H	B	b	H	B	b	H	B	b	H
ВР-86-77-2,5	465	189	198	408	173	335	417	220	276	535	204	235	417	219	189	539	204	173
ВР-86-77-3,15	580	238	239	515	218	413	516	277	342	670	258	297	516	277	238	670	258	218
ВР-86-77-4	728	301	291	648	273	500	642	351	428	856	322	376	642	351	301	856	322	273
ВР-86-77-5	915	389	340	940	357	612	790	454	526	1032	420	482	790	454	389	1032	420	357
ВР-86-77-6,3	1143	487	420	1052	447	760	985	564	656	1286	526	605	985	564	487	1286	526	447
ВР-86-77-8	1450	614	533	1328	564	965	1247	714	836	1629	664	764	1247	714	614	1629	664	564

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУХООБМЕНА В ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ	5
1.1. Здания административных учреждений, проектных и научно- исследовательских организаций.....	5
1.2. Общественные здания.....	6
1.2.1. Детские ясли-сады.....	6
1.2.2. Общеобразовательные учреждения.....	7
1.2.3. Лечебно-оздоровительные учреждения	9
1.2.4. Культурно-зрелищные учреждения	11
1.2.5. библиотеки, архивы и книгохранилища	14
1.2.6. Предприятия бытового обслуживания населения	14
1.2.7. Предприятия розничной торговли.....	15
1.2.8. Спортивные сооружения	16
2. ВЫБОР И РАСЧЕТ СИСТЕМ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ	20
2.1. Основные сведения о приточных струях.....	20
2.2. Рекомендуемые схемы воздухораспределения	21
2.3. Методика расчета и подбора воздухораспределителей	22
2.3.1. Подача воздуха настилающейся компактной приточной струей.....	22
2.3.2. Подача воздуха сверху вниз наклонными струями	28
2.3.3. Подача воздуха веерной струей.....	33
2.3.4. Подача воздуха компактной асимметричной струей	38
3. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОЗДУХОВОДОВ.....	40
3.1. Аэродинамический расчет систем вентиляции с механическим побуждением движения воздуха	40
3.2. Аэродинамический расчет систем вентиляции с естественным побуждением движения воздуха	56
4. ОБОРУДОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	66
4.1. Устройства для воздухозабора и воздухоудаления	66
4.1.1. Подбор жалюзийных решеток	66
4.1.2. Подбор утепленных воздушных клапанов	68
4.1.3. Подбор зонтов.....	70
4.1.4. Подбор дефлекторов	72
4.2. Подбор калорифера	74
4.3. Подбор фильтра.....	79
4.4. Подбор вентилятора.....	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	86
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	87
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	89

Учебное издание

Орлова Наталья Александровна
Чичиров Константин Олегович

**ВЕНТИЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ
ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.
КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Учебное пособие

Р е д а к т о р С.В. Сватковская
В е р с т к а Т.А. Лильп

Подписано в печать 25.12.12. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 9,3. Уч.-изд.л. 10,0. Тираж 80 экз.
Заказ №18.



Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.