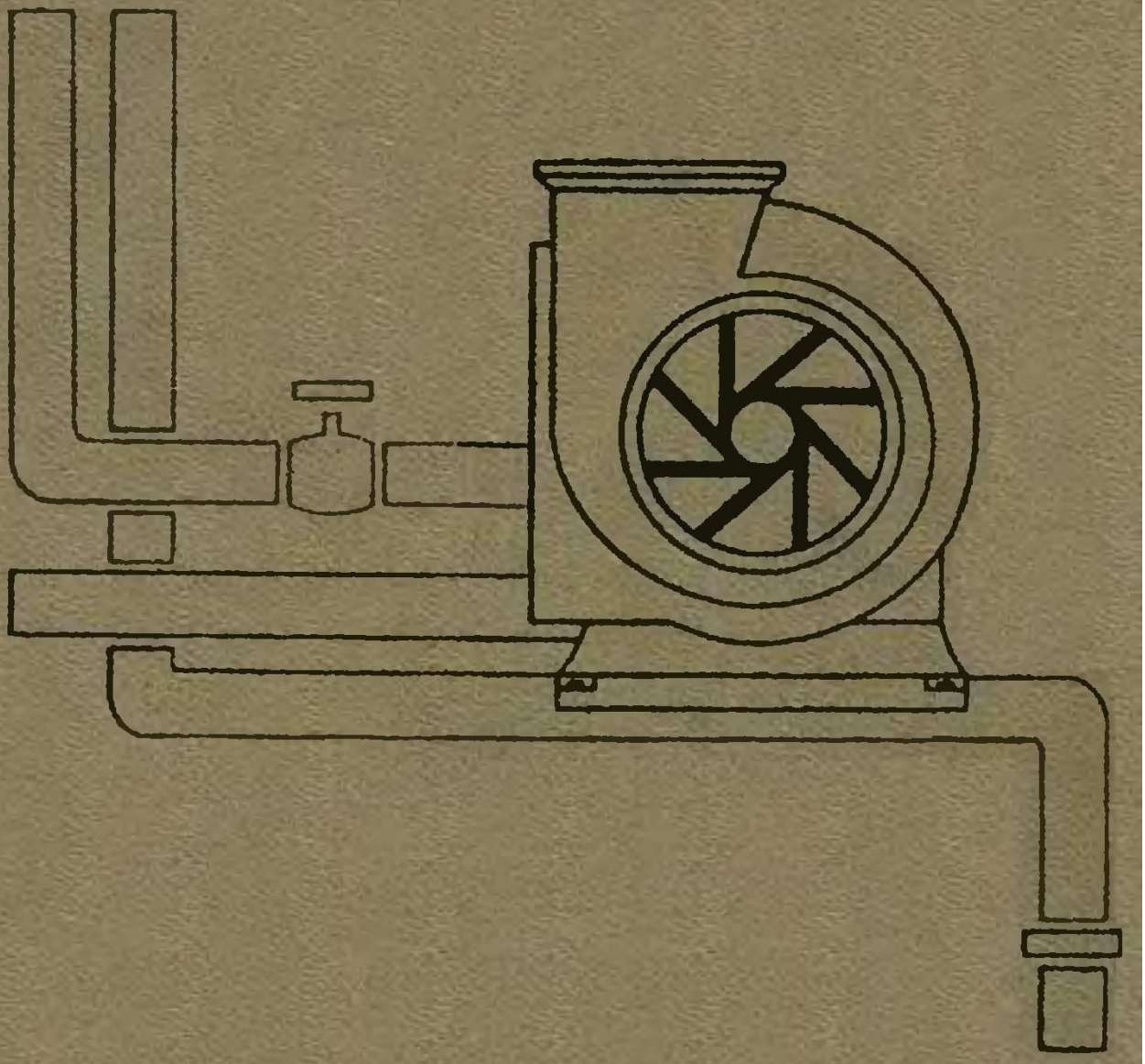
СПРАВОЧНИК

ПО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЮ И ВЕНТИЛЯЦИИ



СПРАВОЧНИК

ПО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЮ И ВЕНТИЛЯЦИИ

КНИГА ВТОРАЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «БУДІВЕЛЬНИК»
КИЕВ — 1976

6С9.4(083)
С74

УДК 697.9+697.34 (031)

Справочник по теплоснабжению и вентиляции (издание 4-е, переработанное и дополненное). Книга 2-я. *Р. В. Щекин, С. М. Кореневский, Г. Е. Бем, Ф. И. Скороходько, Е И. Чечик, Г. Д. Соболевский, В. А. Мельник, О. С. Кореневская.* Киев, «Будівельник», 1976, стр. 352.

Справочник содержит основные сведения по устройству, расчету и конструированию систем вентиляции и кондиционирования воздуха в жилых и общественных зданиях. Рассмотрены вопросы автоматизации и расчеты систем теплоснабжения и вентиляции с использованием ЭВМ. Предназначен справочник для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и строительством жилых и общественных зданий, а также может быть полезен студентам санитарно-технических специальностей.

Раздел VII написан канд. техн. наук, доц. С. М. Кореневским и инж. О. С. Кореневской; раздел VIII — доц. Г. Е. Бемом при участии канд. техн. наук Е. И. Чечика; раздел IX— канд. техн. наук доц. Г. Д. Соболевским; раздел X — канд. техн. наук Е. И. Чечиком при участии канд. техн. наук Р. Е. Цаля.
Таблиц 152, рисунков 71

Рецензенты *канд. техн. наук Е. И. Чечик и инж. Э. И. Микунис*

Редакция литературы по коммунальному хозяйству
Заведующий редакцией
инж. А. Л. Леоновский

Щ $\frac{30210-116}{М203\ (04)-76}$ 116—76

© Госстройиздат УССР, 1959

© Издательство «Будівельник», 1968

© Издательство «Будівельник», 1976

VII. ВЕНТИЛЯЦИЯ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Выбор систем вентиляции

Выбор систем вентиляции зависит от назначения здания, его объема, характера выделяющихся вредностей и требований, предъявляемых к системе вентиляции. Количество вентиляционного воздуха определяется по табл. VII.7 или на основании расчета. При отсутствии в списке табл. VII.7 требуемых помещений в заданном типе здания, температуру и воздухообмен нужно принимать по аналогичным (или близким к ним) помещениям зданий другого назначения. Во всех зданиях норма приточного воздуха в $м^3/ч$, приведенная в табл. VII.7, дается по наружному воздуху. Температуры наружного воздуха, при расчетах систем вентиляции принимаются по табл. VII.5. Для систем общеобменной вентиляции, а также в помещениях с местными отсосами, в сумме не превышающими однократный воздухообмен и при общеобменной вентиляции не превышающей однократный воздухообмен, температура рассчитывается по параметрам А. Для систем компенсирующих вытяжку из лабораторий, учебных мастерских и помещений с местными отсосами или с выделениями вредностей, не допускающих снижения воздухообмена в помещении, приточные системы берутся по параметрам Б.

Жилые здания (СНиП II—Л.1—71) оборудуются вытяжной естественной канальной системой вентиляции, с устройством каналов во внутренних стенах. В квартирах со сквозным или угловым проветриванием, а также в одно-, двух- и трехкомнатных квартирах вытяжная вентиляция осуществляется из уборных, ванных или объединенных санитарных узлов и кухонь.

В квартирах с четырьмя и более комнатами без сквозного или углового проветривания, должна быть предусмотрена вытяжная вентиляция непосредственно из жилых комнат (не смежных с кухнями и санузлами), кухонь, санузлов и ванных.

Искусственная вытяжная вентиляция проектируется в кухнях многоэтажных зданий, не менее чем в двух верхних этажах, не оборудованных газовыми водонагревателями. Здесь нужно предусматривать установку индивидуальных вентиляторов с обособленными каналами.

Приточная искусственная вентиляция устраивается в домах высотой в три этажа и более, в климатических подрайонах IA, IБ и IГ. Калориферы должны иметь устройства, предотвращающие их замораживание. В IVA климатическом районе в жилых зданиях должна предусматриваться техническая возможность установки индивидуальных кондиционеров или других охлаждающих устройств для снижения температуры внутреннего воздуха до + 28° С, а также возможность установки в жилых комнатах и кухнях фенов. Для притока воздуха в жилые комнаты и кухни в окнах должны устраиваться форточки или открывающиеся фрамуги.

Лестничные клетки вентилируются через форточки или фрамуги окон, каналы и шахты. Машинные помещения лифтов оборудуются вентиляцией, обеспечивающей температуру не выше +40° С. Норма воздухообмена для кухонь, где находятся газовые плиты, сохраняется и при установке в них газовых водонагревателей, а газоход от водонагревателей является одновременно дополнительным вытяжным каналом.

Общежития должны быть обеспечены вытяжной естественной канальной вентиляцией в спальных комнатах и во всех подсобных помещениях, за исключением вестибюля. Искусственная приточно-вытяжная вентиляция устраивается в постирочной, гладильной, сушильной для одежды и обуви. Количество удаляемого воздуха в этих помещениях должно быть больше приточного на 1/3. Вентиляция изоляторов проектируется вытяжная, естественная, с обособленной системой.

Гостиницы (СНиП II-Л. 17—65) проектируются, как правило, с естественной вытяжкой в номерах. В IV строительно-климатической зоне допускается искусственная вытяжная вентиляция. В районах с наружной температурой воздуха (наиболее холодной пятидневки) —40° С и ниже следует предусматривать искусственную приточную вентиляцию с нагреванием, а при необходимости, и с увлажнением наружного

воздуха, подаваемого в холодный и переходной периоды года. При наличии в номерах санитарных узлов вытяжку из жилой части номеров проектируют через санитарные узлы. В районах с наружной температурой воздуха (наиболее холодной пятидневки) —15° С и ниже в тамбурах главных входов в гостиницы и рестораны устраиваются воздушно-тепловые завесы с забором теплого воздуха из вестибюлей.

Административные учреждения и проектные организации (СН 400—70) проектируются с приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением. В зданиях, где работают 600 человек и более, а также в зданиях высотой десять этажей и более, в климатических районах с расчетной наружной температурой — 15° С и ниже (параметры Б) у главных входов устраивается воздушно-тепловая завеса с забором воздуха из верхней зоны вестибюля. Все помещения здания, за исключением конференц-залов, помещений общественного питания и киноаппаратного комплекса следует обеспечивать единой системой приточной вентиляции. Подача приточного воздуха предусматривается только в помещения основного назначения (конференц-залы, обеденные залы, кухни (по балансу, но не менее 30%) и вестибюли. В системах приточной вентиляции, как правило, устраивается очистка, а в зимний период также нагревание и увлажнение воздуха.

Самостоятельные системы искусственной вентиляции устанавливают для санитарных узлов, холлов, коридоров, курительных, помещений общественного питания, копировально-множительных служб, аккумуляторных и кинопроекционных.

Для конференц-залов предусматривается самостоятельная система естественной вытяжной вентиляции с устройствами против опрокидывания тяги. Вытяжку из кабинетов площадью 24 $м^2$ и меньше и из общих рабочих комнат устраивают выдавливанием воздуха через коридоры с удалением его через холлы и санитарные узлы. В помещениях создается подпор в размере 20% по балансу воздухообмена.

Воздухообмен в помещениях основного и вспомогательного назначения организуется по схеме «сверху-вверх», а в конференц-залах «сверху-вниз-вверх»» или «сверху-вниз». В административных учреждениях сельских населенных пунктов допускается устройство естественной вытяжной вентиляции.

В IV климатическом районе предусматривается комфортное кондиционирование воздуха. В других климатических районах комфортное кондиционирование устраивается только при технико-экономическом обосновании и согласовании с госстроями республик.

Для обеспечения в помещениях круглогодичных комфортных условий воздушной среды применяются совмещенные системы отопления и охлаждения. Кондиционированный воздух в конференц-залы подводится через одноканальные системы низкого давления с рециркуляцией воздуха, а для всего здания через одноканальные высокоскоростные системы с эжекционными приборами и централизованными источниками тепло-холодоснабжения. К отдельным группам помещений (по заданию) могут быть подведены двухканальные высокоскоростные системы кондиционирования воздуха со смесительными аппаратами. В районах с сухим и жарким климатом, при небольшом влаговыделении в помещениях, следует применять установки двухступенчатого испарительного охлаждения, а также двухступенчатые системы сухого охлаждения воздуха.

Приточно-вытяжная вентиляция должна обеспечивать: зимой — температуру 16—21° С (влажность воздуха не нормируется), подвижность воздуха 0,15 *м/с*; летом — температуру в основных помещениях не более чем на 3° С (в кухнях 5° С) выше расчетной наружной вентиляционной температуры по параметрам А (влажность воздуха не нормируется), подвижность воздуха 0,25 *м/с* (в кухнях 0,5 *м/с*). Системы кондиционирования воздуха должны обеспечивать: зимой — температуру 20—21° С, влажность воздуха 45—50%, подвижность 0,15 *м/с*; летом — температуру 23—26° С, влажность 50—55%, подвижность 0,25 *м/с*. Количество приточного воздуха для основных помещений определяется при наружной температуре +10° С, а вытяжного — при расчетной летней вентиляционной температуре (параметр А). Дополнительный приток воздуха подается через окна, а вытяжка вентилятором. Температура и воздухообмен в помещениях принимаются по табл. VII.7. При наличии местных отсосов, кратности воздухообменов характеризуют минимумы общеобменной вентиляции. При наружном остеклении более 50% расчетная внутренняя температура в основных помещениях должна быть +20° С.

Санатории (СНиП II—Л.10—62) оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией. В IV строительно-климатическом районе рекомендуются системы кондиционирования воздуха.

Приточная вентиляция водогрязелечебниц проектируется по расчетной температуре наружного воздуха, приведенной в табл. VIII.5, параметр Б, остальные помещения — по параметру А.

Приточный воздух должен подаваться в следующие помещения: водогрязелечебницы, общие раздевальные при душевых в кабинеты парафиноозокеритолечения, ингаляции, электросветолечения, рентгеновские кабинеты, обеденные и зрительные залы, киноаппаратные. В остальные помещения воздух подается через коридоры, а в дверях, стенах или перегородках проделываются отверстия с решетками. В рентгеновском кабинете приток воздуха проектируется в верхнюю зону, вытяжка — 80% из нижней зоны и 20% — из верхней зоны.

В спальных комнатах с санитарным узлом вытяжка устраивается через санитарный узел. Коридоры в спальных корпусах III и IV строительно-климатических зон устраиваются со сквозным проветриванием.

При расположении обеденного зала смежно с варочным залом приток воздуха проектируется в обеденный зал, а вытяжка — из варочного зала. В варочном зале, заготовочной и кондитерском помещении (с печью) вытяжка должна превышать приток (не менее чем на две кратности). Над плитой устанавливается кольцевой вытяжной воздуховод со шторами из армированного стекла. Вытяжка над плитой проектируется из расчета удаления 60% тепла плиты, остальные 40% удаляются общеобменной вентиляцией.

Больницы и поликлиники (СНиП II-Л. 9—70) оборудуются искусственной приточно-вытяжной вентиляцией, за исключением инфекционных отделений, где вытяжная вентиляция допускается только естественная (с дефлекторами) и отдельная для каждого бокса или полубокса. Установка фильтров в приточных системах обязательна. Бактериологические фильтры устанавливаются в приточных системах операционных, наркозных, родовых, реанимационных, послеоперационных, палатах интенсивной терапии, однокоечных и двухкоечных палатах для больных с ожогами кожи. Кондиционирование воздуха необходимо в операционных, наркозных, родовых, послеоперационных, реанимационных, палатах интенсивной терапии, однокоечных и двухкоечных палатах больных с ожогами кожи, для 50% коек в отделениях для грудных и новорожденных детей, 40% коек в отделениях недоношенных и травмированных детей (при условии оборудования кювезами 20—25% коек) или 60—70% коек [при отсутствии кювезов].

Для IV строительно-климатической зоны на летний период расчетную температуру воздуха в кондиционируемых помещениях допускается принимать на 3° выше указанной в табл. VII.7. Относительная влажность воздуха 55—60% и подвижность 0,15 *м/с* обеспечиваются в операционных, наркозных, родовых, послеоперационных палатах и помещениях реанимации. Отдельные системы вентиляции проектируются для: операционных блоков, реанимационных, родовых, лабораторий, рентгеновских, грязелечебных и водолечебных кабинетов, помещений сероводородных и радоновых ванн, лабораторий приготовления растворов радона, санитарных узлов, холодильных камер, боксов.

Детские сады и ясли (СНиП II-Л. 3—71) оборудуются естественной вытяжной вентиляцией во всех основных помещениях. Искусственная приточно-вытяжная вентиляция проектируется в кухнях, уборных и стиральных помещениях. Отдельная — для изолятора, кухни, уборных и группы стиральных помещений. В шкафах для сушки верхней одежды детей устанавливается вытяжная вентиляция с расходом воздуха 10 $м^3/ч$ на каждый шкаф.

Общеобразовательные школы и школы-интернаты (СНиП II-Л. 65—73) оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией.

Приток воздуха в учебные и учительские помещения искусственный. При расчетных отопительных температурах наружного воздуха выше —30° приток принимают децентрализованный неподогретым воздухом с подачей его в верхнюю зону (под потолок). При расчетных наружных температурах ниже —30° принимают приток подогретого воздуха в верхнюю зону помещения. При определении расхода тепла принимается температура наружного воздуха по табл. VII.5, параметр А.

Вытяжка из учебных и учительских помещений естественная. Для получения положительного баланса вытяжка должна быть меньше притока. Механическая вытяжная вентиляция устраивается в санитарных узлах и в помещениях с местными отсосами: химической лаборатории с вытяжным шкафом, мастерских с отсосами от станков и др.

При смежном расположении уборной и умывальной комнат вытяжка устраивается только из уборной. В душевых — только в кабинах. При числе душевых сеток 5 и более приток воздуха проектируется в раздевальное помещение

В помещениях кухни, моечной и уборных устанавливаются самостоятельные системы вентиляции. Вентиляция столовой и буфета проектируется по нормам предприятий общественного питания, киноаппаратной по нормам для кинотеатров. Вентиляция учебных помещений и учительских рассчитывается на ассимиляцию избыточных тепловыделений, влаговыделений и углекислоты с тем, чтобы температура внутреннего воздуха находилась в пределах 16—22° С (при отсутствии тепловыделений 16° С), влажность 30—60%, содержание CO_2 до 1 *л/м*^{3}.

Профессионально-технические училища (СНиП II-Л. 5—68) оборудуются приточно-вытяжными системами вентиляции. Самостоятельные системы принимаются в актовых и спортивных залах, столовых, кухнях, химических и других лабораториях с препараторскими вытяжными шкафами, кабинете зубного врача, санузлах. Из помещений с вытяжными шкафами весь объем воздуха рекомендуется удалять через вытяжные шкафы. Для обеспечения вытяжки из верхней зоны помещения при закрытых рабочих проемах шкафов, шкафы оборудуются клапанами размером 150 × 150 *мм*, расположенными в верхней части. В одну вытяжную систему допускается объединять не более двух вытяжных шкафов одного помещения, если уделяемые вещества не образуют взрывоопасных, ядовитых смесей и не дают осадка. В зависимости от предельно допустимых концентраций (ПДК) выделяющихся вредностей, скорость воздуха в проемах вытяжных шкафов принимается: при ПДК более 10 *мг/м*^{3} — 0,5 *м/с*; от 10 до 0,1 0,6—1; менее 0,1 1—1,5. При полном открытии проема шкафа (размер рабочих проемов принимать 400 × 700 *мм*) скорость воздуха должна быть: при ПДК 0,1 *мг/м*^{3} и более — 0,3, менее 0,1 — 0,45 *м/с*. Коэффициенты одновременности работы проемов вытяжных шкафов устанавливаются заданием. Подачу приточного воздуха проектируют непосредственно в помещения. В помещения лабораторий с выделяющимися вредностями приток должен составлять 90% от вытяжки с учетом коэффициента одновременности действия местных отсосов, но не менее 70% общего количества воздуха, удаляемого из помещения. Остальная часть подается в коридор или смежные помещения, имеющие двери в лабораторию.

Воздух в учебные помещения и лаборатории без местных отсосов и вытяжных шкафов для районов с расчетной температурой наружного воздуха выше —16° С подается децентрализованными агрегатами с подачей неподогретого наружного воздуха в верхнюю зону в количестве 12 *м*^{3}*/ч* на человека. Температура приточного воздуха во всех помещениях допускается не ниже 14° С, за исключением лабораторий и учебно-производственных мастерских, где она принимается по расчету. Вентиляция столовых проектируется по нормам предприятий общественного питания с воздухообменом не менее 20 *м*^{3}*/ч* на одно посадочное место, с подачей воздуха в обеденный зал и удалением из помещений кухонного блока.

Средние специальные учебные заведения (СНиП II-Л. 18—71) оборудуются вентиляцией, проектируемой по нормам для вузов. В районах с расчетной температурой наружного воздуха в холодный период —15° С и ниже, при входах в вестибюль при проходе более 400 *чел/ч* предусматриваются воздушные или воздушно-тепловые завесы.

Высшие учебные заведения (СНиП II-Л. 6—67) оборудуются вентиляцией аналогично профессионально-техническим училищам. Коэффициент одновременности работы проемов вытяжных шкафов в лабораториях принимается: до 3 проемов — 1; 3—6 проемов — 1—0,7, более 6—0,7—0,5. Эти коэффициенты рекомендуется уточнять по заданию. Воздух, удаляемый из лабораторий, запрещается транспортировать по кирпичным каналам. Для поступления воздуха из коридоров в помещения лабораторий, в стенах устраивают отверстия с решетками и звукофильтрами (при проникающем шуме более 35 *дб*) и клапанами (или другими устройствами) для отключения. Клапаны закрываются со стороны помещения. Приток наружного неподогретого воздуха, рассчитанный на ассимиляцию теплоизбытков, разрешается для групповых аудиторий, учебных кабинетов и лабораторий (без местных отсосов и вытяжных шкафов) в районах с наружной расчетной вентиляционной температурой выше —16° С. В аудиториях вместимостью 50 и 100 человек, в IV строительно-климатической зоне, рекомендуются потолочные вентиляторы (фены). В поточных аудиториях на 150 человек и более принимаются оптимальные параметры воздушной среды по табл. VII.6. В зимнее время для лабораторий и производственных помещений предусматривается увлаж-

нение приточного воздуха до 40—60% при подаче более 20 $м^3/ч$ воздуха на одного работающего.

Спортивные сооружения (СНиП II-Л. 11—70) оборудуются приточно-вытяжными системами вентиляции, самостоятельными для спортивных залов, залов подготовительных занятий в бассейнах, залов-ванн, душевых, уборных, раздевальных и административно-хозяйственных помещений, хлораторных и складов хлора, технических служб (насосных, бойлерных и др.). Удаление воздуха из спортивных залов естественное за счет давления приточного воздуха.

Воздушно-тепловые завесы предусматриваются для вестибюлей спортивных залов и бассейнов круглогодичного действия, при температурах наружного воздуха —15° С и ниже. Скорость движения воздуха в зонах, где находятся учащиеся, не должна превышать: в спортивных залах для борьбы и настольного тенниса — 0,25; в залах ванн крытых бассейнов — 0,2, в душевых, раздевальных, массажных и банях — 0,15; в остальных помещениях — 0,5 *м/с*. Относительная влажность воздуха принимается в спортивных залах и залах для подготовительных занятий в бассейнах 35—60%, в залах ванн бассейнов — 50—65%.

При совмещении курительной комнаты с санитарными узлами вытяжка в санитарном узле устраивается десятикратная.

Расчетное количество зрителей в залах — 100%. При применении рециркуляции в системах воздушного отопления спортивных залов, грелок катков и залов ванн крытых бассейнов, совмещенного с вентиляцией или кондиционированием воздуха, объем наружного воздуха должен быть не менее указанного в табл. VII.7. Электропусковые устройства систем вентиляции хлораторных и складов хлора размещаются вне этих помещений, перед входом.

Клубы (СНиП II-Л. 16—71) оборудуются приточно-вытяжными системами вентиляции, самостоятельными для помещений зрительной и клубной части с обслуживающими и административными помещениями.

В зрительной части проектируют приточную вентиляцию с механическим побуждением для зрительного зала (с рециркуляцией воздуха), фойе и обслуживающих зрительный зал помещений (кулуаров, гостиных, буфета, вестибюля и др.) и искусственную вытяжную вентиляцию из курительных, уборных, киноаппаратной, артистических комнат, аккумуляторных и кислотных. Естественная вытяжная вентиляция предусматривается из зрительного зала, помещений сцены, а также из отдельных или обособленных административно-хозяйственных помещений.

В клубной части устраивается следующая вентиляция:

искусственная приточная во всех комнатах для занятий кружков, гостиных, выставочных залах, помещениях детского сектора, библиотеки и вестибюле;

отдельная искусственная приточная для спортивного зала, которая может быть совмещена с воздушным отоплением. Разрешается рециркуляция. При близком расположении спортивного и малого залов целесообразно объединять приточную вентиляцию для обоих помещений в одну общую систему;

естественная вытяжная для всех помещений;

искусственная вытяжная для уборных и душевых.

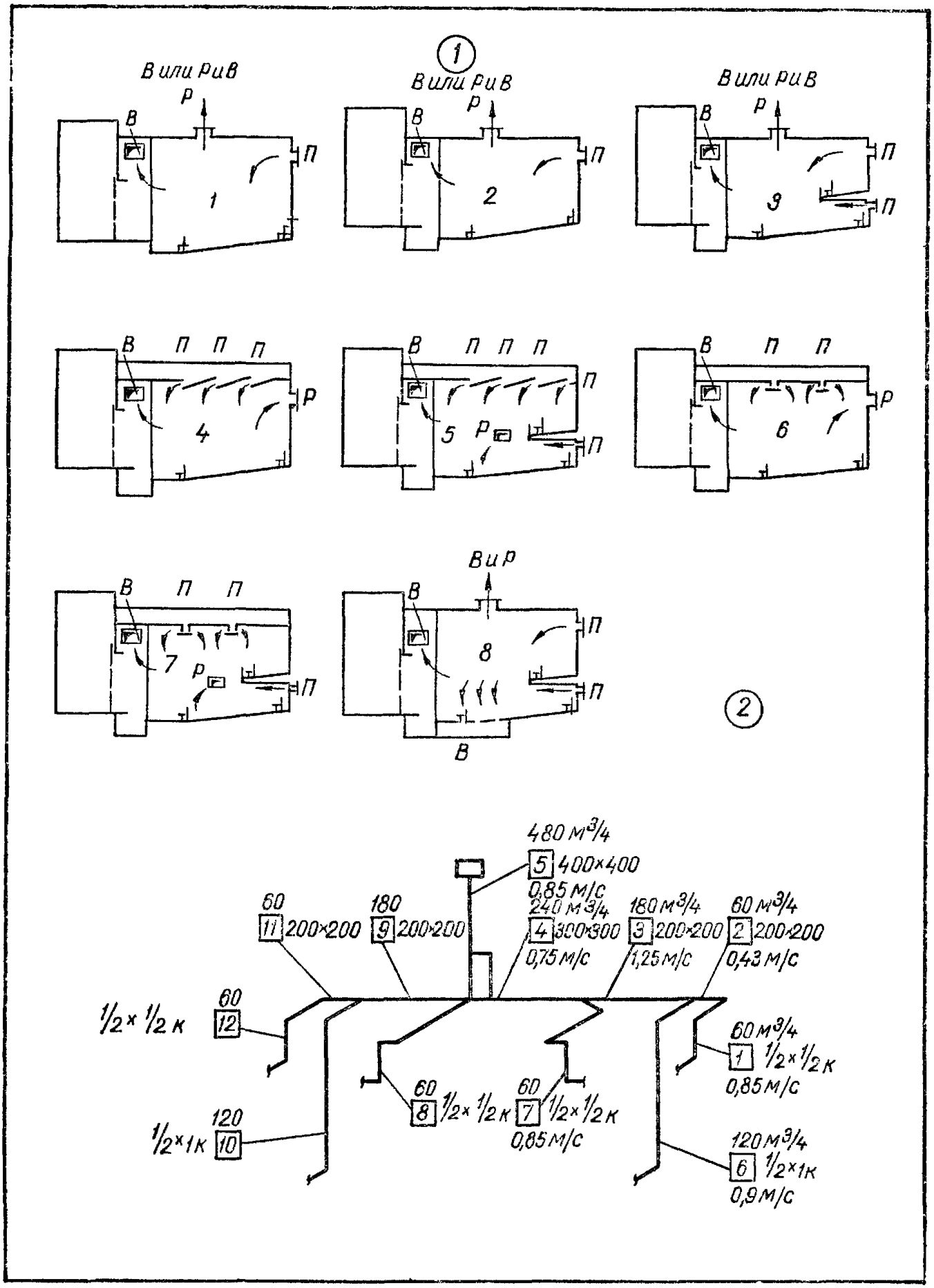
В зрительных залах, в зависимости от их вместимости, конфигурации и способов размещения зрительных мест допускаются следующие схемы вентиляции:

в зрительных залах без балконов вместимостью до 400 зрителей подача приточного воздуха проектируется через отверстия *П* в верхней средней зоне помещения со стороны кинопроекционной (лист VII.1, рис. 1, схема 1);

в зрительных залах вместимостью 400 зрителей приточный воздух может подаваться через приточные решетки в верхней зоне задней торцовой стены концентрированным притоком (лист VII.1 схема 2 и 3), через приточные решетки в потолке с направлением струи в сторону сцены или эстакады (схемы 4 и 5) или через анемостаты, установленные в потолке (схемы 6 и 7);

при наличии в зрительном зале балкона приточный воздух подается также под потолком балкона через решетки в задней стене зала (лист VII.1, схемы 3,5 и 7); места под балконом обеспечиваются приточным воздухом в объеме, соответствующем количеству мест;

вытяжные отверстия В располагают в потолке или в верхней зоне стен у портала стены или перед антрактным занавесом эстрады; рециркуляционные отверстия Р могут быть общими с вытяжкой или отдельными, расположенными в средней или верхней зоне стен зала; вытяжные и рециркуляционные отверстия не допускается располагать под балконом и над балконом.



Лист VII.1. Схема вентиляции зрительных залов (рис. 1) и расчетная схема к примеру VII.2 (рис. 2):

П — приток; В — вытяжка; Р — рециркуляция.

Расстояние от пола до низа приточных отверстий (решеток) в задней стене балкона или подбалконного пространства должно быть не менее 2,1 *м*. Приточный факел должен быть направлен параллельно потолку или на потолок.

Разница между температурой воздуха в зоне зрителей и температурой приточного воздуха у приточных отверстий или решеток при выпуске приточного воздуха на высоте до 2 *м* от пола должна быть не более 2°; при выпуске приточного воздуха на высоте более 3 *м* от пола допускается разница в пределах 5—8°, в зависимости от высоты отверстий над полом и направления приточного факела. Более высокий перепад температур может быть принят при применении специальных насадок в приточных отверстиях, обеспечивающих нормальные температуры воздуха в зоне дыхания зрителей.

Способы подачи приточного воздуха и размещение приточных отверстий в зрительном зале должны исключать возможность образования застойных зон и неприятного для зрителей ощущения дутья. Способ подачи воздуха принимается с учетом геометрических форм зала, планировки мест, наличия балконов и глубины подбалконного пространства. Подвижность воздуха в зоне зрителей, т. е. на высоте до 2 *м* от пола, в зависимости от температуры и влажности воздуха не должна превышать 0,3 *м/с* (по СНиП II-Г. 7—62).

В зрительных залах без кондиционирования воздуха в летний период применяется прямоточная схема вентиляции без рециркуляции.

В фойе и кулуарах проектируется только приточная вентиляция. Фойе и кулуары рассматриваются как резервуары приточного воздуха для компенсации вытяжки из смежных обслуживающих помещений. Объем приточного воздуха, подаваемого в фойе, должен превышать на 10% суммарный объем вытяжки из помещений буфета, уборных, курительных, гардероба и плюс двукратный объем притока в вестибюль. Приточный воздух в фойе и кулуары надлежит подавать в верхнюю зону. Для курительных и уборных проектируется общая вытяжная система. В клубной части приточный воздух подается в коридоры или кулуары во всех случаях в верхнюю зону. В малом зале-аудитории проектируются искусственный приток воздуха и естественная вытяжка.

Все приточные и вытяжные решетки в обслуживающих и административных помещениях устанавливаются под потолком и должны иметь регулировочные устройства.

Приточные вентиляционные камеры проектируют, как правило, в подвале или в первом этаже. Не допускается устройство вентиляционных камер с механическим приводом над и под зрительными залами, фойе и малым залом-аудиторией.

В районах с расчетной наружной температурой ниже —20° в нерабочий период клуба в зрительном и спортивном залах следует применять, как правило, воздушное отопление с рециркуляцией воздуха, совмещенное с соответствующими приточными системами или с воздушно-тепловыми завесами. Допускается устройство в зрительном и спортивном залах самостоятельной системы дежурного отопления с нагревательными приборами. При этом температура воздуха в помещениях не должна быть менее +10°.

Вентиляция курительных, кинопроекционных, аккумуляторных и других помещений выполняется аналогично соответствующим помещениям кинотеатров.

Театры (СНиП II-Л. 20—69) оборудуются искусственными приточно-вытяжными системами вентиляции, самостоятельными для помещений зрительного и сценического комплексов, курительных, санитарных узлов, аккумуляторных, подсобных при буфетах, светопроекционных (при дуговых проекторах) и трюма сцены. Вентиляцию курительных и санитарных узлов допускается объединять в одну систему. В зрительных залах театров состояние воздушной среды в зонах размещения зрителей должно быть обеспечено отдельной системой вентиляции или кондиционирования воздуха в соответствии с требованиями табл. VII.7, со степенью обеспеченности по табл. VII.5, параметры Б.

Тепло- и влаговыделения, а также выделения CO_2 в зале от зрителей принимаются по табл. VII.2.

Для систем вентиляции и кондиционирования воздуха зрительного зала и других помещений применяется рециркуляция воздуха, при этом количество наружного воздуха должно составлять не менее 20 $м^3/ч$ на 1 человека. Наружный и рециркуляционный воздух должен очищаться от пыли.

В зрительном зале театра с колосниковой сценой количество удаляемого воздуха должно составлять 90% приточного, в том числе через сцену удаляется 17% воздуха.

В районах с расчетной наружной температурой —15° С и ниже, при входах в вестибюли и в проемах складов для декораций, предусматриваются воздушные или тепловые завесы с забором воздуха из верхних зон вестибюлей и складов. Для помещений аппаратной регулирования (дроссельная) освещения сцены и зала и других технических помещений с тепловыделениями более 20 *ккал/м*^{3} разрешается подача наружного неподогретого воздуха. При температуре ниже +10° С подогрев воздуха осуществляется за счет рециркуляции.

В репетиционные залы, групповые помещения для артистов, производственные мастерские, аппаратные звукофикации, радиовещания, звукозаписи, телевидения и кабинет директора приток и вытяжка делаются непосредственно из помещений. В щелочных аккумуляторах вытяжные отверстия располагаются под потолком, в кислотных из двух зон: из нижней — на высоте 0,2 *м* от пола, и из верхней — под потолком. От клееварок устраиваются местные отсосы.

В помещениях постирочной, для окраски и пропитки декораций устраивается искусственная приточно-вытяжная вентиляция с местными отсосами. Умывальные при уборных вентилируются за счет вытяжки из уборных. На всех ответвлениях воздуховодов предусматриваются устройства для наладочной регулировки систем. Все приточные отверстия зрительного зала оборудуются устройствами, позволяющими изменять направление движения воздуха. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха должны иметь: устройства виброшумоглушения; автоматическое регулирование; дистанционный и местный контроль и сигнализацию.

Кинотеатры (СНиП II-Л.15—68 и СН 30—58) оборудуются приточно-вытяжными системами вентиляции; приток искусственный с подогревом воздуха. В зрительных залах вытяжка осуществляется через шахты.

В кинотеатрах III класса со зрительным залом до 200 мест (включительно) допускается устройство вытяжной вентиляции без организованного притока. Зрительные залы кинотеатров I класса и залы на 600 мест и более оборудуют установками для кондиционирования воздуха.

В зрительных залах кинотеатров I и II классов круглогодичного действия для экономии тепла в зимнее и переходное время, а летом — холода в системах кондиционирования воздуха применяют рециркуляцию воздуха. Вытяжную вентиляцию, естественную или искусственную, проектируют из верхней зоны помещения через отверстия в потолке или боковых стенах.

Вентиляция зрительных залов в зависимости от их размеров и конфигурации применяется по схеме «сверху — вверх и вниз» со следующими рекомендациями:

в зрительных залах в виде амфитеатров на 200—600 мест подача приточного воздуха может быть принята как со стороны проекционной, так и со стороны экрана;

в зрительных залах более чем на 600 мест приточный воздух допускается подавать через анемостаты в потолке (плафоны с отражателями и раздачей воздуха в горизонтальном направлении) или со стороны, противоположной экрану. Удаление воздуха из зрительного зала осуществляется из верхней зоны или из верхней и частично из нижней зон;

в широких зрительных залах (при ширине зала, близкой к его длине) приточный воздух подается через отверстия в потолке у одной из боковой стены (или торцовой стены, в зависимости от того, какая из стен длиннее), а отсасывается через отверстия в потолке у другой боковой стены (или торцовой). Может быть принята схема с подачей приточного воздуха через отверстия в потолке у боковых (торцовых) стен и удалением воздуха через отверстия в середине потолка;

при наличии в зале балкона приточный воздух подается под потолком балкона со стороны проекционной. При наличии подбалконной пазухи достаточной высоты приточный воздух в партер может быть подан через нижнюю часть барьера балкона. Места под балконом и на балконе должны быть обеспечены приточным воздухом в объеме, соответствующем количеству мест. Расстояние от пола до низа приточного отверстия в задней стене балкона или подбалконного пространства должно быть не менее 2,1 *м*.Приточный факел должен быть направлен на потолок или параллельно потолку. При подаче приточного воздуха на высоте до 2 *м* от пола температура приточного воздуха не должна отличаться от температуры воздуха в этой зоне более чем на 2°.

При подаче приточного воздуха в партер зрительного зала через боковые или торцовые стены воздуховыпускные отверстия должны быть на высоте 3—6 *м* от пола до нижней части отверстия. Приточные отверстия, как правило, следует размещать

в плоскости стен. Они должны иметь устройства, исключающие дутье воздуха на зрителей *.

Приточный воздух в фойе следует подавать в верхнюю зону. Приточная система фойе может быть принята в виде отдельной системы или совмещенной с приточной вентиляцией зрительного зала. В фойе с буфетом или в распределительные кулуары необходимо обеспечивать подачу приточного воздуха в объеме не менее объема, удаляемого из смежных помещений — курительной, санитарных узлов и других обслуживающих помещений.

Приточный воздух в вестибюль может быть подан через фойе, распределительные кулуары или непосредственно в вестибюль.

В кинотеатрах сезонного действия (летних) приточно-вытяжная вентиляция предусматривается только в зрительных залах и киноаппаратных.

В кинопроекционных устраивается искусственная приточная вентиляция с подогревом наружного воздуха за счет рециркуляции части воздуха из кинопроекционной. Вытяжка воздуха выполняется через вытяжные трубы от кинопроекторов с дуговыми лампами и через вытяжные шахты (или дефлекторы) из верхней зоны киноаппаратной. Вытяжка из кинопроекторов с дуговыми лампами проектируется искусственная или естественная, из помещения кинопроекторов с лампами накаливания — естественная.

Вытяжная вентиляция курительных и санитарных узлов объединяется в общую систему. При высоте курительной более 3 *м* вытяжные решетки устраивают в двух зонах — под потолком и на высоте 2 *м* от пола; при высоте менее 3 *м* вытяжку проектируют только из верхней зоны.

К вытяжным системам проекционных допускается присоединение вытяжных каналов из перемоточных. В служебно-хозяйственных помещениях, как правило, устраивается вытяжная естественная вентиляция. Искусственная вытяжная вентиляция самостоятельными системами устраивается в санузлах, курительных, аккумуляторных и кислотных. Системы вентиляции кислотных аккумуляторных проектируются во взрывобезопасном исполнении. Вытяжные отверстия в щелочных аккумуляторных располагаются под потолком, а в кислотных — под потолком и на высоте 0,2 *м* от пола. Искусственная вентиляция аккумуляторных, не имеющих дневного света, должна быть сблокирована с зарядным устройством (выключение вентиляции — отключение зарядного устройства).

При определении воздухообмена зрительных залов для теплого периода года не рекомендуется принимать количество приточного наружного воздуха более 80 $м^3/ч$ на человека. В расчетах для климатических подрайонов IVA и IVB принимается нижний предел относительной влажности воздуха (СНиП II-А.6—72).

Приток воздуха в кулуары и фойе определяется с учетом вытяжки из смежных помещений, не имеющих приточной вентиляции. Подвижность воздуха в рабочей зоне зрительных залов в холодный период не должна превышать 0,3, в теплый 0,4 *м/с*.

Вытяжные шахты оборудуются утепленными клапанами с дистанционным управлением и поддонами с отводом конденсата. Вентиляционные камеры, как правило, не должны размещаться над и под зрительным залом. Приточные вентиляционные камеры устраивают в подвале или на первом этаже. Приточный воздух должен быть очищен от пыли. Размещение транзитных воздухопроводов для других помещений не разрешается: в проекционной, перемоточной и в стенах зрительных залов, разделяющих зрительные залы двухзальных кинотеатров.

В кинотеатрах II класса предусматривается скрытая прокладка трубопроводов систем отопления и вентиляции в зрительных залах, вестибюлях, фойе и распределительных кулуарах. Вентиляционные камеры, шахты, воздухопроводы, ограждения звукоглушителей и звукоглушители систем вентиляции и кондиционирования воздуха выполняются из несгораемых материалов.

Бани (СНиП II-Л. 13—62*) оборудуются приточно-вытяжной искусственной вентиляцией с подогревом приточного воздуха. В помещениях с воздухообменом однократным и менее приток может быть неорганизованным.

---

* Для систем кондиционирования воздуха делается расчет воздухораспределения («Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Вентиляция и кондиционирование воздуха». Часть II. Под общей редакцией канд. техн. наук И. Г. Староверова. М., Стройиздат, 1969).

Подача приточного воздуха и размещение приточных отверстий в раздевальных, мыльных, душевых, ванных и душевых кабинах должны исключать ощущение дутья и образования невентилируемых участков. Скорость выпуска воздуха из приточных отверстий в раздевальных, мыльных, душевых, ванных и душевых кабинах следует принимать не более 0,7 *м/с*, в остальных помещениях — не более 1,5 *м/с*. Скорость воздуха в вытяжных решетках должна быть не более 2 *м/с*.

Верх приточных и вытяжных решеток должен быть на расстоянии не более 400 *мм* от потолка. Конструкция решеток должна обеспечивать регулировку пропускаемого воздуха.

Вытяжные системы вентиляции должны быть раздельными для следующих помещений: раздевальных, мыльных, душевых, парильных, ванных, душевых кабин, грязной половины дезинфекционных камер, чистой их половины, уборных, остальных помещений.

В дезинфекционных камерах устраивается аварийная вентиляция в десятикратном объеме вытяжным осевым вентилятором с утепленным клапаном. Приток неорганизованный, через открываемые наружные окна и двери. При работе аварийной вентиляции допускается временное охлаждение помещений.

В помещении для топки печей-каменок предусматривается, как правило, естественная приточно-вытяжная вентиляция в трехкратном объеме.

В раздевальных и мыльных бань вместимостью 200 мест и более допускается устройство воздушного отопления, совмещенного с приточной вентиляцией, без рециркуляции воздуха, но с учетом возможности рециркуляции воздуха в нерабочее время. Температура приточного воздуха должна быть не более 70°. В качестве теплоносителя для систем вентиляции и воздушного отопления принимается пар давлением до 5 *ати* или вода с температурой не выше 150°. Трубопроводы для систем вентиляции прокладываются отдельной ниткой.

Приточный воздух для компенсации воздуха, удаляемого из ванных и душевых кабин, должен поступать через раздевальные при кабинах. При отсутствии организованного притока, кратность воздухообменов в раздевальных, мыльных, душевых, парильных, ванных и душевых кабинах принимается 1,5. В банях вместимостью 200 мест и более, при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления ниже —20° С, в тамбурах входных дверей рекомендуется устройство воздушных тепловых завес. Не допускается размещение вентиляционных каналов в толще наружных и внутренних стен помещений с мокрым и влажным режимами. Вытяжные каналы из таких помещений должны укладываться с уклоном в сторону движения воздуха и отводом конденсата из воздуховодов и вентилятора.

Прачечные (СНиП II-Л. 14—62) оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией с подогревом приточного воздуха.

В стиральных и сушильно-гладильных цехах подача приточного воздуха производится в верхнюю и рабочую зоны; в остальных помещениях прачечных, как правило,— только в верхнюю зону.

В прачечных производительностью 1000 *кг* и более белья в смену вентиляционные вытяжные системы должны быть раздельными для следующих помещений: цеха приемки белья, стирального и сушильно-гладильного цехов, душевых, уборных. Вентиляционные системы прачечных не должны объединяться с вентиляционными системами здания, вентилирующими помещения другого назначения.

Баланс притока и вытяжки должен приниматься с таким расчетом, чтобы обеспечить перетекание воздуха из помещений выдачи чистого белья в помещения приемки грязного белья.

Сушильно-гладильные машины прачечных оборудуются местными отсосами. Вентиляционное оборудование сушильно-гладильных машин должно блокироваться с технологическим оборудованием.

Расход тепла на вентиляцию определяется по расчетной температуре наружного воздуха (см. табл. VII.5, параметры А).

Давление пара для калориферов воздушного отопления и вентиляции принимается не выше 5 *ати*. Характерные давления пара для технологического оборудования следующие: стиральные машины — 1,5—2 *ати*, сушильно-гладильные машины — 6—8 *ати*. Паропроводы к калориферам вентиляционных систем выполняются отдельной веткой от распределительной гребенки.

В прачечных производительностью 3000 *кг* белья и более в смену допускается устройство воздушного отопления, совмещенного с приточной вентиляцией, без рециркуляции воздуха, но с учетом возможности рециркуляции воздуха в нерабочее время.

В помещении сортировки белья дополнительно к основной устраивается аварийная вентиляция.

Относительная влажность воздуха принимается в стиральном цехе — 70%, в сушильно-гладильном — 60%.

Магазины (СНиП II-Л.7—70) оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией.

В магазинах с торговыми залами общей площадью 150 $м^2$ и менее проектируется естественная вентиляция. При торговых залах общей площадью 2700 $м^2$ и более проектируется кондиционирование воздуха при расчетной наружной температуре для теплого периода года 25° С и выше (по параметрам А). В IV климатическом районе кондиционирование воздуха допускается для магазинов с общей площадью торговых залов 900 $м^2$ и более. В магазинах с отдельными залами продовольственных и непродовольственных товаров проектируются самостоятельные системы вентиляции этих помещений.

Магазины, встроенные в дома другого назначения, должны иметь самостоятельные системы вентиляции. В охлаждаемых камерах для хранения овощей и фруктов проектируется приточно-вытяжная система вентиляции. Тамбуры входов для покупателей в магазинах с торговыми залами общей площадью 150 $м^2$ и более при расчетной температуре наружного воздуха —15° С и ниже оборудуются воздушными или воздушно-тепловыми завесами. В административных и бытовых помещениях вентиляция проектируется по нормам (СНиП II-М. 3—68).

В торговых залах магазинов допускается рециркуляция воздуха, кроме торговых залов с химическими, синтетическими или пахучими веществами. При рециркуляции обеспечивается подача наружного воздуха в объеме не менее 20 $м^3/ч$ на человека. Двигатели вентиляционных систем, работающих на рециркуляцию, должны быть блокированы с дымовыми датчиками, отключающими систему рециркуляции при появлении дыма в помещении.

Расчет воздухообмена в торговых залах производится на поглощение тепловыделений людей, оборудования, освещения и солнечной радиации с проверкой на предельно допустимую концентрацию углекислоты.

Теплопоступления от солнечной радиации через витрины с одинарным остеклением принимаются с коэффициентом 1,15. Для расчета вентиляции количество людей в торговых залах принимается по площади залов (включая площадь, занятую оборудованием) на одного человека: в продовольственных и непродовольственных магазинах до 2,5 $м^2$; в мебельных, музыкальных и магазинах электротоваров до 3,5 $м^2$. Вентиляция для наружного воздуха рассчитывается по табл. VII.5, параметры А.

Температура приточного воздуха в зимнее время должна быть не ниже + 12° С. СНиП II-Л. 7—70 распространяется на проектирование продовольственных магазинов с площадью торговых залов до 900 $м^2$ и непродовольственных — до 5400 $м^2$ включительно.

Склады (СНиП II-П. 1—62*) в зависимости от степени загрязнения в них воздуха проектируются с естественной, искусственной или комбинированной вентиляцией.

Кондиционирование воздуха устраивается только в тех случаях, когда оно требуется для сохранения продукции и обосновано по технико-экономическим показателям.

Вентиляция помещений проектируется по СНиП II-М. 3—68, а устройство воздушно-тепловых завес по СНиП II-М.2—72.

Холодильники (СНиП II-П. 105—74) требуют специальной приточно-вытяжной вентиляции в машинном (компрессорном) и аппаратном отделениях аммиачных холодильных установок. В остальных помещениях вентиляция проектируется на общих основаниях.

Помещения с аммиачными холодильными установками, которые содержат более 300 *кг* аммиака, должны иметь искусственную приточную вентиляцию с подогревом воздуха зимой в двухкратном объеме и вытяжную вентиляцию — в трехкратном объеме. Кроме того, проектируется аварийная вытяжная вентиляция в семикратном объеме.

Требуемая кратность воздухообменов при аварийной вентиляции обеспечивается совместной работой постоянно действующей вытяжной и аварийной вентиляции (СНиП II-Г. 7—62, п. 4.27) в виде дополнительной вытяжной системы.

Компенсацию аварийной вытяжки предусматривают за счет поступления наружного воздуха или воздуха из соседних помещений с устройством при необходимости для этого проемов, но не предусматривая специальных приточных систем. При

включении аварийной вентиляции допускается временное нарушение нормируемых метеорологических условий в помещениях.

Включение аварийной вентиляции устраивается снаружи и в помещении. В помещении пуск рекомендуется дублировать включением от руки и от газоанализаторов, настраиваемых на допустимую по санитарным и противопожарным нормам концентрации газов. Одновременно с включением аварийной вентиляции следует предусматривать автоматическое открывание проемов для притока воздуха в помещение.

В машинных и аппаратных отделениях, в системах которых имеется менее 300 *кг* аммиака, проектируется только вытяжная вентиляция в трехкратном объеме воздуха в 1 *ч* без специальной аварийной вентиляции.

Холодильники с расходом холода до 150 000 *ккал/ч* оборудуются фреоновыми холодильными установками. В машинных отделениях фреоновых холодильных установок проектируется следующая вентиляция *:

для установок группы В (рабочий объем цилиндров компрессоров, до 25 $м^3/ч$) — вытяжка естественная в трехкратном объеме в 1 *ч*, приток неорганизованный;

для установок группы Б (рабочий объем цилиндров компрессоров, до 100 $м^3/ч$) искусственный приток в двухкратном объеме, вытяжка — в пятикратном; специальная аварийная вентиляция не устраивается.

Вытяжка в машинных отделениях проектируется из нижней зоны, у пола.

В холодильных камерах вытяжка проектируется из верхней зоны в пятикратном объеме без притока. Камеры для рыбы и других продуктов с резким запахом вентилируются самостоятельными системами. Выброс воздуха устраивается выше конька крыши; забор приточного воздуха для камер — на высоте не ниже 3 *м* от поверхности земли. В остальных помещениях вентиляция проектируется по данным табл. VII.7.

Предприятия общественного питания (СНиП II-Л. 8—71) оборудуются системами искусственной приточно-вытяжной вентиляции. Системы вытяжной вентиляции проектируются раздельными для следующих групп: уборных, умывальных, душевых, охлаждаемых камер для хранения овощей, фруктов и пищевых отходов, помещений для посетителей, горячих цехов и моечных (если система вентиляции обслуживается официантами, то для этих помещений проектируются раздельные системы), производственных, складских и административных.

Приточные системы проектируются раздельными для торговых и производственных помещений. В предприятиях на 100 посадочных мест одна общая система приточной вентиляции может обслуживать все помещения.

Уборные и душевые оборудуются самостоятельной системой вентиляции.

Вентиляционные системы предприятий общественного питания, размещаемых в зданиях иного назначения, не должны совмещаться с вентиляционными системами этих зданий. Рециркуляция воздуха не допускается.

В предприятиях с самообслуживанием вытяжка из зала и горячего цеха проектируется через горячий цех. Приток в горячий цех принимается 35% и в зал 65% (дополнительно к расчетному притоку в зал).

В предприятиях с обслуживанием официантами вытяжка из горячего цеха и раздаточную проектируется через горячий цех. Приток в горячий цех принимается 65% и в раздаточную 35% (дополнительно к расчетному притоку раздаточной).

В горячих цехах, в помещениях для выпечки кондитерских изделий и в моечных вытяжка должна превышать приток воздуха не менее чем на 2 объема этих помещений, а в залах не менее чем на 2 объема помещений горячего цеха и моечной. В производственные, складские, административные, вспомогательные помещения торговой группы приточный воздух подается через коридоры или непосредственно в помещения.

Приточный воздух в горячем цехе и в помещении выпечки кондитерских изделий поступает в рабочую зону, в остальных помещениях в верхнюю зону.

При расчете воздухообменов, тепловыделения в залах принимаются 100 *ккал/ч* на посетителя (включая 25 *ккал/ч* скрытого тепла от пищи). Тепловыделения от технологического оборудования определяются с учетом коэффициентов одновременности работы и загрузки. Коэффициент одновременности работы электрического и газового оборудования в столовых, кафе и закусочных — 0,8; в ресторанах — 0,7. Коэффициент загрузки электроплиты — 0,65; электроармиты тепловых шкафов, электросковороды и электрофритюрницы — 0,5, прочего электрооборудования —0,3.

---

* Временные технические условия по проектированию институтом «Ленпроект» холодильных установок для гражданского строительства в г. Ленинграде. Л., Ленпроект, 1961.

Расчет систем вентиляции производится по параметрам А наружного воздуха. Для расчета воздухообменов в горячих цехах и в помещениях для выпечки кондитерских изделий температура воздуха, удаляемого через кольцевые воздуховоды, зонты и завесы над технологическим оборудованием, выделяющим тепло, принимается +42°, под потолком помещений +30° С. Количество удаляемого воздуха через кольцевые воздуховоды, завесы и зонты принимается 65%, а общеобменной вентиляцией из верхней зоны помещений 35% общего количества удаляемого воздуха.

Над кухонными плитами проектируют вытяжные кольцеобразные воздуховоды с отсосом из внутренней части кольца. Кольцо располагают на уровне не ниже 2,2 *м* от пола кухни. Внутренние размеры кольцевого воздуховода должны быть на 0,5 *м* больше габаритов плиты с каждой стороны. Между воздуховодом и потолком должна быть глухая завеса из некоррозирующего металла или из армированного стекла. Кольцевой воздуховод рекомендуется присоединять отдельным коробом к вентиляционной камере, через которую удаляется воздух из кухни. Кроме вытяжки над плитой, в кухне рекомендуется вытяжка из верхней зоны.

Входы для посетителей на предприятиях общественного питания с количеством мест в залах 100 и более в районах с расчетной температурой —15° С и ниже проектируются с воздушно-тепловыми завесами. Забор воздуха, как правило, из верхней зоны вестибюля.

Охлаждаемые камеры для хранения всех видов продукции (кроме фруктов, ягод, овощей, напитков и пищевых отходов) и шлюз при камере пищевых отходов — не вентилируются. Кольцевой воздуховод над плитой, по СНиП рекомендуется устанавливать вплотную к потолку, без зазора.

В залах и горячих цехах ресторанов, кафе и столовых открытой сети с количеством мест более 300 (в IV климатическом районе более 200) допускается, при обосновании, проектировать системы кондиционирования воздуха, принимая оптимальные параметры внутреннего воздуха по СНиП II-Г. 7—62, при этом работу в горячих цехах нужно относить к работам средней тяжести. Для столовых до 100 посадочных мест допускается вытяжная вентиляция без организованного притока.

Предприятия бытового обслуживания (СНиП II-Л. 21—71) оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией. В помещениях срочной химической чистки и в помещениях для посетителей на предприятиях химической чистки с самообслуживанием удаление воздуха должно производиться из верхней и нижней зон в непосредственной близости от машин обезжиривания. Местные отсосы воздуха, встроенные в обезжиривающие машины, не должны объединяться с другими системами. При наличии в вентиляционных выбросах паров перхлорэтилена, трихлорэтилена и других вредных газов необходимо предусматривать рекуперацию паров растворителей с помощью адсорберов и обеспечивать «факельный выброс воздуха».

В районах с расчетной температурой для отопления — 15° С и ниже при количестве посетителей более 250 человек в час у входов в помещения проектируются воздушно-тепловые завесы с забором циркуляционного воздуха из верхней зоны вестибюля.

В производственных помещениях при определении воздухообменов по тепловыделениям от электродвигателей коэффициент перехода электроэнергии в тепловую принимается: для швейных производств — 0,3, для остальных — 0,2.

Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий (СНиП II-М. 3—68) оборудуются искусственными приточно-вытяжными системами вентиляции.

В помещениях с однократным воздухообменом и менее допускается естественная приточно-вытяжная вентиляция. Естественная вытяжная вентиляция допускается в душевых и уборных, если смежные помещения не оборудованы механической вытяжкой и при числе приборов 3 и менее (в уборной и душе). При этом подсчет приборов ведется суммированием их в смежных помещениях этажа.

При размещении бытовых помещений в подвальных этажах и в помещениях без естественного проветривания, проектируется только искусственная приточно-вытяжная вентиляция с увеличением воздухообмена на две кратности, по сравнению с указанными в табл. VII.7.

В помещениях химической чистки рабочей одежды, светокопировальных мастерских, пылевыбивных устройств и другого оборудования с вредными выделениями следует проектировать местные отсосы.

Залы совещаний и залы собраний вместимостью 100 человек и более должны иметь отдельные системы вентиляции (допускается кондиционирование воздуха).

Подачу приточного воздуха следует проектировать непосредственно из воздуховодов в верхнюю зону помещений и сосредоточенно в коридоры без разводки его по помещениям (в случаях, когда по табл. VII.7 требуется только вытяжная вентиляция (кроме душевых). Для поступления воздуха из коридоров в помещения (кроме уборных и курительных) устанавливаются жалюзийные решетки (сетки) в стенах и перегородках, отделяющих помещения от коридоров. При кратности 1,5 по вытяжке установку решеток можно не предусматривать.

В помещениях без значительных выделений вредностей (управления, общественные организации и т. п.) допускается устраивать приток воздуха непосредственно в помещения, а вытяжку из них предусматривать через уборные, курительные и коридоры.

В тамбурах входных дверей вестибюлей вспомогательных зданий устраиваются воздушно-тепловые завесы в зависимости от расчетной отопительной температуры наружного воздуха (табл. VII.5, параметры Б) и количества людей, проходящих через тамбур в час: при —15° С и ниже — 400 *чел/ч*; минус 26° С и ниже — 250 *чел/ч*; минус 45° С и ниже — 100 *чел/ч*.

В шлюзы (исключая шлюзы при уборных) для создания подпора должен подаваться приточный воздух в пятикратном объеме, но не менее 200 $м^3/ч$. Воздух в шлюзы при кондиционируемых помещениях должен подаваться таких же кондиций, что и в помещения. Приток воздуха в душевые проектируется из гардеробных (хранение уличной, рабочей или домашней одежды) через помещение преддушевой. Для этой цели в верхней части перегородок гардеробной и преддушевой устанавливаются жалюзийные решетки (сетки). Если воздухообмен гардеробной превышает воздухообмен душевой, то их разница удаляется непосредственно из гардеробной.

В гардеробных рабочей одежды при производственных процессах групп IIIа, IIIв предусматривается отсос воздуха из шкафов в объеме не менее 25 $м^3/ч$ из каждого шкафа. Отсос из шкафов проектируется самостоятельной системой искусственной вентиляции. Для притока воздуха в нижней части шкафа устраиваются отверстия общей площадью 0,03 $м^2$.

В районах с расчетной температурой теплого периода выше 25° С (табл. VII 5, параметры А) в рабочих помещениях управлений, конторских бюро, помещениях учебных занятий, общественных организаций, библиотеках и залах совещаний рекомендуется установка пропеллерных вентиляторов (фенов), дополнительно к обычным вентиляционным устройствам, для повышения подвижности воздуха до 0,3—0,5 *м/с*. В помещениях душевых, гардеробных домашней и рабочей одежды, комнатах кормления грудных детей скорость воздуха через решетки принимается не более: приточных — 0,7, вытяжных — 2 *м/с*. Жалюзийные решетки (сетки) в горизонтальных воздухопроводах для смежных помещений следует располагать на максимально возможном расстоянии друг от друга. Температура воздуха в помещениях для отдыха в теплый период не должна превышать 25° С.

В районах с расчетной температурой выше 25° С для теплого периода года (параметры А), а также в любых климатических районах для работающих на производствах с тепловым облучением 1500 $ккал/м^2 ч$ и более на рабочих местах и в помещениях для отдыха должны предусматриваться устройства для радиационного охлаждения (например, в виде панелей с температурой поверхности 2÷5° С и др. Высота панелей должна быть 1,5 *м*, а площадь 15—20% площади ограждений). Во всех помещениях, для которых указана температура выше 22° С (табл. VII.7), в холодный период года принимается температура 22° С. Для помещений прачечных, столовых, буфетов, здравпунктов расчетные температуры воздуха и кратности воздухообменов нужно принимать по специальным нормам (табл. VII.7).

Предприятия по обслуживанию автомобилей (СНиП II-Д. 93—74 *) и помещения постов обслуживания оборудуются общеобменной вентиляцией, рассчитанной на растворение газовых вредностей. В помещения для хранения автомобилей приточный воздух подается сверху вниз сосредоточенными струями, в помещения постов обслуживания автомобилей — рассредоточенно в рабочую зону, в помещения для обойных работ — рассредоточенно в верхнюю зону.

Удаление воздуха из помещений хранения автомобилей осуществляется из верхней и нижней зон, а из помещений постов обслуживания автомобилей — только из верхней зоны. Удаление воздуха из верхней зоны выполняется сосредоточенно крышными вентиляторами, дефлекторами и т. д.

Локализацию вредностей, как правило, осуществляют при помощи укрытий с местными отсосами. В случае невозможности устройства местных отсосов (при движе-

ний автомобилей в помещениях, при запуске двигателей автомобилей) устраивается общеобменная вентиляция помещений.

В помещениях для испытания автомобильных двигателей, а также на постах обслуживания автомобилей, предназначаемых для регулирования работы двигателей, устраиваются местные отсосы выхлопных газов. Выхлопные трубы присоединяются гибкими шлангами к вытяжным индивидуальным каналам в виде стояков из стальных труб диаметром 100 *мм*.

Количество приточного воздуха во всех случаях должно быть в зимнее время достаточным для компенсации воздуха, удаляемого местными отсосами.

Температура наружного воздуха в расчетах приточной вентиляции для систем, компенсирующих местные отсосы, принимается по табл. VII.5, параметр Б; для систем, компенсирующих общеобменную вентиляцию,— по табл. VII.5, параметр А.

Для помещений регенерации масла и зарядки аккумуляторов, а также помещения для малярных работ с применением пульверизаторов системы вентиляции выполняются самостоятельными для каждого помещения во взрывоопасном исполнении; применяют специальные вентиляторы или эжекторы. Удаляемый из этих помещений воздух должен очищаться в гидрофильтрах.

В рабочие канавы помещений постов обслуживания автомобилей приточный воздух подается в зимнее время подогретым (не более 25°), в летнее время температура не нормируется.

Забор приточного воздуха должен производиться в местах, наиболее удаленных и защищенных от выброса загрязненного воздуха. При расстоянии между местом выброса и местом забора воздуха 20 *м* и более отверстия для забора и выброса могут располагаться на одном уровне, при расстоянии менее 20 *м* отверстие для забора воздуха должно располагаться ниже отверстия для выброса не менее чем на 6 *м*.

Подача приточного воздуха в помещения для хранения автомобилей производится в основные проезды.

При проектировании отопительных и вентиляционных установок следует применять блокировку и автоматизацию, а при количестве установок более 20 — дистанционное управление или блокировку вентиляционного оборудования с технологическим оборудованием, от которого предусмотрены местные отсосы, установку автоматических клапанов на подводке теплоносителя к отопительным агрегатам, автоматизацию наиболее ответственных вентиляционных установок, механизацию или автоматизацию открывания и закрывания ворот, сблокированных с воздушными или воздушно-тепловыми завесами.

Вентиляция помещений в гаражах и парках, размещенных в зданиях иного назначения, должна быть обособленной. Удаление загрязненного воздуха производится через несгораемые и газонепроницаемые шахты, выведенные выше крыши зданий.

Отопление помещений для хранения и обслуживания автомобилей проектируется воздушное, совмещенное с притоной вентиляцией. В нерабочее время приточные системы работают на рециркуляцию.

В помещениях объемом менее 300 $м^3$ система отопления при трехсменной работе проектируется воздушная с перегревом приточного воздуха, в нерабочее время приточная система или часть ее переключается на рециркуляцию; при одно- и двухсменной работе — смешанная система: местными нагревательными приборами для дежурного отопления с перегревом приточного воздуха в рабочее время для повышения температуры воздуха в помещении до заданных температур.

Допускается рециркуляция воздуха, за исключением помещений для ремонта и зарядки аккумуляторов, малярных, обойных, шиномонтажных, вулканизационных, регенерации масел и испытания двигателей.

Кроме теплопотерь, учитывается расход тепла на нагрев поступающих автомобилей и врывающегося через ворота воздуха; количество врывающегося воздуха принимают не более 75% объема помещения. Продолжительность обогрева легковых автомобилей принимается 1 *ч*; для обогрева других автомобилей в течение первого часа принимают 70% расхода тепла.

Для воздушного отопления рекомендуется принимать укрупнённые агрегаты с сосредоточенной подачей воздуха.

Передающие и приёмные радиоцентры (СНиП II-Е. 2-62). В помещениях (зале передатчиков, диспетчерских, аппаратных радиорелейных линий, аппаратных технического контроля) проектируется кондиционирование воздуха. Расчётная температура наружного воздуха принимается по табл.VII. 5, параметр Б. В остальных помещениях система вентиляции проектируется приточно-вы-

тяжная: приток искусственный, а вытяжка естественная, за счет гравитационных давлений и подпора приточной вентиляции. Может быть применена искусственная вентиляция при соответствующем обосновании. Расчетная температура наружного воздуха принимается по табл. VII.5, параметр А.

В рабочей зоне основных и вспомогательных производственных помещений с постоянным пребыванием людей температура воздуха принимается в помещениях с кондиционированием воздуха летом 22—25°, зимой 18—21° С и относительная влажность воздуха 60—40%. В помещениях без кондиционирования воздуха температура летом принимается на 3° выше наружной для помещений с незначительными тепловыделениями и на 5° выше для помещений со значительными тепловыделениями.

В отдельных производственных помещениях (без постоянного пребывания людей), обслуживаемых и автоматизированных радиостанций температура воздуха нормируется требованиями заводов-изготовителей технологического оборудования, но не должна быть выше 40° для передающих станций и 45° — для приемных. На автоматизированных станциях управление и регулирование систем вентиляции должны быть автоматизированы.

Приточный воздух, подаваемый в технические помещения, должен фильтроваться в фильтрах тонкой очистки (сухих или влажных). Приточные вентиляционные решетки и насадки располагаются в местах, исключающих непосредственное обдувание людей. Воздушные души применяют в случае, когда температура в рабочей зоне не может быть получена ниже 30°.

В помещениях с интенсивным тепловыделением от технологического оборудования вентиляционные установки проектируются с двумя вентиляторами. В зависимости от режима работы, вентиляторы могут быть использованы для параллельной или раздельной работы.

На необслуживаемых (автоматических) станциях охлаждение технологического оборудования, как правило, следует проектировать воздушное или другое, обеспечивающее надежную автоматизированную систему управления и контроля. Систему водо-холодоснабжения кондиционеров проектируют одну, для всех кондиционеров.

В аккумуляторных и кислотных помещениях проектируется искусственная приточно-вытяжная вентиляция. Приточный воздух подвергают очистке от пыли; его объем не должен превышать 85% объема вытяжки. Вытяжка из нижней зоны составляет 1/3 общего количества воздуха, из верхней — 2/3.

Воздухообмен в аккумуляторных определяется по зарядному току из условия допустимой концентрации водорода в воздухе не более 0,7% объема. Количество выделяющегося водорода В $м^3/ч$ может быть определено по зависимости $B = 0{,}000105\,En$, где E — емкость аккумуляторных батарей, $а \cdot ч$; n — число последовательно установленных аккумуляторных батарей (n равно величине напряжения, деленной на 2).

При отсутствии данных об аккумуляторных батареях принимают вытяжку по кратности для кислотных аккумуляторных — 10; щелочных — 3; кислотных — 3.

Вентиляционные установки помещений аккумуляторных и кислотных проектируются самостоятельными, не связанными с вентиляционными установками других помещений. На период между зарядками аккумуляторов следует предусматривать возможность перехода на естественную вентиляцию помещений аккумуляторной и кислотной при отключенных вентиляторах.

Кроме этих нормативных требований, при выборе схемы вентиляции необходимо учитывать следующие соображения. Независимо от наличия вентиляции, в окнах каждого помещения всех типов зданий устраивают форточки или фрамуги. Устройство открывающихся окон, форточек и фрамуг не допускается в случаях, когда в помещении имеются резкие запахи, повышенная влажность, пыль и другие вредности и помещения эти расположены под жилыми и административными помещениями.

Если в помещениях кратность воздухообмена не превышает 0,5 в 1 $ч$, допускается естественная вентиляция проветриванием через форточки и фрамуги. При воздухообменах не более однократного в помещениях жилых и общественных зданий и в производственных помещениях вентиляция проектируется вытяжная, естественная или искусственная, без организованного притока во все периоды года.

При выборе схем вентиляции необходимо учитывать, что естественная вытяжная канальная вентиляция с неорганизованным притоком ненадежна, так как она не обеспечивает вытяжки летом из-за отсутствия гравитационных давлений, а зимой — из-за

герметичности помещений. Поэтому рекомендуется проектировать комбинированную приточно-вытяжную вентиляцию во всех случаях, когда кратность воздухообмена больше единицы или необходима эффективно действующая вентиляция. Система комбинированной вентиляции в зимнее время работает с естественной циркуляцией воздуха, а летом или в моменты пиковых нагрузок переключается на искусственную циркуляцию.

Вытяжные системы рекомендуется выполнять с типовыми вытяжными камерами (лист VII.2).

При приточно-вытяжной вентиляции приток воздуха устраивают централизованный или децентрализованный. Централизованный приток наиболее совершенен, допускает все виды обработки воздуха (нагревание, фильтрацию, увлажнение и др.), может применяться во всех зданиях и в дальнейшем облегчает устройство более совершенных систем вентиляции — кондиционирование воздуха. Устройство центральных систем сложнее, но они более удобны и надежны в эксплуатации. Центральные приточные системы при сложной обработке воздуха и разветвленной системе воздуховодов имеют большие гидравлические сопротивления, поэтому в таких системах применяется искусственное побуждение движения воздуха.

Очистку приточного воздуха для общественных зданий не следует предусматривать в приморских и горных районах с чистым воздухом, а также когда забор воздуха производится в зеленой зоне. В остальных случаях очистка воздуха от пыли предусматривается при обосновании. В производственных помещениях очистка наружного воздуха предусматривается при наличии технологических требований или при запыленности наружного воздуха более 30% от допустимых концентраций в рабочей зоне.

В крупных зданиях устройство центральных рабочих систем следует считать обязательным, тем более, что оборудование их может производиться по этапам, а эксплуатация может быть максимально удешевлена и упрощена при работе на естественной циркуляции воздуха и применении в зимнее время только подогрева. При упрощенной обработке воздуха возможно устройство комбинированной центральной или децентрализованной приточной системы, особенно в системах, совмещенных с воздушным отоплением. Такая система может длительное время в осенне-зимне-весеннем сезоне работать с естественной циркуляцией и искуственной в периоды года с неустойчивой погодой.

Децентрализованный приток обычно осуществляют в виде приточных каналов в наружных стенах, подводящих воздух за нагревательный прибор так, как это показано на листе VII.3. Децентрализованный приток упрощает и удешевляет строительные работы, но он менее надежен и менее удобен в эксплуатации, ограничивает обработку воздуха и удорожает системы отопления. На практике децентрализованные системы притока часто превращаются в вытяжные, особенно на верхних этажах. Наиболее ненадежными оказались приточные подоконные щели с выпуском воздуха над радиатором. Эту схему применять не следует. Рекомендуется децентрализованный приток по схемам на листе VII.3, рис. 1, 2 и 3. Децентрализованный приток рекомендуется применять в зданиях небольшой этажности и кубатуры.

Для коттеджей можно рекомендовать приточно-вытяжную вентиляцию по схеме, показанной на листе VII.3, рис. 5, т. е. приток в жилые комнаты децентрализованный, а вытяжка — из кухни через колпак над газовой плитой и из санузла.

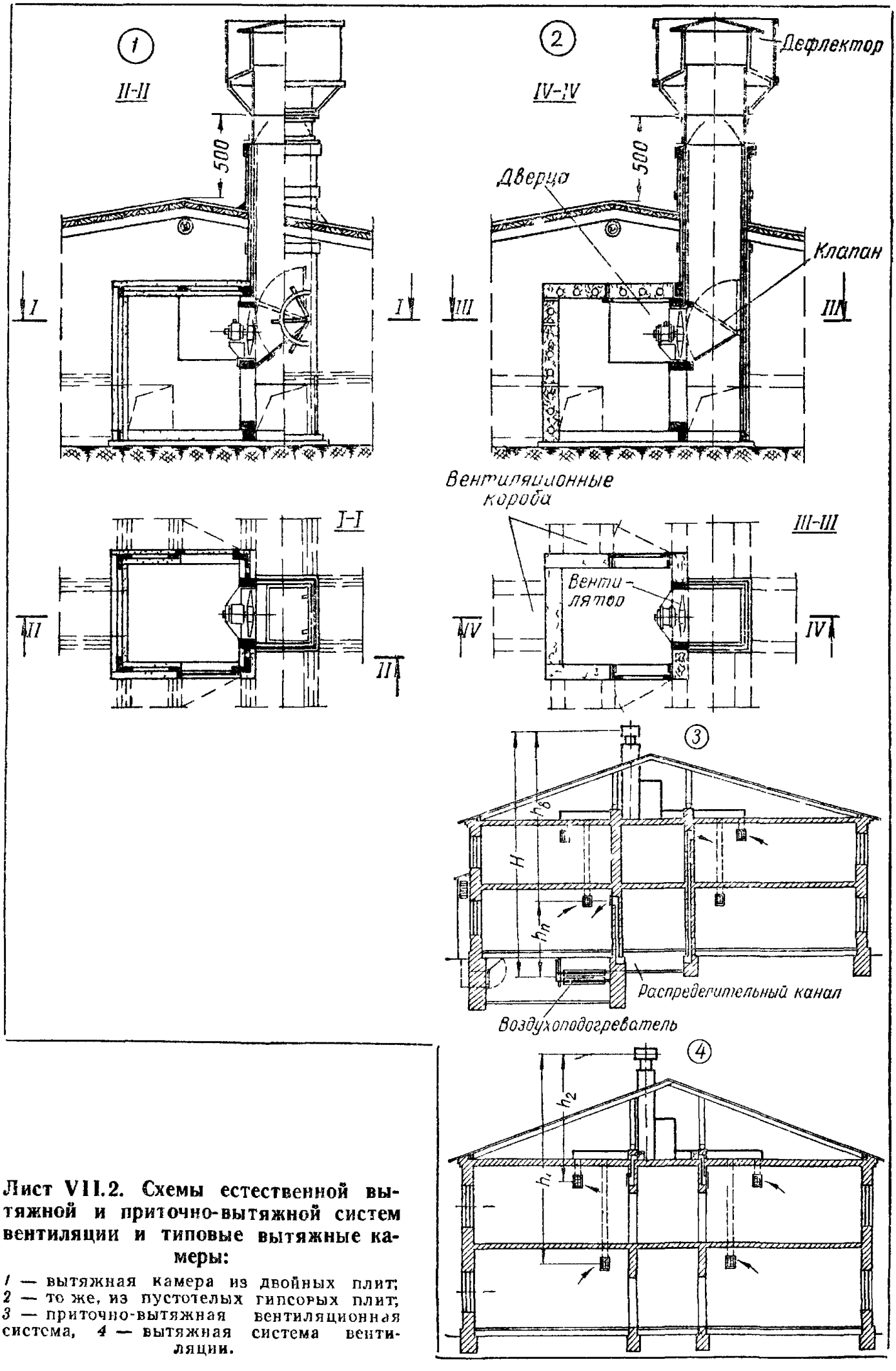
В отдельных случаях децентрализованный приток может быть осуществлен в виде приточного шкафа, устройство которого аналогично подоконному. Приточные шкафы устанавливают в междуоконных простенках. Они имеют большую высоту и поверхность нагрева. Приточные шкафы для подогрева и подачи в помещения наружного воздуха допускается применять при объеме приточного воздуха не более 1000 $м^3/ч$.

Помещения со значительным выделением вредностей и резкими запахами (прачечные, душевые, кухни столовых и пр.) должны иметь самостоятельный выход, не сообщающийся с лестничными клетками или с помещениями, имеющими выход на лестничную клетку.

При наличии самостоятельных выходов помещения с избыточными выделениями влаги и тепла можно оборудовать самостоятельными комбинированными системами вытяжной вентиляции с естественным побуждением. Во влажных помещениях следует предусматривать подачу подогретого наружного воздуха.

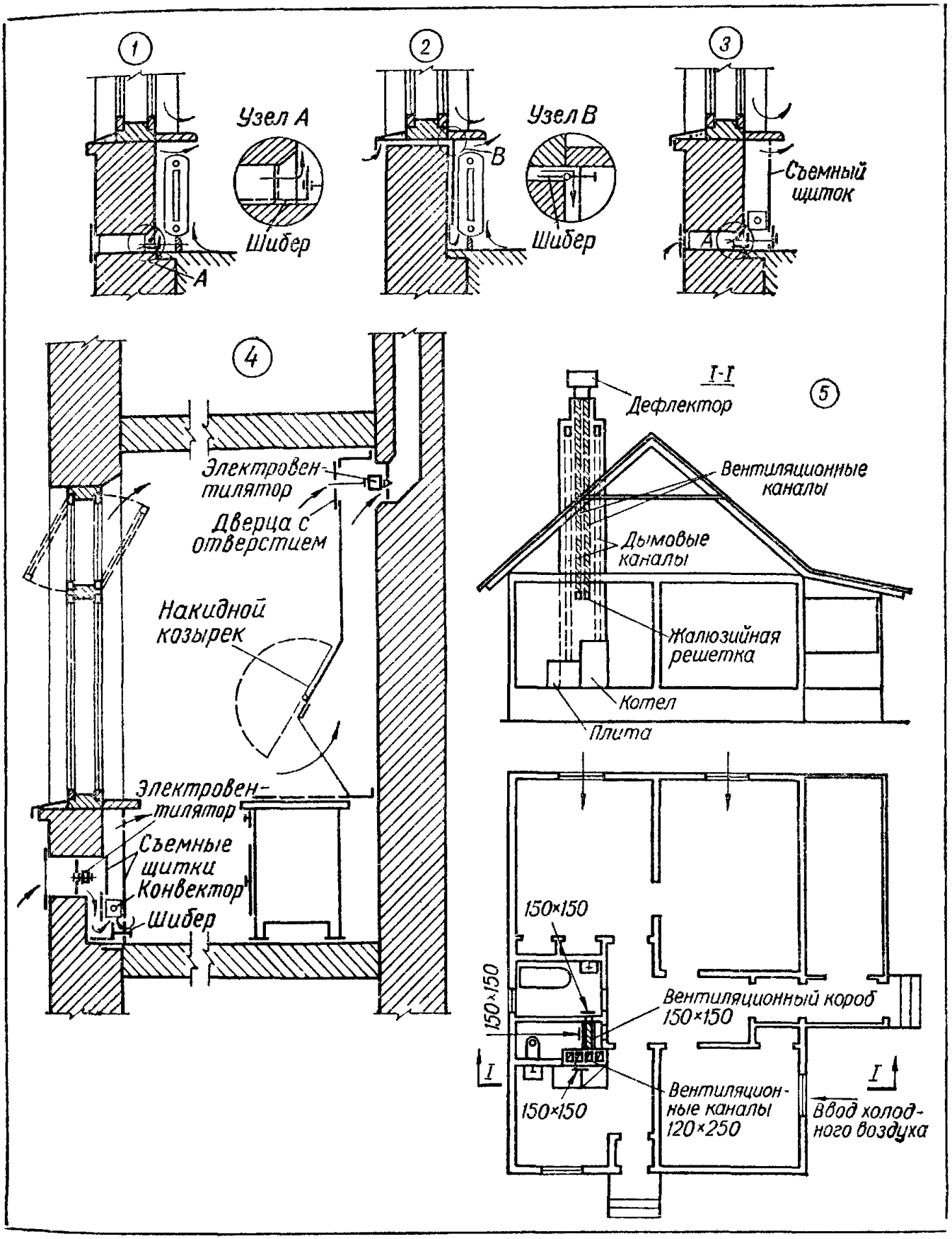
В общественных зданиях вытяжка из уборных рекомендуется искусственная независимо от числа очков или унитазов.

В душевых помещениях проектируется искусственная вытяжка при числе рожков



Лист VII.2. Схемы естественной вытяжной и приточно-вытяжной систем вентиляции и типовые вытяжные камеры:

1 — вытяжная камера из двойных плит; *2* — то же, из пустотелых гипсовых плит; *3* — приточно-вытяжная вентиляционная система, *4* — вытяжная система вентиляции.



Лист VII.3. Вентиляция жилого дома и децентрализованный приток в жилые помещения и кухню:

1 — приток за радиатором системы отопления; *2* — то же, через подоконную щель; *3* — то же, за конвектором; *4* — искусственный приток и вытяжной колпак над газовой плитой; *5* — вентиляция одноэтажного жилого дома.

более пяти; приток выполняется в раздевальни. Если душевые изолированы от раздевален и перетекание воздуха затруднено, часть приточного воздуха следует подавать в душевую.

В курительных помещениях, как правило, осуществляется искусственная вытяжка.

Вытяжная вентиляция из санузлов, расположенных вблизи помещений с механической вытяжкой, должна выполняться с механическим побуждением.

Конструктивные указания по устройству систем вентиляции

Радиус действия систем вентиляции (естественной и искусственной), кондиционирования воздуха и воздушного отопления определяется технико-экономическими расчетами. Для ориентировочных решений можно принимать радиус действия систем вентиляции с естественным побуждением не более 8 *м*, с механическим — не более 30 *м* для систем, оборудованных осевыми вентиляторами, и не более 50 *м* для систем, сборудованных центробежными вентиляторами.

Приточные камеры, как правило, устанавливают в подвале или на первом этаже, вытяжные — на чердаке. Приточные камеры искусственной вентиляции не разрешается располагать непосредственно под жилыми комнатами, классами и аудиториями учебных заведений, зрительными залами театров, кинотеатров и клубов, операционными и палатами для больных в лечебных учреждениях, студиями звукозаписи и тому подобными помещениями, требующими пониженного уровня громкости проникающего шума.

В системах с искусственной вентиляцией необходимо соблюдать следующие требования:

вентиляторы и насосы с моторами устанавливать на звукопоглощающих основаниях;

вентиляторы отделять от воздуховодов эластичными вставками;

окружные скорости ротора не должны превышать предельно допустимых значений по бесшумности. Следует отдать предпочтение центробежным вентиляторам, так как они шумят меньше, чем осевые;

в особых случаях, когда предъявляются повышенные требования к звукоизоляции, применять звукофильтры.

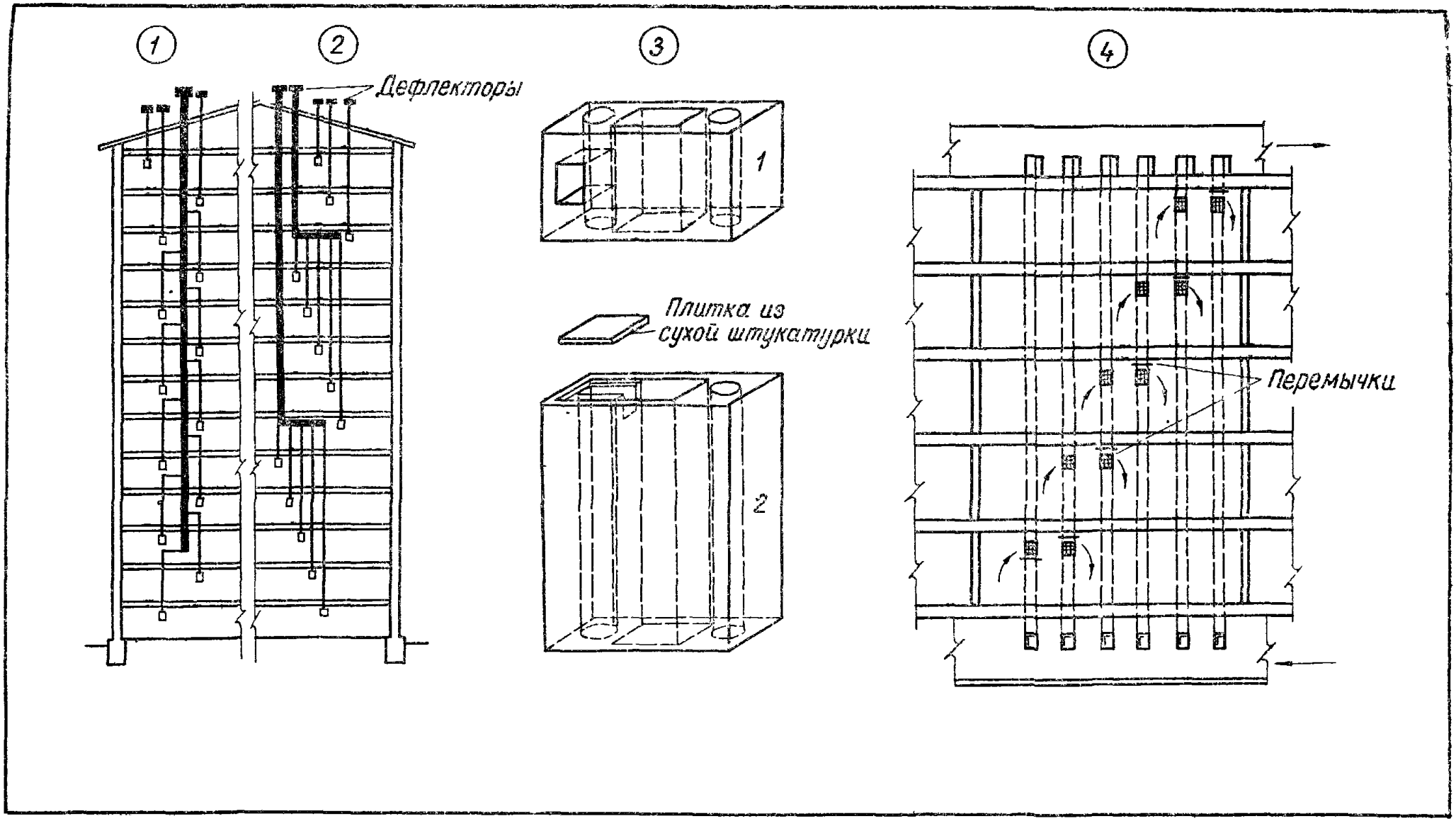
Воздухозаборные решетки устанавливают на высоте не менее 2 *м* от уровня земли, при заборе воздуха в чистой зеленой зоне и вдали от проезжей и пешеходной частей улиц — на высоте не менее 1 *м*.

При заборе воздуха над кровлей зданий низ отверстия следует располагать на высоте не менее 1 *м* от кровли. Заборные отверстия следует располагать с наветренной стороны (по господствующему направлению ветра) по отношению к дымовым трубам и другим источникам загрязнения воздуха, а также в стороне от горячих поверхностей крыши в летнее время.

Отверстия выброса следует располагать выше приемных отверстий. Расстояние между отверстиями выброса и приемными при расположении их на одной отметке принимают более 10 эквивалентных диаметров (по площади) выхлопной трубы, но не менее 10 *м*. При разности отметок более 2 *м* забор наружного воздуха производится в пределах круга на плоскости кровли, описанного радиусом, равным высоте выбросной трубы над кровлей. При наличии над кровлей выбросов воздуха, загрязненного вредными газами и пылью, забор наружного воздуха допускается располагать над кровлей в случаях, когда расчетом или данными анализов будет доказано, что концентрация вредностей в месте забора не превышает 30% предельно допустимой в воздухе рабочей зоны помещений.

Вентиляционные системы квартир, общежитий и гостиниц не должны совмещаться с вентиляционными системами детских учреждений, торговых и других встроенных помещений. В одну систему могут объединяться одноименные или близкие по назначению помещения. Санузлы во всех случаях объединяются в самостоятельные системы. Вентиляционные каналы кухонь и газоходы, как правило, выводятся в виде дымовых труб.

Совмещение вытяжных и дымовых каналов в одном блоке улучшает естественную тягу в том случае, когда топятся плиты. Такое решение целесообразно для кухонных блоков. В газифицированных кухнях вытяжка должна быть из верхней зоны и через колпак над плитой. Для вытяжки из санузла и курительных, особенно в общественных зданиях, более надежным является установка специального вентилятора. Вентиляторы целесообразно устанавливать и в вытяжных каналах кухонь жилых домов, особенно в верхних этажах (лист VII.3, рис. 4).



Лист VII.4. Схемы вытяжных и приточно-вытяжных систем вентиляции многоэтажных зданий:

1 — схема с вертикальным сборным каналом; *2* — схема с горизонтальным сборным каналом; *3* — блоки для устройства вентиляции по схеме 1; *4* — использование одного канала для притока и вытяжки.

В жилых зданиях высотой 4 и 5 этажей для обеспечения устойчивой вытяжки из кухонь устанавливается вытяжной вентилятор в одном верхнем этаже; в жилых зданиях высотой 6 и более этажей — в верхней трети здания, но не более чем в четырех верхних этажах. Установка вентиляторов допускается только в обособленные каналы при отсутствии в кухнях газовых водонагревателей.

Вытяжные каналы кухонь должны быть рассчитаны на удаление воздуха из жилых комнат всей квартиры. Количество удаляемого воздуха принимается согласно указаниям на стр. 36 и табл. VII.7.

В жилых зданиях с числом этажей более 5 допускается объединение вытяжных каналов из каждых четырех-пяти этажей (лист. VII.4, рис. 1 и 2) в один сборный канал, доведенный до верха здания.

Из верхних трех этажей объединение каналов в сборный канал не допускается. Каналы этих этажей должны выводится самостоятельно наружу или в сборную вытяжную камеру.

В жилых домах квартирного типа допускается объединение вентиляционных каналов:

из жилых комнат одной квартиры в один вентиляционный канал, обособленный от вентиляционных каналов из кухни и санитарного узла той же квартиры;

из санитарного узла без унитаза с вентиляционным каналом из кухни той же квартиры;

из уборной и ванной или душевой той же квартиры;

в одной из двух смежных комнат при наличии между ними двери.

В общественных зданиях объединение вентиляционных решеток нескольких помещений в один канал с устройством горизонтальных участков или без них не допускается.

Вытяжку из комнат с окнами, выходящими на одну сторону здания, рекомендуется объединять в одну систему.

Для монтажной регулировки системы вентиляции рекомендуется в месте установки вытяжных решеток или в месте выхода вентиляционных каналов на чердак устанавливать шиберы. В современных крупнопанельных зданиях вентиляционные вертикальные каналы рекомендуется устраивать в пределах этажей в стенах или перегородках в виде специальных вентиляционных панелей с каналами круглого, прямоугольного или овального сечений или в виде приставных блоков, объединяющих сразу несколько каналов.

Вентиляционные панели выполняют с одним или двумя рядами каналов, причем двухрядные панели делаются из одного блока или составными из двух блоков.

Вентиляционные панели можно устраивать самонесущими в пределах этих этажей или только в пределах одного этажа. В этих случаях в них предусматривают специальные приливы или закладные части, воспринимающие нагрузки от перекрытий или передающие нагрузку от веса вентиляционных панелей на перекрытия и ригели. Конструкция вентиляционных панелей при установке их друг на друга должна обеспечивать совпадение каналов и герметичность стыков.

Вентиляционные панели изготовляемые из бетона, гипсобетона или других материалов, обеспечивающих долговечность и прочность, должны быть проверены на транспортабельность. Вентиляционные панели, размещаемые в стенах или перегородках, по звукоизоляции должны отвечать общим требованиям, предъявляемым к конструкциям стен и перегородок. Наименьший размер сечения вентиляционного канала принимается 100 *мм*, внутренние его поверхности должны быть гладкими.

В качестве горизонтальных вентиляционных каналов в пределах помещения допускается использовать пустоты многопустотного настила перекрытия, что исключает необходимость устройства подшивных коробов. При невозможности прокладки каналов в толще перекрытия допускается устройство подшивных горизонтальных каналов из асбестоцементных, керамических или бетонных труб прямоугольного сечения.

При наличии в зданиях внутренних кирпичных стен их используют для прокладки вентиляционных каналов, которые устраивают в толще стены или бороздах, закрываемых снаружи плитами. Наименьший размер каналов в кирпичных стенах $^1/_2 \times {}^1/_2$ кирпича (140 × 140 *мм*). Толщина стенок канала принимается не менее $^1/_2$ кирпича, простенки между одноименными каналами — $^1/_2$ кирпича, между разноименными — 1 кирпич.

Каналы во внутренних кирпичных стенах устраивают возле проемов и стыков стен на расстоянии не менее $1^1/_2$ кирпича. Соотношение сторон канала следует прини-

мать не более 1 : 3, сечение канала — кратным размеру кирпича. Каналы рекомендуется выполнять по передвижной пробке с последующей протиркой их мокрой тряпкой; их делают вертикальными, без уводов в стороны.

Каналы в стенах, сложенных из силикатного кирпича, шлакобетона и других пористых или влагоемких материалов, образуют путем закладки асбоцементных труб; эти участки стен можно также выполнять из обычного кирпича.

Размещение вентиляционных каналов в толще внутренних стен помещений с мокрым и влажным режимами не допускается.

При отсутствии кирпичных капитальных стен, а в существующих зданиях при отсутствии каналов во внутренних стенах устраивают приставные каналы из блоков или плит, наименьший размер каналов 100 × 150 *мм*. Приставные каналы в помещениях с нормальной влажностью воздуха выполняют из гипсовых и шлакоопилкогипсовых плит, с повышенной влажностью воздуха — из шлакобетонных или бетонных плит. Толщина плит принимается не менее 35—40 *мм*. В отдельных случаях целесообразно изготовлять каналы из стали или асбестоцементных плит.

При перемещении по каналам воздуха нормальной влажности (до 60%) допускается размещать приставные каналы у наружных стен с устройством воздушной слойки между стеной и каналом.

При смежном расположении однородных приставных каналов допускается устройство общей стенки. При смежном размещении приточных и вытяжных каналов каждый канал выполняется с самостоятельными стенками. Приставные каналы маскируют в нишах, встроенных шкафах, у колонн и т. д.

Во вновь строящихся зданиях каналы делают в толще внутренних перегородок.

В помещениях на каналах устанавливают решетки, снабженные регулировочным приспособлением. В газифицированных кухнях устанавливают нерегулируемые решетки и колпак над плитой.

Художественное оформление решеток различно, но желательны решетки с минимальным гидравлическим сопротивлением. Для этого живое сечение решетки делают максимальным. Стандартная решетка имеет живое сечение 60%. Решетки изготовляют из металла, пластмассы и гипса.

Вентиляционные решетки устанавливают на расстоянии 200—500 *мм* от потолка, размер их определяют исходя из скорости прихода воздуха (0,5—1 *м/с*). На большую скорость рассчитывают решетки нижних, а на меньшую — верхних этажей. При прокладке вентиляционных каналов в толще перекрытия допускается горизонтальная установка решеток в потолке.

В общественных уборных вытяжные решетки следует располагать под потолком и над полом, в курительных — под потолком и на расстоянии 1,75 *м* от пола. Для притока воздуха под дверьми уборных жилых домов, ванн и кухонь следует оставлять щель высотой 30 *мм* или устанавливать у пола решетку площадью не менее 0,2 $м^2$.

При системах вентиляции с механическим побуждением и высоте коридоров не более 3 *м* приточный воздух следует подавать в коридоры без разводки его воздуховодами по помещениям. При этом для поступления приточного воздуха в помещения с воздухообменом, превышающим двухкратный (за исключением помещений санитарных узлов), следует предусматривать решетки в дверях или стенах, отделяющих этих помещения от коридоров. При высоте коридоров более 3 *м* распределяющий воздуховод делают в виде подшивного потолка в коридоре.

Части вытяжных каналов и шахт, проходящие в неотапливаемых помещениях, и воздухоприемные каналы в отапливаемых помещениях необходимо утеплять.

При удалении воздуха повышенной влажности или с острыми запахами должны быть обеспечены водо- и воздухонепроницаемость стенок каналов и их стыков. В этих случаях принимают безнапорные асбестоцементные трубы.

Если вытяжные каналы извлекают воздух с острыми или специфическими запахами, с повышенной влажностью или другими примесями, вредными для здоровья людей, все каналы вытяжной системы в пределах помещений зданий должны работать под разрежением. Устройство напорного канала от вытяжного вентилятора по помещениям не допускается. В этих случаях вытяжные вентиляторы следует устанавливать в верхней части здания (на чердаке, на крыше, в специальных помещениях верхних этажей и пр.).

Каналы в стенах на чердаке направляют к вытяжным камерам. Рекомендуется устанавливать камеры, а не шахты. Камеры и чердачные короба устраивают из одинарных пустотелых (вместо двойных с воздушной прослойкой) гипсовых плит, опилко-

гипсовых плит или блочных конструкций из малотеплопроводных материалов, обеспечивающих отсутствие конденсации водяных паров из транспортируемого воздуха.

Каналы прокладывают непосредственно по плитам чердачного перекрытия с подстилкой одного ряда плит и заливкой их цементным раствором слоем не менее 5 *мм*.

Сопротивление теплопередаче R стенок каналов, прокладываемых по чердаку, должно быть не менее 0,6 $м^2 \cdot ч \cdot град/ккал$.

Наименьший размер (в свету) чердачного короба составляет 200 × 200 *мм*, а наибольшее отношение его ширины к высоте или высоты к ширине 1 : 3. Чердачные короба для воздуха с повышенной влажностью выполняют из двойных гипсовых плит; для воздуха мокрых помещений (моечные, парильные в банях, стиральные и замочечные в прачечных) — стальными оцинкованными или хорошо прокрашенными, собранными на фальцах с промазкой, с последующей засыпкой утеплителем (шлаковата, опилки антисептированные, шерстяные очесы) толщиной 120—150 *мм* и обкладкой шлакобетонными плитами.

Вытяжные короба на чердаке для воздуха из мокрых помещений выполняют с уклоном в сторону движения воздуха; в месте присоединения каналов к камере предусматривается спуск воды при помощи труб с гидравлическим затвором. Из центробежных вентиляторов устраивается отвод конденсата через отверстие диаметром 8 до 10 *мм* в нижней части кожуха (статора). Ответвления присоединяют к магистральному коробу под углом не более 45°. Колена выполняют из элементов под углом не более 45°.

Выпуск воздуха из вертикальных каналов наружу рекомендуется производить при помощи специального оголовочного блока без объединения каналов чердачными горизонтальными коробами.

Для уменьшения количества видимых над крышей шахт ухудшающих архитектурный вид здания, каналы в стенах собираются в центральные камеры. Допускается объединение шахт от разных вентиляционных систем под одним зонтом или дефлектором. Групповой прямоугольный дефлектор в аэродинамическом отношении лучше зонта, устанавливаемого над блоком вентиляционных каналов, выведенных над кровлей в виде трубы.

Шахты вытяжных камер размещают в наиболее высокой части чердака, со стороны ската, выходящего на дворовой фасад, вблизи слуховых окон. Сложные сдвоенные и строенные шахты изготовляют на заводе и монтируют в готовом виде.

Высоту шахты над кровлей определяют следующими условиями: шахта расположена около конька, ее устье должно возвышаться над коньком не менее чем на 0,5 *м*; если шахта расположена от конька на расстоянии 1,5—3 *м*, ее устье устанавливается на уровне конька; если шахта расположена от конька на расстоянии более 3 *м*, ее устье выводится по прямой, проведенной от конька под углом 10° к горизонту. Во всех случаях расстояние от кровли (возле трубы) до низа выходного отверстия канала или патрубка дефлектора должно быть не менее 0,5 *м* и не более 1,5 *м*.

Вытяжные шахты на чердаке выполняют деревянными, утепленными. Внутренние поверхности шахты обивают кровельной сталью по войлоку, пропитанному глиняным раствором, наружные (в пределах чердака) штукатурят, а над крышей утепляют и гидроизолируют. Шахты снабжают клапаном для отключения и регулировки расхода воздуха и дефлектора на устье шахты.

Помещения, выделенные брандмауэрными стенками, должны иметь самостоятельные вытяжные и приточные вентиляционные установки.

Устройство отверстий для перехода вентиляционных воздуховодов и каналов в брандмауэрах и других противопожарных преградах, на уровне этажей и на чердаке, как правило, не допускается. При неизбежности пропуска вентиляционных каналов через противопожарные преграды внутри воздуховодов должны быть предусмотрены огнезадерживающие устройства, а воздуховоды в этих местах выполняют из несгораемых материалов. В брандмауэрах вспомогательных зданий разрешается устраивать внутренние вентиляционные каналы; наименьшая толщина брандмауэра в этих местах, за вычетом пустот, должна быть не менее 250 *мм*.

Ограждающие конструкции вентиляционных камер выполняют из трудносгораемых материалов. При наличии в здании помещений, связанных с обработкой или хранением легковоспламеняющихся материалов (горючих газов, жидкостей и пр.), ограждающие конструкции вентиляционных камер, обслуживающих эти группы помещений, следует выполнять из несгораемых материалов.

Форточки или фрамуги в окнах должны иметь площадь живого сечения (при полном открывании) не менее 0,2 $м^2$. Наилучшим решением является устройство нижнеподвесной фрамуги в верхней части окна (см. лист VII. 3, рис. 4).

Назначение помещений или характер вредностей в них со временем изменяются, что заставляет менять и системы вентиляции. В капитальных зданиях, особенно из сборных конструкций, устройство новых каналов оказывается невозможным или очень сложным. Поэтому в строительной части всех зданий, независимо от их назначения рекомендуется устраивать самостоятельные каналы для каждого помещения: один вытяжной и один приточный. Для уменьшения количества каналов можно использовать один канал с перемычкой для организации притока и вытяжки по схеме, показанной на листе VII. 4, рис. 4. Кроме эксплуатационных преимуществ в дальнейшем, устройство неиспользуемых каналов в стенах оправдывается экономией строительных материалов и облегчением веса конструкций.

В бесчердачных зданиях вертикальные вентиляционные каналы выводят без объединения, группами, в виде дымовых труб или вытяжных камер, установленных на крыше. Возможно объединение вытяжных каналов под потолком коридоров и лестничных клеток. В коридорах в этом случае рекомендуется выполнять сборные каналы в виде подшивных потолков (желательно поэтому увеличивать высоту верхних этажей), а в лестничных клетках под потолком удобно сосредотачивать вытяжные камеры.

Наружные подземные воздухоприемные каналы защищают от проникновения почвенных вод и выполняют с уклоном для промывки и очистки. Для удаления воды устанавливают приямок. Канал принимают размерами не менее 600 × 700 *мм*.

При конструктивном оформлении камер рекомендуется следующее: устанавливать агрегаты на виброизолирующих основаниях; применять тихоходные двигатели и не превышать окружных скоростей роторов вентиляторов; соединять всасывающие и нагнетательные отверстия вентиляторов и с воздуховодами при помощи гибких патрубков; устанавливать двигатель и вентилятор на одном валу; применять центробежные вентиляторы с лопатками, загнутыми назад; устанавливать двигатель и вентилятор в подвалах или на первом этаже на самостоятельном фундаменте; устанавливать двигатель и вентилятор на чердаке на виброизолирующем основании в песочнице; устраивать камеры с вентиляторами над или под помещением вспомогательного назначения; осуществлять дублированный пуск двигателей из обслуживаемого установкой помещения и из камеры.

РАСЧЕТ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Расчетные данные

Таблица VII.1. **Физические свойства влажного воздуха при давлении 760 *мм рт. ст.***

Температура t, °С	1 $м^3$ сухого воздуха			Упругость насыщенных водяных паров, *мм рт.ст.*	Содержание водяного пара, $Г$, при полном насыщении		
	вес, *кг*	объем, $м^3$, при изменении температуры			в 1 $м^3$ воздуха	в 1 *кг* влажного воздуха	на 1 *кг* сухого воздуха
		от 0° до t $(1+\alpha t)$	от t до 0° $\left(\frac{1}{1+\alpha t}\right)$				
—20	1,396	0,927	1,079	0,940	1,1	0,80	0,77
—19	1,394	0,930	1,075	1,015	1,2	0,85	0,86
—18	1,385	0,934	1,071	1,116	1,3	0,92	0,93
—17	1,379	0,938	1,066	1,207	1,4	1,03	1,04
—16	1,374	0,941	1,062	1,308	1,5	1,10	1,11
—15	1,368	0,945	1,058	1,400	1,6	1,19	1,20

Продолжение табл. VII. 1

Температура t, °С	1 $м^3$ сухого воздуха			Упругость насыщенных водяных паров, *мм рт.ст.*	Содержание водяного пара, $г$, при полном насыщении		
	вес, *кг*	объем, $м^3$, при изменении температуры			в 1 $м^3$ воздуха	в 1 *кг* влажного воздуха	на 1 *кг* сухого воздуха
		от 0° до t $(1+\alpha t)$	от t до 0° $\left(\frac{1}{1+\alpha t}\right)$				
—14	1,363	0,949	1,054	1,549	1,7	1,29	1,30
—13	1 358	0,952	1,050	1,680	1,9	1,39	1,40
—12	1,353	0,956	1,046	1,831	2,0	1,49	1,50
—11	1,348	0,959	1,042	1,985	2,2	1,64	1,65
—10	1,342	0,963	1,038	2,140	2,3	1,78	1,79
—9	1,337	0,967	1,034	2,267	2,5	1,91	1,93
—8	1,332	0,971	1,030	2,455	2,7	2,06	2,08
—7	1,327	0,974	1,026	2,658	2,9	2,23	2,25
—6	1,322	0,978	1,023	2,876	3,1	2,38	2,40
—5	1,317	0,982	1,019	3,160	3,4	2,58	2,60
—4	1,312	0,985	1,015	3,368	3,6	2,78	2,80
—3	1,308	0,989	1,011	3,644	3,9	3,09	3,10
—2	1,303	0,993	1,007	3,941	4,2	3,29	3,28
—1	1,298	0,996	1,004	4,263	4,5	3,57	3,58
0	1,293	1,000	1,000	4,580	4,9	3,78	3,80
1	1,288	1,004	0,996	4,940	5,2	4,07	4,15
2	1,284	1,007	0,993	5,302	5,6	4,40	4,48
3	1,279	1,011	0,989	5,687	6,0	4,71	4,77
4	1,275	1,015	0,986	6,097	6,4	5,05	5,10
5	1,270	1,018	0,982	6,534	6,8	5,35	5,40
6	1,265	1,022	0,979	6,998	7,3	5,70	5,78
7	1,261	1,026	0,975	7,492	7,7	6,10	6,21
8	1,256	1,029	0,972	8,017	8,3	6,60	6,65
9	1,252	1,033	0,968	8,574	8,8	7,00	7,13
10	1,248	1,037	0,965	9,210	9,4	7,50	7,63
11	1,243	1,040	0,961	9,840	9,9	8,00	8,15
12	1,239	1,044	0,958	10,520	10,6	8,60	8,75
13	1,235	1,048	0,955	11,222	11,2	9,20	9,35
14	1,230	1,051	0,951	11,988	12,0	9,80	9,97
15	1,226	1,055	0,948	12,790	12,8	10,50	10,60
16	1,222	1,059	0,945	13,630	13,6	11,20	11,40
17	1,217	1,062	0,941	14,530	14,4	11,90	12,10
18	1,213	1,066	0,938	15,480	15,3	12,70	12,90
19	1,209	1,070	0,935	16,480	16,2	13,50	13,80
20	1,205	1,073	0,932	17,530	17,2	14,40	14,70
21	1,201	1,077	0,929	18,650	18,2	15,30	15,60
22	1,197	1,081	0,925	19,830	19,3	16,30	16,80
23	1,193	1,084	0,922	21,070	20,4	17,30	17,70

Температура t, °С	1 м³ сухого воздуха			Упругость насыщенных водяных паров, *мм рт. ст.*	Содержание водяного пара, Γ, при полном насыщении		
	вес, *кг*	объем, м³, при изменении температуры			в 1 *м³* воздуха	в 1 *кг* влажного воздуха	на 1 *кг* сухого воздуха
		от 0° до t $(1+\alpha t)$	от t до 0° $\left(\frac{1}{1+\alpha t}\right)$				
24	1,189	1,088	0,919	22,380	21,6	18,40	18,80
25	1,185	1,092	0,916	23,760	22,9	19,50	20,00
26	1,181	1,095	0,913	25,210	24,2	20,70	21,40
27	1,177	1,099	0,910	26,740	25,6	22,00	22,60
28	1,173	1,103	0,907	28,350	27,0	23,40	24,00
29	1,169	1,106	0,904	30,040	28,5	24,80	25,60
30	1,165	1,110	0,901	31,820	30,1	26,30	27,28
31	1,161	1,114	0,898	33,700	31,8	27,80	28,80
32	1,157	1,117	0,895	35,660	33,5	29,50	30,60
33	1,154	1,121	0,892	37,730	35,4	31,20	32,50
34	1,150	1,125	0,889	38,900	37,3	33,10	34,40
35	1,146	1,128	0,886	42,180	39,3	35,00	35,60
36	1,142	1,132	0,884	44,560	41,4	37,00	38,80
37	1,139	1,136	0,881	47,070	43,6	39,20	41,10
38	1,135	1,139	0,878	49,690	45,9	41,40	43,50
39	1,132	1,143	0,875	52,440	48,3	43,80	46,00
40	1,128	1,147	0,872	55,320	50,8	46,30	48,90
41	1,124	1,150	0,869	58,340	53,4	48,90	51,70
42	1,121	1,154	0,867	61,500	56,1	51,60	54,80
43	1,117	1,158	0,864	64,800	58,9	54,50	58,00
44	1,114	1,161	0,861	68,260	61,9	57,50	61,30
45	1,110	1,165	0,858	71,880	65,0	60,70	65,00
46	1,107	1,169	0,856	75,650	68,2	64,00	68,90
47	1,103	1,172	0,853	79,600	71,5	67,50	72,80
48	1,100	1,176	0,850	83,700	75,0	71,10	77,00
49	1,096	1,180	0,848	88,020	78,6	75,00	81,50
50	1,093	1,183	0,845	92,510	83,3	79,00	86,30
51	1,089	1,187	0,843	97,200	86,3	83,20	91,30
52	1,086	1,191	0,840	102,100	90,4	87,70	96,60
53	1,083	1,194	0,837	107,200	94,6	92,30	102,00
54	1,080	1,198	0,835	112,500	99,1	97,20	108,00
55	1,076	1,202	0,832	118,000	103,3	102,30	114,00
56	1,073	1,205	0,830	123,800	108,4	107,60	121,00
57	1,070	1,209	0,827	129,800	113,3	113,20	128,00
58	1,067	1,213	0,825	136,100	118,5	119,10	136,00
59	1,063	1,216	0,822	142,600	123,8	125,20	144,00
60	1,060	1,220	0,820	149,400	129,3	131,70	152,00

Таблица VII.2. **Выделение тепла, влаги и CO_2 одним человеком**

Условия выделения вредностей	Выделения CO_2 л/ч	Температура окружающего воздуха, °С														
		10			15			20			25			30		35
		$Q_я$	Q	G	$Q_я$	Q	G	$Q_я$	Q	G	$Q_я$	Q	G	$Q_я$	G	G
Работа физическая тяжелая	45	170	255	135	140	255	185	110	255	240	80	255	295	45	350	415
То же средняя	35	140	180	70	115	180	110	90	180	150	63	180	190	40	230	290
» » легкая	25	125	143	30	105	125	33	85	125	70	60	125	110	35	150	200
Работа умственная (учреждения, вузы и пр.)	23	120	138	30	100	120	33	80	120	70	50	120	105	35	140	195
Покой (театры, клубы и пр.)	23	120	138	30	100	120	33	75	100	40	50	80	50	35	75	130
Дети до 12 лет	12	60	70	15	50	60	18	35	50	22	25	40	25	20	35	66

Примечания. 1. Здесь $Q_я$ — тепло явное, *ккал/ч*; Q — тепло полное, *ккал/ч*; G — влаговыделения, *г/ч*.

2. При $t = 35°$ явного тепловыделения нет. Полное тепло Q одинаковое при 25, 30 и 35°.

Таблица VII.3. **Тепло- и влаговыделения в прачечных**

Источник тепло- и влаговыделения	Производительность (кг сухого белья)	Емкость (кг сухого белья)	Установленная мощность, *квт*	Расход пара, *кг/ч*	Температура испарения влаги, °С	Влаговыделение, *кг/ч*	Тепловыделение, *ккал/ч*	
							явное	скрытое
Стиральное отделение								
Стиральная машина	280	80	2,2	35,0	80	3,60	1660	2300
	190	32	1,75	25,0	80	2,70	780	1700
	120	22	1,95	15,0	80	1,80	670	1150
	—	10	—	—	80	0,50	600	300
	—	5	—	—	80	0,25	500	150
Чан с механизмом для полоскания	850	—	0,75	—	25	2,50	—	1650
	600	—	0,75	—	25	2,00	—	1350
Бучильник дезинфекционный	440	80	—	160,0	90	2,80	750	1800
	220	40	—	80,0	90	2,50	560	1600
Прикрытый бучильник	50	8	—	13,0	90	1,10	290	700
Чан для варки щелока емкостью 370 *л*	—	—	—	50,0	60	2,10	460	1300
То же, емкостью 110 *л*	—	—	—	18,0	60	0,90	160	560
Ручные стиральные корыта	—	—	—	—	35	3,40	390	2100
Центрифуга	510	32	3,5	—	—	—	—	—
	200	12	1,3	—	—	—	—	—
Пол (на 1 $м^2$)	—	—	—	—	25	0,30	—	180
Мокрое белье (на 100 *кг*)	—	—	—	—	40	5,00	—	3100
Люди (на 1 работника)	—	—	—	—	—	0,20	80	125
Двигатели (на 1 *квт*)	—	—	—	—	—	—	86	—
Технологические паропроводы (на 1 *кг* пара)	—	—	—	—	—	—	20	—

Продолжение табл. VII.3.

Источник тепло- и влаговыделения	Производительность (кг сухого белья)	Емкость (кг сухого белья)	Установленная мощность, квт	Расход пара, кг/ч	Температура испарения влаги, °С	Влаговыделение, кг/ч	Тепловыделение, ккал/ч: явное	Тепловыделение, ккал/ч: скрытое
Замочечное отделение								
Замочечный чан (на 1 м²)	—	—	—	—	25	0,59	—	360
Пол (на 1 м²)	—	—	—	—	22	0,18	—	110
Люди (на 1 работника)	—	—	—	—	—	0,20	80	125
Сушильно-гладильное отделение								
Электроутюг	—	—	—	—	—	0,30	410	190
Массивный чугунный утюг	—	—	—	—	—	0,15	215	95
Каток паровой на 5 вальцев	480	—	1,3	70,0	—	4,00	6800	2550
						23,00	13200	14950
						5,0	8000	3700
Каландр на 5 вальцев	600	—	1,5	90,0	—	29 00	17900	18600
Сушильно-гладильная машина	1500	—	—	—	—	52,5	34000	38000
	1000	—	—	—	—	45	28000	28000
	500	—	—	—	—	22,5	17000	15000
	250	—	—	—	—	13	10000	8000
Гладильный пресс	—	—	—	—	—	3,2	2800	2000
						2,4	2100	1500
Сушилка (на 1 кулису)	50	—	—	8,0	—	—	500	—
Каток грузовой	300	—	0,75	—	—	—	—	—
Моторы (на 1 квт)	—	—	—	—	—	—	86	—
Технологические паропроводы (на 1 кг пара)	—	—	—	—	—	—	25	—
Люди (на 1 работника)	—	—	—	—	—	0,16	80	100

Примечание. 1. Для мокрого белья принимается условная температура +40°,

2. Величины тепло- и влаговыделений в виде дроби показывают в числителе колнчество тепла и влаги, поступающего непосредственно в помещение, а в знаменателе — под зонт, установленный над оборудованием.

3. Тепло, поступающее от белья после сушки и глажения, добавлено к тепловыделениям оборудования,

Таблица VII.4. Тепло- и влаговыделения на предприятиях общественного питания

Источник тепло- и влаговыделения	Тепловыделение (явное), ккал/ч	Источник тепло- и влаговыделения	Тепловыделение (явное), ккал/ч
Плиты:		Мармит (на 1 м² в плане)	1300
на 1 м³ в плане	3500	Паровой шкаф (на 1 м² в плане)	2500
на 1 м² жарочной поверхности	5000		

Продолжение табл. VII.4,

Источник тепло- и влаговыделения	Тепловыделение (явное), *ккал/ч*	Источник тепло- и влаговыделения	Тепловыделение (явное), *ккал/ч*
Огневая плита № 1 (в плане 3,87 × 1,67 *м*)	35000	Кондитерская печь (на 1 $м^2$ внешней поверхности)	500
То же, № 19 (1,68 × 0,72 *м*)	6400	Кипятильник:	
» № 21 (2,4 × 1,14 *м*)	15000	емкостью 200 *л*, диаметром 0,8 *м*	2000
Электроплиты кухонные (на 1 *квт* установленной мощности	430	то же, 100 *л*	1500
		емкостью 50 *л*, диаметром 0,5 *м*	1200
		» 25 *л*	600
Газовые плиты ресторанные, секционные (на 1 $м^2$ в плане, размер 1,135 × 0,8 *м* при расходе газа на секцию 3,8 $нм^3/ч$)	4000	Жарочно-кондитерские шкафы ГКШ-3 и ШК-20	2500
		Жаровня газовая УЖГ-Г1 или электрическая УЖГ-Э1 *м*	2500
Газовая плита ресторанная со шкафом на 8 конфорок (расход газа 100 000 *ккал/ч*)	13500	Разные электроприборы, кроме кипятильников, плит и котлов (на 1 *квт* установленной мощности)	260
То же, на 12 (расход газа 240000 *ккал/ч*)	20000	Паропроводы (на 1 *кг* пара)	25
		Люди (на 1 рабочего)	80
То же, на 16	27000	Стенки завес над плитой (на 1 $м^2$ остекления)	100
Варочный котел емкостью, *л*:		Обрабатываемые продукты на плитах (на 1 *кг/ч*)	(250)
40	1100 (1900)	Влаговыделения (*кг/ч*) варочных котлов в зависимости от их емкости, *л*:	
60	1400 (3200)	40	3
125	1700 (6270)	60	5
250	2300 (10000)	125	10
		250	16
400	3200 (14500)	400	23
		600	39
600	4300 (24500)	800	48
800	5000 (30000)		

Примечания. 1. При определении тепло-влаговыделений оборудования коэффициент одновременности работы оборудования принимают равным 0,8.

2. Тепловыделения в помещение от оборудования, установленного под завесами, принимают 20% от приведенных в таблице; влаговыделения не учитывают. Скрытые тепловыделения приведены в скобках.

3. При расчете завес принимают: удаление 80% тепла, 100% влаги. Температуру под завесами над плитами принимают 45°, над варочными котлами — 80°, относительную влажность воздуха — 80%.

4. Влаговыделения на 1 рабочего человека составляют 0,16 *кг/ч*, на 1 *кг/ч* обрабатываемых на плитах продуктов — 0,40 *кг/ч*.

Таблица VII.5 Расчетные параметры наружного воздуха

Наименование населенных пунктов	Географическая широта, °с. ш.	Барометрическое давление, *мм рт. ст.*	Параметры						Скорость ветра, *м/с*
			А		Б		В		
			Температура, °С	Теплосодержание, *ккал/кг*	Температура, °С	Теплосодержание, *ккал/кг*	Температура, °С	Теплосодержание, *ккал/кг*	
Александровск-Сахалинский	52	760	19	11,2	22,1	11,9	34	16	3,7
			—19	—4,2	—26	—6,1	—41	—9,8	7,8
Алма-Ата	44	700	27,6	12,3	31,2	13	42	19,5	1
			—12	—2,2	—27	—6,4	—36	—8,6	1,9
Архангельск	64	760	18,6	11,6	24,5	13,2	34	17,6	4
			—19	—4,2	—32	—7,6	—48	—11,5	5,9
Астрахань	48	760	29,5	14,6	33	15,4	40	20,2	3,6
			—8	—1	—22	—5	—34	—8,1	4,8
Ашхабад	36	730	36	13,9	39	15	47	18,4	2,4
			—2	1	—11	—1,9	—24	—5,5	2,8
Баку	40	760	28,3	15,6	31,7	16,4	40	19,4	4
			1	2	—4	0,2	—13	—2,5	8,4
Барнаул	52	745	23,9	12,4	28,3	13,3	41	17,8	1
			—23	—5,3	—39	—9,3	—52	—12,5	5,9
Батуми	40	760	25,9	16,5	29,6	17,1	40	19,3	—
			4	3,1	—1	1,2	—9	—1,3	—
Бодайбо	56	715	23,1	11,6	27,6	12,6	39	15,7	1
			—36	—8,6	—47	—11,3	—55	—13,2	3,2
Братск	56	730	22,5	11,7	27,7	12,7	37	15	1
			—30	—7,1	—43	—10,3	—58	—13,9	3,4
Брест	52	745	22,4	11,7	27	13,5	37	15	3,3
			—8	—1	—20	—4,5	—36	—8,6	5,2
Брянск	52	745	22,5	11,9	27,3	12,7	38	18,1	1
			—13	—2,5	—24	—5,5	—42	—10,1	6,3
Вильнюс	56	745	21,6	11,5	26,1	12,7	34	16,7	1
			—9	—1,2	—23	—5,3	—37	—8,1	5,5
Винница	48	730	23	12,8	27,3	13,6	38	16,7	2,8
			—10	—1,6	—21	—4,7	—36	—8,6	3,6
Витебск	56	745	21,6	11,8	25,7	12,7	36	14,6	3,6
			—12	—2,2	—26	—6,1	—41	—9,8	5,9
Владивосток	44	745	23,6	12,8	23,4	14,7	36	19,3	4,7
			—16	—3,4	—25	—5,8	—31	—7,3	9
Волгоград	48	745	28,6	13,2	33	13,8	42	16	4,6
			—13	—2,5	—22	—5	—36	—8,6	8,5
Воронеж	52	745	24,2	12,5	28,9	13,1	41	16,7	3,3
			—14	—2,8	—25	—5,8	—38	—9,1	5,4
Ворошиловград	48	760	27,3	13,2	31,8	14	40	15,8	1
			—10	—1,6	—25	—5,8	—42	—10,1	5,3
Горький	56	745	21,2	12,2	26,8	13,1	37	16,8	1
			—17	—3,7	—30	—7,1	—41	—9,8	5,1
Днепропетровск	48	745	26,5	12,9	31	13,7	40	20,2	1
			—9	—1,3	—24	—5,5	—34	—8,1	5,5
Душанбе	40	685	34,3	13,8	36,8	14,7	40	17,8	1
			—2	0,9	—14	—2,8	—29	—6,8	2,8
Енисейск	60	745	22,3	11,5	27,7	12,6	37	15,2	1
			—28	—6,6	—47	—11,3	—59	—14,2	3,7
Ереван	40	685	29,7	14,6	34,8	15	41	17,4	1
			—8	—1	—19	—4,2	—31	—7,3	2,5

Продолжение табл. VII.5

Наименование населенных пунктов	Географическая широта, °с. ш.	Барометрическое давление, *мм рт. ст.*	Параметры						Скорость ветра, *м/с*
			А		Б		В		
			Температура, °С	Теплосодержание, *ккал/кг*	Температура, °С	Теплосодержание, *ккал/кг*	Температура, °С	Теплосодержание, *ккал/кг*	
Запорожье	48	760	27,1	13,3	31,2	14	41	15,8	3,5
			—9	—1,3	—23	—5,3	—34	—8,1	5,4
Иркутск	52	715	22,7	12	26,9	12,8	36	16,9	1
			—25	—5,8	—38	—9,1	—50	—12	2,8
Казань	56	745	22,8	12,2	27,3	13,1	38	17,2	3,6
			—18	—3,9	—30	—7,1	—47	—11,3	5,7
Караганда	48	715	25,1	11,1	31	12,4	40	15,4	1
			—20	—4,5	—32	—7,6	—49	—11,8	7,7
Керчь	44	760	26	14,5	30,3	15	37	17	4,1
			—4	0,3	—15	—3,1	—26	—6,1	7,5
Киев	52	745	23,7	12,8	28,7	13,4	39	16,9	1
			—10	—1,6	—21	—4,7	—32	—7,6	4,3
Кировоград	48	745	25,8	13,2	29,7	13,7	40	15,6	1
			—9	—1,3	—21	—4,7	—35	—8,4	4,8
Кишинев	48	745	26	13,5	30,2	14,2	39	17,6	3,6
			—7	—0,7	—15	—3,1	—32	—7,6	5,4
Конотоп	52	745	24	12,5	28	13,3	37	15,5	1
			—11	—1,9	—23	—5,3	—37	—8,8	5,2
Красноярск	56	730	22,5	11,8	25,9	12,4	38	15,9	1
			—22	—5	—40	—9,6	—53	—12,7	6,2
Курск	52	730	22,9	12,2	27,8	12,8	37	16,7	3,5
			—14	—2,8	—24	—5,5	—38	—9,1	5,3
Ленинград	60	760	20,6	11,5	24,8	12,3	33	16	8,7
			—11	—1,9	—25	—5,8	—36	—8,6	4,2
Львов	48	730	22,1	12,7	26,4	13,7	38	16,9	1
			—7	—0,6	—19	—4,2	—34	—8,1	6,4
Магнитогорск	52	730	22,8	11,8	27,4	12,5	39	16,4	1
			—22	—5	—34	—8,1	—46	—11	8,1
Минск	52	745	21,2	11,9	25,9	12,8	35	16,4	3,8
			—10	—1,6	—25	—5,8	—39	—9,3	5,4
Москва	56	745	22,3	11,8	28,5	12,9	33	16,7	3,4
			—14	—2,8	—25	—5,8	—40	—9,6	4,9
Мурманск	68	760	16,6	9,9	22	10,2	33	12,8	3,8
			—18	—3,9	—28	—6,6	—38	—9,1	7,5
Наманган	40	715	34,2	14,9	37	15,7	44	17,8	1
			—7	—0,9	—15	—3,1	—29	—6,8	2
Николаев	48	760	27,9	13,9	31	14,8	40	17,2	3,2
			—7	—0,7	—19	—4,2	—30	—7,1	5,4
Новороссийск	44	760	26,7	14,4	30,1	15,7	39	17,2	2,9
			—2	—0,9	—13	—2,5	—24	—5,5	6,7
Новосибирск	56	745	22,7	12	26,4	13,1	38	18,8	1
			—24	—5,5	—39	—9,3	—50	—12	5,7
Одесса	48	760	25	14,1	18,6	14,8	38	17,6	3,9
			—6	—0,3	—18	—3,9	—29	—6,8	8,5
Петрозаводск	60	760	18,6	11	23,1	12	35	15,2	3,2
			—14	—2,8	—29	—6,8	—40	—9,6	5,9
Полтава	48	745	24,5	12,9	29,4	15,5	38	16,4	4,4
			—11	—1,9	—22	—5	—37	—8,8	6,2

Наименование населенных пунктов	Географическая широта, °с. ш.	Барометрическое давление, *мм рт. ст.*	Параметры						Скорость ветра, *м/с*
			А		Б		В		
			Температура, °С	Теплосодержание, *ккал/кг*	Температура, °С	Теплосодержание, *ккал/кг*	Температура, °С	Теплосодержание, *ккал/кг*	
Рига	56	760	20,3	11,3	24,3	12,2	34	15,9	1
			—9	—1,3	—20	—4,5	—35	—8,4	4,5
Ровно	52	730	22,6	12,3	25,1	13,2	38	17,2	1
			—9	—1,3	—21	—4,7	—36	—8,6	7,5
Ростов-на-Дону	48	745	27,3	13,7	31,9	14,5	40	17,8	3,6
			—8	—1	—22	—5	—33	—7,9	6,5
Самарканд	40	685	32,3	14,2	35	15	44	20,3	1
			—3	0,5	—13	—2,6	—30	—7,1	2,7
Свердловск	56	730	20,7	11,5	28,7	12,2	38	15,8	1
			—20	—4,5	—31	—7,3	—43	—10,3	5
Севастополь	44	760	25	14,5	29,4	15,4	38	17	2,3
			0	1,7	—11	—2	—22	—5	6,4
Симферополь	44	730	26,1	14,2	31,8	15,1	40	16,8	2,8
			—4	0,3	—16	—3,4	—29	—6,8	6
Сочи	44	760	25,9	15,8	30,2	16,6	39	17,8	1,8
			2	2,3	—3	0,5	—15	—3,1	6,5
Сыктывкар	60	745	20,3	11,7	25,7	12,6	35	14,5	3,5
			—20	—4,6	—36	—8,6	—51	—12,2	5,5
Таллин	60	760	19	11,3	23,5	12,2	33	15,4	4,9
			—9	—1,3	—21	—4,7	—32	—7,6	7,7
Ташкент	40	715	33,2	13,9	35,7	15	44	19,8	1,2
			—6	0,6	—15	—3,1	—30	—7,1	1,7
Тбилиси	40	715	28,8	14,4	34,7	15	40	19,7	1
			0	1,4	—7	—0,9	—23	—5,3	3,9
Тернополь	48	730	22,1	12,6	26,8	13,7	37	15	1
			—9	—1,2	—21	—4,7	—34	—8,1	5,1
Ужгород	48	745	24,2	13	28,1	14	40	17,6	1
			—7	—0,6	—18	—3,9	—28	—6,6	3,6
Умань	48	745	24,1	12,8	28,7	13,8	38	15,5	1
			—10	—1,6	—21	—4,7	—37	—8,8	5,8
Уральск	52	760	28,1	12,8	32,8	13,6	42	15,5	1
			—18	—3,9	—30	—7,1	—43	—10,3	6,8
Уфа	56	745	23,4	12,1	28	13	40	17,6	3,4
			—19	—4,2	—29	—6,8	—42	—10,1	8,1
Фергана	40	700	32,2	14,9	36,2	15,7	43	21,8	1
			—7	—0,8	—15	—3,1	—28	—6,6	2
Фрунзе	44	700	28,9	12,6	34,4	13,8	42	17,6	1
			—9	—1,5	—23	—5,3	—38	—9,1	2,4
Хабаровск	48	745	24,1	14,5	28,4	15,6	40	19,4	1
			—23	—5,3	—32	—7,6	—43	—10,3	5,9
Харьков	52	745	25,1	12,6	29,4	13,4	39	18,2	1
			—11	—1,9	—23	—5,3	—36	—8,6	5
Херсон	48	760	29	13,8	30,6	14,7	39	17,8	1
			—7	—0,7	—18	—3,9	—32	—7,6	6,2
Целиноград	52	730	24,9	11,5	31	12,2	42	15,4	5
			—22	—5	—35	—8,4	—52	—12,5	7,7
Челябинск	56	745	22,8	11,5	27,3	12,5	39	18,1	3,2
			—20	—4,5	—29	—6,8	—45	—10,8	4,5

Продолжение табл. VII.5

Наименование населенных пунктов	Географическая широта, °с. ш	Барометрическое давление, *мм рт. ст.*	Параметры						Скорость ветра, *м/с*
			А		Б		В		
			Температура, °С	Теплосодержание, *ккал/кг*	Температура, °С	Теплосодержание, *ккал/кг*	Температура, °С	Теплосодержание, *ккал/кг*	
Чернигов	52	745	23,2	12.3	27,8	13	39	16,8	3,5
			—11	—1,9	—22	—5	—34	—8,1	4,2
Якутск	62	745	23	11,5	28,6	12,5	38	14,6	1
			—45	—10,8	—55	—13,2	—64	—15,4	2,6
Ялта	44	760	26,3	14,6	30,5	15,4	39	17	2,4
			1	1,9	—6	—0,6	—15	—3,1	4,4

Примечания 1. Для параметров воздуха и скорости ветра, верхняя строчка у всех городов содержит данные для теплого периода года, нижняя — холодного

2. В таблице приведены осредненные данные, предназначенные для расчетов

Определение количества вентиляционного воздуха

Количество вентиляционного воздуха определяется для каждого помещения на основании выделяющихся в помещении вредностей, приведенных в табл. VII.2—VII.4 и др., или задается на основании исследований.

Если характер и количество вредностей не поддаются учету, вентиляционный воздухообмен определяют по кратностям, значения которых приведены в табл. VII.7.

Приведенные в табл VII.7 кратности обмена воздуха отнесены к высоте помещения 3 *м*. При другой высоте помещений эти кратности принимаются с коэффициентом, равным отношению высоты помещения (3 *м*) к проектной высоте.

Необходимый воздухообмен определяют по следующим формулам:

при газовыделениях

$$L = \frac{G}{b_в - b_н}; \qquad \text{(VII.1)}$$

при влаговыделениях

$$L = \frac{D}{(d_в - d_н)\,\gamma}; \qquad \text{(VII.2)}$$

при тепловыделениях

$$L = \frac{Q}{C\gamma\,(t_у - t_н)}; \qquad \text{(VII.3)}$$

по кратности

$$L = VK_р.$$

Здесь L — необходимый воздухообмен, *м*³/*ч*;

G — газовыделение в помещение, *л/ч*;

$b_в$ — предельно допустимое содержание газа в удаляемом воздухе, *л/м*³;

$b_н$ — содержание газа в приточном воздухе *л/м*³;

D — влаговыделения в помещение , *г/ч*;

$d_в$ и $d_н$ — влагосодержание удаляемого и приточного воздуха, *г/кг*;

γ — плотность воздуха, *кг/м*³;

Q — выделение в помещение явного тепла, *ккал/ч*;

C — теплоемкость воздуха, равная 0,24 *ккал/кг*·° С;

$t_у$ и $t_н$ — температура удаляемого и приточного воздуха, ° С;

V — объем помещения, *м*³;

$Kр$ — кратность воздухообмена (табл. VII.7).

Нормы допустимых концентраций CO_2 в воздухе, $л/м^3$

В местах постоянного пребывания людей (жилые комнаты) . .	1
В детских комнатах и больницах	0,7
В местах периодического пребывания людей (учреждения) . .	1,25
То же, кратковременного пребывания	2,0
В наружном воздухе:	
населенная местность (село)	0,33
малые города	0,4
большие »	0,5

При одновременном выделении в помещение тепла и влаги расчет удобнее вести по I — d-диаграмме (стр. 102), пользуясь угловым масштабом (тепловлажностным отношением).

При выделении в помещение нескольких видов инертных газов (CO_2 и др.) необходимый воздухообмен определяют по формуле (VII.1) для каждого газа отдельно и принимают большее значение. При выделении нескольких токсичных газов, паров растворителей (ацетона, спиртов, эфиров, уксусной кислоты и др.), раздражающих газов (серного и сернистого ангидрида, хлористого и фтористого водорода и др.) принимают сумму вентиляционных воздухообменов, определенных для каждого газа раздельно.

Пример VII.1. Определить необходимый воздухообмен на 1 чел., находящегося в спокойном состоянии.

Необходимый воздухообмен по CO_2 определяем по формуле (VII.1). Выделение CO_2 для 1 чел. в спокойном состоянии по табл. VII.2 равно 23 $л/ч$. Содержание CO_2 во внутреннем и наружном воздухе принимаем по нормам, $b_в = 1$ $л/м^3$; $b_н = 0{,}5$ $л/м^3$. Подставляя эти величины в формулу (VII.1), находим

$$L_{CO_2} = \frac{G}{b_в - b_н} = \frac{23}{1 - 0{,}5} = 46 \text{ } м^3/ч.$$

Необходимый воздухообмен по влаговыделениям определяем по формуле (VII.2). Влаговыделение 1 чел. в спокойном состоянии $D = 40$ $г/ч$, по табл. VII.2 плотность воздуха при $t = 20°$ $\gamma = 1{,}2$ $кг/м^3$; влагосодержание внутреннего удаляемого воздуха $d_в = 8{,}9$ $г/кг$ при $B = 745$ $мм$ $рт.$ $ст.$ и $\varphi = 60\%$, находим по I — d-диаграмме (см. лист VII.14). Аналогично находим влагосодержание наружного воздуха $d_н = 6{,}3$ $г/кг$ при $t_н = 10°$ и $\varphi = 80\%$. Подставляя эти величины в формулу (VII.2), получаем

$$L_d = \frac{D}{(d_в - d_н)\,\nu} = \frac{40}{(8{,}9 - 6{,}3)\,1{,}2} = 12{,}8 \text{ } м^3/ч.$$

Необходимый воздухообмен по тепловыделению определяем по формуле (VII.3). Явное тепло $Q_я = 75$ $ккал/ч$ находим по табл. VII.2.

$$L_Q = \frac{Q_я}{C\nu\,(t_у - t_н)} = \frac{75}{0{,}24 \cdot 1{,}2 \cdot \Delta t}.$$

При $t_н = 10°$ значение $\Delta t = t_у - t_н = 20 - 10 = 10$. Таким образом, $L_Q = 26{,}05$ $м^3/ч$. При летних температурах перепад $\Delta t = 3°$ и $L_Q = 87$ $м^3/ч$.

На основании расчетов следует, что необходимый воздухообмен на 1 чел., например, для условий Киева должен составлять ($м^3/ч$):

Зимой и в переходной период:

в жилых зданиях (постоянное пребывание)	46
в учреждениях (временное пребывание)	30,6
в театрах (кратковременное пребывание)	16—26
Летом при $\Delta t = 3°$	87

Для помещений, где количество одновременно пребывающих людей известно, вентиляционный воздухообмен определяют по норме подачи воздуха на 1 чел. (табл. VII.8).

В производственных помещениях с объемом здания менее 20 $м^3$ на 1 чел. должна быть предусмотрена вентиляция, обеспечивающая воздухообмен не менее 30 $м^3/ч$ на 1 работающего, а в помещениях с кубатурой на 1 работающего 20—40 $м^3$ — не менее 20 $м^3/ч$. В помещениях без окон и фонарей воздухообмен на 1 чел. должен быть

Таблица VII.6. **Нормативные параметры воздуха в рабочей зоне производствен-**
Г. 7—62)

Характеристика помещений	Категория работы	Холодный и переходный периоды года ($t_н$ <+10°)						Допускаемая температура вне рабочих мест °С
		На постоянных рабочих местах или в обслуживаемой зоне жилых и общественных зданий						
		Оптимальные			Допускаемые			
		температура, °С	относительная влажность, проц.	скорость движения, м/с (не более)	температура, °С	относительная влажность, проц	скорость движения, м/с (не более)	
Производственные, незначительные избытки явного тепла (20 *ккал/м³·ч* и менее)	Легкая	18—21	60—40	0,2	17—22	80	0,3	15—20
	Средней тяжести	16—18		0,3	15—17		0,5	13—15
	Тяжелая	14—16		0,3	13—15		0,5	12—14
Производственные; значительные избытки явного тепла (более 20 *ккал/м³·ч*)	Легкая	18—21	60—40	0,2	17—24	80	0,5	15—26
	Средней тяжести	16—18		0,3	17—22			15—24
	Тяжелая	14—16		0,3	14—17			12—19
Общественные и и жилые здания	—	19—21	60—40	0,3	По соответствующим главам СНиПа			—

Примечания 1. Незначительными считаются избытки явного тепла не превышающие
мещениях 2 При определении характеристики помещений по избыткам явного тепла для уста
теплю, которое выделяется в рабочую зону и уносится с воздухом, удаляемым местными отсосами.

ных помещений и в обслуживаемой зоне общественных и жилых зданий (СНиП II—

Теплый период года ($t_н > +10°$)						
На постоянных рабочих местах или в обслуживаемой зоне жилых и общественных зданий						Допускаемая температура вне рабочих мест, °С
Оптимальные			Допускаемые			
температура, °С	относительная влажность, проц.	скорость движения, м/с (не более)	температура, °С	относительная влажность, проц.	скорость движения, м/с (не более)	
22—25			Не более чем на 3° выше расчетной наружной вентиляционной температуры (параметры *А*), но не более 28°	При 28° не более 55; при 26° не более 60; при 24° не более 65; ниже 24° — не более 75	0,5	Не более чем на 3° выше расчетной наружной вентиляционной температуры (параметры А)
20—23	60—40	0,3			0,7	
17—20					1, но не менее 0,5	
22—25			Не более чем на 5° выше расчетной наружной вентиляционной температуры (параметры *А*), но не более 28°	При 28° не более 55; при 26° не более 60; при 24° не более 65; ниже 24° не более 75	0,7	Не более чем на 5° выше расчетной наружной вентиляционной температуры (параметры А)
20—23	60—40	0,3			0,7 — 1	
17—20					1 — 1,5, но не менее 0,5	
22—25	60—40	0,3	Не более чем на 3° выше расчетной наружной вентиляционной температуры (параметры *А*)	—	0,5	—

20 *ккал/м*³, явным считается тепло, воздействующее на изменение температуры воздуха в по-
новления норм метеорологических параметров в рабочей зоне не следует исключать из расчета

Таблица VII.7. **Расчетные температуры и воздухообмен в помещениях жилых и общественных зданий**

Помещения	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 *ч*	
		вытяжка	приток
Жилые здания (СНиП II-Л. 1—71)			
Жилая комната квартиры и общежития в зданиях для I строительно-климатической зоны (воздухообмен на 1 $м^2$ площади пола)	20	(3)*	—
То же, для остальных зон	18		—
Кухня квартиры, кухня и кубовая общежития (в негазифицированных зданиях)	15	(60)	—
То же, в газифицированных:	15		
при двухконфорочных плитах не менее		(60)	—
то же, при трехконфорочных		(75)	—
» при четырехконфорочных		(90)	—
Ванная индивидуальная	25	(25)	—
Ванная с индивидуальным нагревателем	18	(25)	—
Уборная индивидуальная	16	(25)	—
Совмещенный санитарный узел	25	(50)	—
То же, с индивидуальным нагревателем	18	(50)	—
Умывальная индивидуальная	18	0,5	—
Ванная или душевая общие	25	5	—
Кабина личной гигиены женщины	23	2	—
Уборная общая:			
на унитаз	16	(50)	—
на писсуар	16	(25)	—
Гардеробная, комната для чистки и глажения одежды, умывальная общая в общежитии	18	1,5	—
Помещения для культурно-массовых мероприятий, индивидуальной подготовки к занятиям, комната отдыха дневного пребывания, помещения коменданта и воспитателя, служебная комната обслуживающего персонала в общежитии	18	6	—
Постирочная	15	7	По расчету, но не менее 4
Гладильная, сушильная в общежитии	15	3	То же, 2
Сушка для одежды и обуви в общежитии	15	6	» 4
Приемные в общежитии	18	3	2
Парикмахерская в общежитии	18	3	—
Кладовые и бельевые в общежитии	16	1	—
Изолятор в общежитиях:			
вестибюль	16	1	—
палата, комната персонала	20	1	—
кабинет врача	18	1	—
кабинет физиотерапии	20	4	3
процедурная	20	2	1,5
Машинное помещение лифтов (воздухообмен по расчету, но не менее	5	1	—
Электрощитовая, мусоросборная камера	5	1	—
Гостиницы (СНиП II-Л. 17—65)			
Номера (на одно гостиничное место)	20	(30)	—

* Цифры в скобках обозначают воздухообмен в $м^3/ч$ (не менее).

Помещения	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		вытяжка	приток
Гардероб, комната для чистки одежды и обуви, общая умывальная	20	1	—
Кладовые, бельевые, камера хранения	16	1	—
Санитарный узел номера:			
одноместный	25	(50)	—
двухместный	25	(60)	—
Общий санитарный узел:			
на 1 унитаз	16	(50)	—
на 1 писсуар	16	(25)	—
Санатории (СНиП II-Л. 10—62)			
Вестибюль, гардеробная, регистратура, помещение для хранения вещей больных, парикмахерская	16	1	—
Кабинет главного врача (директора), кабинет заместителя директора, бухгалтерия с кассой, канцелярия, комната общественных организаций и инженерно-технического персонала, медицинский архив	18	0,5	—
Спальные комнаты, комнаты персонала, комнаты чистки одежды и обуви, ожидальные, комнаты дневного пребывания	18	1	—
Кабинеты врачей, аптечная комната	20	1	1
Кабинеты: рентгеновский (при работе с закрытыми аппаратами), электросветолечения, парафино- и озокеритолечения, массажные	20	4	3
Ингаляторий индивидуальный	20	4	3
То же, групповой	20	10	9
Кабинеты: функциональной диагностики и электрокардиографии, антропометрическая, кислородная палата, процедурные,	20	2	1,5
Зубоврачебный кабинет	18	1	1
Зал лечебной физической культуры (на одного человека)	18	—	(50—60)
Лаборатория	18	3	1
Водолечебница и грязелечебница:			
зал с ваннами, душевой, зал с водолечебной кафедрой, зал грязевых процедур и душевые кабины в зале	25	5	3
раздевальные (баланс по объему залов с ваннами и грязевых процедур)	23	—	2
грязевая кухня, помещение для мойки и сушки простыней, халатов, брезентов	18	5	4
Бельевые, кладовые брезентов, халатов, простыней, грязелечебницы, компрессорная ингалятория	16	0,5	—
Обеденный зал, раздаточная	16	По расчету	
Варочный зал, заготовочная, кондитерская с печью	5	По расчету	
Буфетная, хлеборезка	16	1	1
Моечные кухонной и столовой посуды	18	6	4
Заготовочные, изолированные от варочного зала — мясная, рыбная, овощная и холодных блюд, комнаты для предварительной обработки продуктов	16	4	3
Машинные отделения для охлаждаемых камер, гардеробная персонала	16	1	—

Продолжение табл. VII.7

Помещения	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		вытяжка	приток
Кладовые суточного запаса продуктов, загрузочная, тарная	12	1	—
Комнаты шеф-повара, сестры, врача и персонала	18	1	—
Зрительный зал с эстрадой (на 1 зрительное место)		По	
летом	—	притоку	(40)
зимой	14	То же	(20)
Кинопроекционная	По нормам кинотеатров		
Радиоузел, фотолаборатория	18	1	1
Гостинные, комната для артистов	18	1	—
Библиотека-читальня	18	2	3
Бильярдная	18	10	—
Помещение для сдачи и сортировки грязного белья	15	4,5	3,5
Стиральная (воздухообмен по расчету, но не менее)	15	13	10
Гладильная, сушильная (воздухообмен по расчету, но не менее)	15	6	4
Помещение для починки, хранения и выдачи чистого белья	15	1	1
Комната персонала, гардеробная	16	1	1
Аптеки (СН 273—64) и (СНиП II-Л.9—70)			
Зал обслуживания	18	3	—
Ассистентская, асептическая, расфасовочная, хранение товаров, комната химика-аналитика	18	3	2
Моечная, кубовая-стерилизационная	18—20	4	3
Помещение для хранения термолабильных материалов	12	3	2
Больницы и поликлиники (СНиП II-Л.9—70)			
Палаты:			
для взрослых, противошоковые, спальные для матерей детских отделений, гипотермии, для туберкулезных (на 1 койку)	20	—	(40)
предродовые, оклампсии, манипуляторные, для новорожденных	25	2	1,5
послеоперационные, отделений анестезиологии-реанимации, родовые, родовые (боксы), операционные, операционные-диализационные, наркозные, для больных с ожогами кожи	22	По расчету	
послеродовые (на 1 койку)	22	(40)	
для детей (в том числе для новорожденных на 1 койку)	22	(20)	
для травмированных и недоношенных новорожденных (на 1 койку)	25	(15)	
Палаты в боксах, полубоксах, фильтр-боксы, предбоксы (вытяжка из коридора)	22	2	2,5
Фильтры, приемно-смотровые боксы, смотровые, перевязочные, манипуляционные, предоперационные, процедурные, комнаты для сцеживания грудного молока и кормления детей в возрасте до 1 года, кабинеты пневмоторакса с кабиной для раздевания и комнатой отдыха, помещения для прививок	22	2	1,5

Помещения	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		вытяжка	приток
Кабинет врачей, ангиографии, акопунктуры, выписные, аудометрии, антропометрии, а также комнаты персонала, отдыха больных водолечебниц, помещения для ректороманоскопии	20	1	1
Процедурные и кабины для раздевания при рентгенодиагностических кабинетах, процедурные и раздевальные флюорографических кабинетов, процедурные для рентгеновских снимков зубов, моечные лабораторной посуды патолого- анатомических отделений, комнаты управления рентгеновских кабинетов и радиологических отделений, фотолаборатория, кабинеты электросветолечения, массажные	20	4	3
Стерилизационные при операционных, лаборатории и помещения для производства анализов, кабинеты (помещения) радиотелеметрических, эндокринологических и других исследований, кольпоскопные, помещения для приема, сортировки и взятия проб для лабораторных анализов, монтажные и моечные кабинетов искусственной почки и помещения для аппарата искусственного кровообращения, растворные-деминерализационные, препараторские лабораторий, помещений для центрифуг и окраски мазков, весовые, калориметрические, средоварки, материально-аппаратные лабораторий, фиксационные, комнаты для занятий с персоналом, рецептурные, помещения для подготовки перевязочных и операционных материалов и белья, контроля, комплектования и упаковки инструментов, приема, разборки, мытья и сушки хирургических инструментов, шприцов,игл и катетров	18	3	1
Залы лечебной физической культуры (на одного занимающегося в зале)	18	(50)	
Кабинеты механотерапии и функциональной диагностики	22	3	1
Кабинеты лечебной физической культуры, зубоврачебные кабинеты, комнаты зондирования, помещения для дегельминтизации	20	3	2
Помещения (комнаты) для санитарной обработки больных, душевые, кабины личной гигиены женщин, помещения для субаквальных, сероводородных и других ванн (кроме радоновых), подогрева парафина и озокерита, лечебные плавательные бассейны	25	5	3
Помещения для хранения гипсовых бинтов и гипса, музеи и препараторские при них в патолого-анатомических отделениях, компрессорные ингаляториев, центральные бельевые и бельевые для хранения чистого белья, помещения для хранения лекарственных средств, перевязочных материалов и других медицинских товаров, помещения для временного хранения инфицированного белья и постельных принадлежностей, помещения для хранения хозяйственного инвентаря.	16	1	—

Продолжение табл. VII.7

Помещения	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		вытяжка	приток
Помещения стерилизационных-автоклавных центральных стерилизационных	16	По расчету	
Помещения для мытья, стерилизации и хранения суден и горшков, мытья и сушки клеенок, сортировки и временного хранения грязного белья, для хранения предметов уборки, помещения для хранения (временного) последов и льда, помещения для временного хранения белья и хранения твердых отходов, загрязненных радиоактивными веществами, кладовые кислот, помещения для хранения дезинфицирующих средств	16	5	—
Регистратуры, справочные, вестибюли, гардеробные, помещения для приема передач больным, помещения для временного хранения вещей больных, ожидальные, помещения для хранения теплых вещей при верандах, помещения для хранения одежды и обуви больных, выходящих на прогулки, кладовые вещей больных и гладильные, инструментально-материальные, раздаточные с подсобным помещением в молочно-раздаточных пунктах, комнаты для хранения реактивов и аппаратуры в патолого-анатомических отделениях, помещения для текущего ремонта физиотерапевтической аппаратуры, буфетные, столовые для больных.	18	1	—
Помещения для обработки резиновых перчаток, для мытья и стерилизации столовой и кухонной посуды при буфетных и столовых палатных отделениях, боксов и полубоксов, парикмахерские для обслуживания больных, муляжные.	18	3	2
Хранилища радиоактивных веществ, фасовочные и моечные в радиологических отделениях, моечные лабораторий.	18	6	5
Процедурные в кабинетах для статической и подвижной теле-гамма-терапии, комнаты для центрирования в кабинетах для подвижной теле-гамма-терапии, процедурные рентгенотерапевтические, кабинеты микроэлектроволновой терапии, ультравысокочастотной терапии, аэроионолечения, теплолечения и укутывания, помещения приготовления растворов для радоновых ванн, кабинеты лечения ультразвуком	20	5	
Радоновые ванны, грязелечебные залы, душевой зал с кафедрой, кабинеты грязелечения для гинекологических процедур	25	5	4
Раздевальные и кабины для раздевания в водолечебницах (приток по балансу вытяжки из залов с ванными и грязевых процедур).	23	—	По балансу
Помещение для хранения и регенерации грязи	12	10	2
Комнаты хранения трупов	2	3	—
Комнаты для одевания и выдачи трупов, кладовые для хранения гробов, помещения для хранения хлорной извести	14	3	—

Продолжение табл. VII.7

Помещение	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		вытяжки	приток
Дезинфекционные камеры:			
приемные (приток из чистого отделения)	16	3	—
грязные (то же)	16	5	—
разгрузочные (чистые) (вытяжка через грязное отделение)	16	—	5
Шлюзы при сероводородных ваннах	25	4	3
Кабины для раздевания при сероводородных ваннах	25	3	3
Помещения для приготовления растворов сероводородных ванн и хранения реактивов	20	6	5
Помещения для мойки и сушки простыней, холстов, брезентов, грязевые кухни	16	10	6
Помещения для ингаляции (процедурные)	20	10	8
Секционные	16	4	1
Шлюзы перед палатами для новорожденных, изоляторы в отделениях для новорожденных, помещения для выписки родильниц и облучения детей кварцевой лампой	22	1	1
Уборные для больных и умывальные:			
на 1 унитаз	20	(50)	—
на 1 писсуар	20	(25)	—
Клизменные	20	5	—
Малые операционные	22	5	6
Склады хранения стерильных материалов	18	—	3
Детские сады и ясли (СНиП II-Л. 3—71)			
Игральная-столовая, приемная младшей группы ясельного возраста климатических подрайонов:			
IА, IБ, IГ	23	1,5	—
IВ, IД	22	1,5	—
То же, районов II, III, IV	21	1,5	—
Групповая, приемная средней и старшей групп ясельного возраста климатических подрайонов:			
IА, IБ, IГ	21	1,5	—
IВ, IД	20	1,5	—
То же, районов II, III, IV	19	1,5	—
Спальня-веранда и раздевальная климатических подрайонов:			
IА, IБ, IГ	19	1,5	—
То же, районов IВ, IД, II, III, IV	18	1,5	—
Туалетные:			
для младшей группы ясельного возраста	22	2	—
то же, средней и старшей групп	21	2	—
для групп дошкольного возраста	20	2	—
Комната для музыкальных и гимнастических занятий	18	1,5	—
Помещение бассейна для обучения плаванию (не менее 50 $м^3/ч$ на ребенка)	29	По расчету	
Изолятор, медицинская комната	22	1,5	—
Комната персонала	18	0,5	—
Кухня	15	По расчету	
Комната для хранения чистого белья	15	0,5	—
Стиральная-разборочная	18	5	5

Продолжение табл. VII.7.

Помещение	Температура, °С	Кратность воздухообмена в *i ч*	
		вытяжка	приток
Сушильная-гладильная	16	5	5
Общеобразовательные школы и школы интернаты (СНиП II-Л.65—73)			
Классные комнаты, учебные кабинеты, лаборатории	16	По расчету	
Мастерская по обработке металла:			
на человека	16	(20)	
на электроточило (вытяжка местная искусственная)	16	(250)	
Мастерская по обработке древесины:	14		
на человека		(20)	
местный отсос от клееварки		(350)	
Гимнастический зал на 1 человека	15		(80)
Спальные комнаты	18	1,5	—
Актовый зал на 1 человека:			
I, II климатические районы	16	По притоку	(20)
то же, III, IV	16	То же	(40)
Библиотека-книгохранилище, кабинет директора, заведующего учебной частью, воспитателей, канцелярия	18	1	—
Кабинеты врачей	20	1	1
Раздевальные при гимнастическом зале	20	1,5	—
Душевые	25	5	—
Уборные:			
на 1 унитаз	18	(50)	—
на 1 писсуар	18	(25)	—
Умывальные	22	1	—
Комнаты для чистки одежды и обуви	18	3	—
Вестибюль, гардеробы, кладовые для одежды и обуви	16	1,5	—
Веранда для дневного сна	8	1,5	—
Профессионально-технические училища (СНиП II-Л.5—68)			
Учебные кабинеты и классы (на 1 человека)	16	—	(16)
Кабинеты технического черчения и читальные залы (на 1 человека)	18	—	(16)
Лаборатории без выделения вредностей с точными измерительными приборами (на 1 человека)	20	—	(16)
Лаборатории с выделениями вредностей и учебно-производственные мастерские	16	По расчету	
Помещения административно-служебные и общественных организаций	18	1	—
Библиотека-книгохранилище	18	0,5	—
Гардеробная	16	1	2
Вестибюль	16	—	2
Спортивный зал (на 1 человека)	15	—	(80)
Актовый зал (на 1 место)	16	—	(40)
Душевые	25	5	—
Раздевальная при душевых (по объему душевых)	22	—	5

Продолжение табл. VII.7.

Помещение	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		вытяжка	приток
Кабинет врача	20	1	—
Умывальные в отдельном помещении	22	1	—
Уборные:			
на 1 унитаз	18	(50)	—
на 1 писсуар	18	(25)	—
Высшие учебные заведения (СНиП II-Л.6—67)			
Аудитории до 150 мест, учебные кабинеты, чертежные залы, залы курсового и дипломного проектирования, лаборатории без выделения производственных вредностей (на 1 человека)	18	(20)	
Аудитории на 150 и более мест		По расчету	
Актовые залы (на 1 человека):			
летом		(40)	
зимой	16	(20)	
Лаборатории, препараторские и другие помещения с производственными вредностями	16	По расчету	
Лаборатории с точными измерительными приборами	20	То же	
Моечные при лабораториях (без вытяжных шкафов и местных отсосов)	18	6	4
Книгохранилище	18	0,5	—
Помещения администрации и общественных организаций	18	1	—
Рентгеновский кабинет	20	7	5
Фотолаборатория	18	2	2
Вестибюль	16	—	2
Гардероб в отдельном помещении	16	1	2
Спортивные сооружения (СНиП II-Л.11—70)			
Спортивные залы:		По расчету	
на 1 занимающегося	15		(80)
на 1 зрителя	15		(20)
Залы для крытых бассейнов	26	—	(20)
Залы для подготовительных занятий в бассейнах	18	—	(20)
Вестибюль-грелка катка (на 1 место)	16	—	(20)
Вестибюль бассейнов	20	—	2
Гардеробные верхней одежды в бассейнах (по объему за барьером)	20	2	—
Раздевальные душевых и отдельно расположенных массажных и бань (вытяжка через душевые, приток по балансу с душевыми)	23	2	По балансу
Душевые	25	10	5
Гардеробные домашней одежды с обслуживанием	18	2	—
Массажные	22	3	2
Бани (парильные) (температура обеспечивается технологическим оборудованием):			
русского типа	60—70	1	—
типа сауны	60—120	2	5
Уборные при раздевальных (на 1 унитаз)	23	(100)	—

Продолжение табл. VII.7.

Помещения	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 *ч*	
		вытяжка	приток
Помещения для отдыха занимающихся, учебные классы, методические кабинеты	18	2	2
Помещения для отдыха занимающихся в бассейнах	22	3	3
Комнаты администрации, обслуживающего персонала, инструкторского и тренерско-преподавательского состава, для судей, прессы и охраны общественного порядка	18	1	1,5
Лаборатория анализа воды в бассейнах (скорость в рабочем отверстии шкафа 0,5 *м/с*)	18	По расчету	
Мастерские (в том числе для точки коньков)	15	3	2
Насосно-фильтровальная	16	3	2
Хлораторная	16	12	5
Склады баллонов с хлором (кроме указанной нормы притока, должен быть обеспечен естественный приток в однократном объеме)	10	12	5
Склад реагентов, хозяйственных химикатов и красок	10	2	—
Кладовые и склады:			
с постоянным пребыванием людей	16	2	—
то же, с кратковременным	10	1	—
Помещения хранения и выдачи ботинок с коньками	16	3	—
Клубы (СНиП II-Л. 16—71)			
Зрительный зал, зал-аудитория (наружного воздуха на 1 человека не менее 20 $м^3/ч$)	16	По расчету	
То же, при залах до 200 мест	16	3	3
Фойе, фойе-вестибюль (дополнительно учесть приток воздуха по вытяжке из уборных, курительных, гардеробных, имеющих входы в фойе)	18	—	2
Гримерно-парикмахерская	20	5	3
Артистические уборные	20	3	2
Комнаты рабочих	18	5	3
Костюмерная	16	1,5	—
Комната кружков	18	2	2
Механическая мастерская	16	3	2
Регуляторная освещения сцены и автотрансформаторная (воздухообмен не менее двухкратного)	12	По расчету	
Светопроекционная	16	3	3
Звукоаппаратная (на 1 *квт* мощности аппаратуры)	16	(30)	
Кинопроекционная (местный отсос от кинопроекторов по нормам для кинотеатров)	16	3	3
Склады объемных декораций (бутафории, мебели, электроаппаратуры)	15	1	—
Помещение пожарного поста	16	2	—
Комнаты для работы кружков	18	2	2
Гостиная	18	2	—
Бильярдная	18	5	3
Читальный зал	18	2	3
Книгохранилище с открытым доступом читателей	18	2	—
Помещение для выдачи книг на дом	18	1	—

Продолжение табл. VII.7.

Помещения	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		вытяжка	приток
Курительные	16	10	—
Уборные (на каждый унитаз или писсуар)	18	(100)	—
Гардеробные	16	2	—
Аккумуляторные:			
кислотные	15	10	8
щелочные	15	3	—
Театры (СНиП II-Л.20—69)			
Зрительный комплекс:			
зал (до спектакля, без зрителей)	16	—	—
то же, во время спектакля	19—21	По расчету	
Кассовые кабины (на 1 работника)	18	—	(20)
Распределительный вестибюль	16	—	2
Гардеробная (по объему за барьером)	16	2	—
Фойе, кулуары	18	По расчету	
Буфет с подсобными помещениями	18	5	—
Курительная	16	10	—
Уборные (на 1 унитаз или писсуар)	16	(100)	—
Трюм (вентиляция периодическая)	20	5	—
Помещения дирижера, для занятий и настройки инструментов, библиотека нот	18	1,5	—
Помещение отдыха музыкантов	18	5	3
Помещения аппаратных звукофикации, звукозаписи, технологической связи, радиовещания, кабины дикторов, переводчиков (на 1 работающего)	16	—	(100)
Помещения светопроекционных, оборудованных проекторами с дуговыми лампами:			
на 1 проектор	16	(700)	
на 1 работающего	16	(30)	
То же, с лампами (на 1 работающего)	16	(30)	
Помещения регуляторов освещения сцены и зала (дроссельная)	12	По расчету	
Помещение щелочной аккумуляторной и хранения электролита	15	3	—
То же, кислотной	15	10	8
Кладовые:			
машиниста сцены, сценической электроаппаратуры, дежурных складов и складов бутафории текущего сезона, мебели, реквизита, объемных декораций, гардероба текущего сезона	15	1	—
Помещения рабочих сцены, билетеров, гардеробщиков, уборщиц	18	5	3
Артистические уборные	20	3	2
Дежурные костюмерные	16	1	—
Дежурные гримерно-парикмахерские	16	5	3
Репетиционные залы	16	3	3
Помещения для занятий артистов	18	2	2
Курительные (на 1 $м^2$ пола)	16	(30)	—
Буфет с подсобными помещениями	18	3	—
Санитарные узлы:			
на 1 унитаз или писсуар	16	(50)	—

Продолжение табл. VII.7

Помещения	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		вытяжка	приток
на 1 кабину душа	25	(25)	—
Кабинет врача и ингаляционная	20	2	2
Вестибюль с гардеробной	16	—	2
Пожарный пост и насосная	16	2	—
Подсобно-производственные помещения:			
Живописно-декорационная мастерская	18	3	2
Макетная художника, декоратора, кладовая красок и для трафаретных работ	18	2	2
Бутафорская и столярная мастерские	16	3	3
Пошивочная и обувная мастерские	18	3	3
Слесарно-механическая и ремонтно-поделочная мастерские	16	1,5	1,5
Склады костюмов, бутафории, мебели	16	1	—
Все прочие помещения для обслуживания сцены и административно-хозяйственные помещения	18	1,5	—
Кинотеатры (СНиП II-Л. 15—68)			
Зрительный зал до 300 мест (наружного воздуха на 1 зрителя) *	16—18	—	(20)
То же, более 300 мест (наружного воздуха на 1 зрителя) **	16—18	—	(20)
Распределительные кулуары и фойе	14	—	2
Кассовый вестибюль	12	—	2
Кассовые кабины (приток на 1 человека)	18	3	(30)
Проекционная	16	3	3
Дополнительная вытяжка из кинопроекторов дуговых:			
угол 8°, сила тока 60 *а*	16	(400)	—
» 9 » » 90	16	(700)	—
» 10 » » 90	16	(700)	—
» 11 » » 120	16	(1000)	—
» 12 » » 180	16	(1700)	—
Дополнительная вытяжка из аппаратуры с ксеоновыми лампами, мощностью, *квт*:			
0,5—1	16	(300)	—
2—3	16	(600)	—
5	16	(800)	—
Шкаф оконечных усилителей	16	(500)	—
Перемоточная	12	2	2
Электросиловая	18	2	—
Аккумуляторная кислотная	15	10	8
То же, щелочная	15	3	—
Склад кислот и щелочей	15	3	—
Мастерские: киномеханика, плакатная, столярная	18	2	—
Санитарные узлы (на унитаз или писсуар)	15	(100)	—
Контора, кабинет директора, администратора, комнаты персонала	18	1	1
Курительная и совмещенные санузлы	14	10	—
Буфет в отдельном помещении	16	3	3
Доготовочная буфета	16	4	2
Моечная буфета	18	6	3
Кладовая буфета или уборочного инвентаря	12	1	—

* Расчет ведется по табл. VII.5. параметры А. Перегрев летом не более 3° С.
** Расчет ведется по табл. VII.5, параметры Б. Перегрев летом не более 26° С.

Помещения	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		вытяжка	приток
Тарная	5	1	—
Бани (СНиП II-Л.13—62*)			
Вестибюли с гардеробными и кассами	18	—	2
Ожидальные-остывочные	18	1	2
Раздевальные	25	2	2,5
Мыльные	30	9	8
Душевые в банях комбинированного типа	25	9	8
Тамбуры между мыльной и раздевальной	25	—	10
Парильные	40	1	—
Ванные кабины	25	7	6
Душевые	25	11	10
Парикмахерские	18	1,5	—
Мастерские бытового обслуживания	16	1	1
Помещения запасных баков для воды	5	0,5	—
Кладовые	15	1	—
Уборные (на каждый унитаз)	20	(50)	—
Административные помещения и комнаты обслуживающего персонала	18	1	1
Дезинфекционные камеры:			
чистая половина	15	2	6
грязная половина	15	6	2
Помещение топок печей-каменков	15	3	3
Прачечные (СНиП II-Л.14—62)			
Цех приема белья:			
прием с меткой, учетом и сортировкой белья	15	4,5	3,5
дополнительно аварийная вентиляция	—	13,5	10,5
хранение белья	15	3	2
Ожидальная цеха приема белья	15	6	7
Стиральный цех:			
стирка, полоскание и отжим (вентиляция по расчету, но не менее)	15	13	10
хранение стиральных материалов	15	1	1
приготовление растворов стиральных материалов	15	3	2
централизованный реверс	10	1	1
лаборатория	18	6	4
Стирально-гладильный цех (вентиляция по расчету, но не менее)	15	6	4
Цех разборки, починки и упаковки белья	15	1	1
Цех выдачи белья:			
хранение белья	15	1	1
выдача белья	15	1	1
ожидальная	15	—	2
Помещение запасных уравнительных баков	5	0,5	—
Магазины (СНиП II-Л.7—70)			
Торговые залы площадью 150 $м^2$ и менее в магазинах:			
продовольственных	12	1,5	—
непродовольственных	15	1,5	—
Торговые залы площадью более 150 $м^2$:			
продовольственных	12	По расчету	

Продолжение табл. VII.7

Помещения	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 *ч*	
		вытяжка	приток
непродовольственных	15	То же	
демонстрация новых товаров	18	«	
Разгрузочные помещения (только вытяжка)	10	По расчету	
Помещения приемки и подготовки товаров к продаже	16	1	2
Гладильные	16	По расчету	
Разрубочные	10	4	3
Помещения для хранения инвентаря, упаковочных материалов и бельевые	16	1	—
Помещения хранения тары	10	1	—
Кладовые:			
бакалейных и хлебных товаров	10	0,5	—
гастрономических товаров и табачных изделий	10	1	—
рыбных товаров, овощей	8	1	—
обуви, парфюмерных товаров	12	2	—
москательных и хозяйственных товаров	10	2	—
прочих товаров	12	0,5	—
Машинные отделения холодильных камер, с охлаждением агрегатов:			
воздушных	—	По расчету	
водяных	—	3	—
Холодильники (СНиП II-П.105—74)			
Машинные и аппаратные аммиачных установок:			
аммиака в системе до 300 *кг*	—	3	—
то же, более 300 *кг*	—	3	2
Аварийная вентиляция	—	7	—
Предприятия общественного питания (СНиП II-Л.8—71)			
Зал, раздаточная, буфет	16	По расчету	
Вестибюль, аванзал	16	—	2
Помещение для отдыха посетителей и игр	18	2	2
Кабинет врача	20	1	—
Помещение для продажи полуфабрикатов, кулинарных изделий (и обедов), бельевая, помещение для отделки кондитерских изделий	16	2	2
Горячий цех, помещение для выпечки кондитерских изделий	5	По расчету	
Цехи: доготовочный, холодный, мясной, рыбный, обработки зелени, овощей, птицегольевой, фреоновый холодильной установки	16	4	3
Помещение подготовки яиц	16	5	3
Помещение мучных изделий и приготовления пельменей	16	2	1
Моечные столовой и кухонной посуды, судков, тары (воздухообмен по расчету, но не менее)	20	6	4
Помещение резки хлеба, подготовки мороженного, сервизная, хранение музыкальных инструментов	16	1	1
Помещение заведующего производством	18	—	2
Кабинет директора, контора, главная касса, помещение официантов, персонала, совета кафе, кладовщика	18	1	1

Продолжение табл. VII.7

Помещения	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		вытяжка	приток
Кладовая сухих продуктов	12	2	—
Кладовая инвентаря	12	2	2
Кладовые овощей, солений, квашений, тары	5	2	—
Кладовая винно-водочных изделий и помещение для хранения пива	12	1	—
Экспедиция, загрузочная	16	—	3
Охлаждаемые камеры для хранения:			
фруктов, ягод, овощей, напитков	4	0,17	0,17
пищевых отходов	2	10	—
Предприятия бытового обслуживания (СНиП II-Л. 21—71)			
Изготовление и ремонт одежды, головных уборов и трикотажных изделий	18	По расчету	
Изготовление и ремонт гофре и плиссе, скорняжные работы	18	2	2
Ремонт обуви и кожаной галантереи	18	3	2
Химическая чистка одежды:			
срочная и с самообслуживанием	16	По расчету	
лаборатория	18	3	2
срочное выведение пятен	16	10	8
стирка белья срочная и с самообслуживанием	18	По расчету	
Ремонт металлоизделий, бытовых электроприборов, часов, фотокиноаппаратов, оптики, музыкальных инструментов, переплетные работы	18	3	2
	18	3	2
Ремонт телевизоров и радиоаппаратуры	18	5	4
Зал фотосъемок	18	2	—
Обработка черно-белых фотоматериалов	18	3	2
То же, цветных	18	10	8
Ремонт изделий из пластмасс, ювелирные и граверные работы, прокат предметов	18	2	1
Парикмахерские:			
до 5 рабочих мест	18	2	1
более 5 рабочих мест	18	3	2
помещение сушки волос	18	По расчету	
Студия звукозаписи (зал звукозаписи, аппаратная и кабинет перезаписи)	18	2	2
Машинописное бюро	18	3	3
Помещение для посетителей (приток по балансу)	18	—	Баланс
Складские помещения	15	0,5	—
Помещения обезжиривающих машин	16	15	4
Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий (СНиП II-М.3—68)			
Вестибюли	16	—	2
Гардеробные уличной и рабочей одежды	18	1	—
Гардеробные душевых	23	—	5
Душевые (на душевую сетку)	25	(75)	—
Умывальные	16	1	—
Уборные:			
на 1 унитаз	14	(50)	—

Продолжение табл. VII.7

Помещения	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		вытяжка	приток
на 1 писсуар	14	(25)	—
Курительные	14	10	—
Помещение личной гигиены женщин	23	2	2
Помещение кормления грудных детей	23	2	—
Помещение для отдыха (не менеее 30 $м^3/ч$ на человека)	20	4	5
То же, с охлаждающими устройствами (не менее 40 $м^3/ч$ на человека)	20	6	7
Помещение для обогревания работающих	22—24	5	5
Помещение для сушки, обеспыливания или химической чистки рабочей одежды	16—18	По расчету	
Помещение ремонта рабочей одежды	20	1	—
Помещение ремонта обуви	20	3	—
Фотарии	25	По расчету	
Помещения управлений и общественных организаций	18	1,5	—
Конструкторские бюро, библиотеки	20	2	—
Залы совещаний или собраний:			
вместимостью до 100 человек	16	3	3
то же, более 100 челевек (на 1 человека)	16		(40)
Архивы	18	1	—
Светокопировальные мастерские	16	3	2
Радиоузлы и телефонные станции	18	3	3

Таблица VII.8. **Воздухообмен на 1 чел. по CO_2, $м^3/ч$**

Тип помещений	Большие города	Малые города	Населенная местность
Жилые комнаты (постоянное пребывание)	46,0	38,3	34,4
Учреждения (временное пребывание)	30,6	27,0	25,0
Театры клубы и др. (кратковременное пребывание)	15,4	14,4	13,8
Больницы	115,0	76,6	62,0
Детские комнаты	60,0	40,0	32,0
Кратности для жилых комнат при кубатуре помещений на 1 чел. 35,1 $м^3$ (13 $м^2 \times 2{,}7$ $м$)	1,31	1,08	0,98

не менее 40 $м^3/ч$. В данном случае имеются в виду производственные помещения без выделения вредностей, что соответствует условиям, например, в учреждениях и пр. (СНиП II-Г.7—62).

Для кинотеатров устанавливают воздухообмен на 1 зрителя: зимой — 20, летом — 40 $м^3/ч$. Зимняя условная норма 20 $м^3/ч$ на 1 чел. широко применяется многими ведомствами и проектными институтами при расчете систем кондиционирования и вентиляции, хотя она не вполне соответствует гигиеническим требованиям (см. табл. VII.8, пример VII.1).

Нормы для спортивных сооружений (см. табл. VII.7) устанавливают воздухообмен 80 $м^3/ч$ на 1 физкультурника и 20 $м^3/ч$ на 1 зрителя.

В системах кондиционирования воздуха санитарную норму наружного воздуха на 1 чел. принимают 25 $м^3/ч$.

Нормы вытяжки воздуха, $м^3/ч$

В общественных уборных на 1 очко или унитаз в зданиях театров, кинотеатров, клубов	100
То же, в прочих зданиях	50
На писсуар	25
На желобчатый писсуар	40
В квартирах:	
индивидуальная ванна	25
» уборная	25
объединенный санузел	50
двухконфорочные газовые плиты	60
то же, трехконфорочные	75
то же, четырехконфорочные	90
Кинопроекторы с дуговыми лампами и обычным экраном (на проектор)	700
То же, широким	1400
Колпак над газовой плитой (по опытным данным)	150—200
Моечные машины столовых ПМК-1	500
Пищеварочные котлы	500

Допустимая относительная влажность возхуха в помещениях, проц.

Ванные комнаты лечебных учреждений, душевые, раздевальные, смежные с душевыми	70—75
Стиральный цех прачечной	70
Сушильно-гладильное помещение	60
Моечные и неохлаждаемые кладовые магазинов, кафе и пр.	60—70
Охлаждаемые камеры магазинов	80—90
Помещения с постоянным пребыванием людей	40—60
Кинотеатры	50—60

Расчетное количество людей в торговых залах магазинов принимают по норме площади пола на 1 чел., равной 2,50 $м^2$. Количество тепло- и влаговыделений принимают: на 1 покупателя $Q_я = 75$ *ккал/ч*, на 1 работающего $Q_я = 100$ *ккал/ч* (остальные данные — по табл. VII.2 и соответствующему значению $Q_я$). Температура воздуха в рабочей зоне магазинов для проектирования вентиляции не должна быть более 5° выше наружной и расчетной внутренней — зимой. Температура приточного воздуха должна быть не ниже +12° (СНиП II-Л.7—70).

Вентиляцию учебных помещений и учительских рассчитывают на ассимиляцию избыточных тепловыделений, влаговыделений и углекислоты, обеспечивая температуру 16—22°, относительную влажность 30—60% и содержание CO_2 до 1 $л/м^3$.

При расчетах воздухообменов торговых залов столовых, кафе и ресторанов выделения на 1 посетителя или работника принимают $Q_я = 100$ *ккал/ч* (включая тепловыделения пищи), а влаговыделения — по соответствующей графе табл. VII.2. Тепло-, и влаговыделения установленного в помещении оборудования принимают по табл. VII.4 с коэффициентом одновременности работы оборудования: для столовых и кафе — 0,8; для ресторанов — 0,7. При перетекании приточного воздуха из зала в кухню через раздаточные и вентиляционные проемы скорости воздуха допускаются не более 1 *м/с*. Раздаточные проемы рекомендуется делать во всю ширину помещения. Дополнительные вентиляционные проемы делают на высоте более 2 *м*.

Температуру воздуха в кольцевых отсосах или завесах кухонь принимают 42°. Температурный градиент в горячих цехах с наличием завес или кольцевых воздуховодов принимают $t_{гр} = 1{,}5°$; при отсутствии завес и кольцевых воздуховодов $t_{гр} = 2°$. Отсос из завес в моечных отделениях должен обеспечить скорость в сечении завесы от 0,15 до 0,2 *м/с*. В баланс притока отсос моечного отделения включается в объеме 30%, учитывая периодичность работы моек. Независимо от наличия местных отсосов в моечных и кухнях, рекомендуется вытяжка из верхней зоны не менее однократного обмена.

В помещениях, в которые летом приточный воздух подается без обработки, а в холодный период года поступление наружного неподогретого воздуха недопустимо,

необходимый воздухообмен проверяется по переходному периоду года, при температуре наружного воздуха +10° и относительной влажности 70%.

При определении температуры приточного воздуха необходимо учитывать его нагревание в вентиляторе на 1 ÷ 2°, в воздуховодах — по расчету.

При определении воздухообмена для систем кондиционирования воздуха в залах клубов, театров и других зданий основой расчетов являются тепловой баланс помещений и влаговыделения в помещении. При составлении тепловых балансов солнечная радиация учитывается для температур наружного воздуха +10° и выше. Тепло-, влаговыделения на 1 зрителя принимаются по табл. VII.2.

В зрительных залах театров учитываются тепловыделения от прожекторов и не учитываются от ламп освещения. В фойе и кулуарах тепловыделения принимаются в зависимости от мощности и расположения ламп: выше 4 *м* от пола — 25%, ниже 4 *м* от пола — 50%.

В системах кондиционирования воздуха объем рециркуляции определяется разницей между расчетным количеством воздуха по летнему режиму и санитарной нормой наружного воздуха 20—30 *м*³/*ч* на 1 чел. или количеством удаляемого воздуха местными отсосами, если это количество воздуха больше санитарной нормы В помещениях без фонарей и окон количество наружного воздуха должно быть, кроме того, не менее 10% всего количества подаваемого воздуха.

Для систем кондиционирования одноканальных, низкого давления, в общественных зданиях скорость воздуха в воздуховодах принимается не более 4—5 *м/с* при отсутствии звукофильтра в воздуховыпускающем устройстве и расположении воздуховодов в кондиционируемом помещении. В металлических воздуховодах с изоляцией скорость воздуха может быть доведена до 6—8 *м/с*. Скорость воздуха в каналах и решетках систем естественной вентиляции определяется расчетом в зависимости от располагаемого давления. При ориентировочной оценке значений скорости в системах естественной вытяжной вентиляции для каналов и решеток верхних этажей принимаются меньшие значения скорости, а для нижних — большие (табл. VII.9).

Таблица VII.9. **Рекомендуемые скорости воздуха в воздуховодах и решетках**, *м/с*

Тип и место установки воздуховода и решеток	Вентиляция	
	естественная	искусственная
Воздухоприемные жалюзи	0,5—1,0	2,0—4,0
Каналы приточных шахт	1,0—2,0	2,0—6,0
Горизонтальные сборные каналы	0,5—1,0	5,0—8,0
Вертикальные каналы	0,5—1,0	2,0—5,0
Приточные решетки у пола	0,2—0,5	0,2—0,5
То же, у потолка	0,5—1,0	1,0—3,0
Вытяжные решетки	0,5—1,0	1,5—3,0
Вытяжные шахты	1,0—1,5	3,0—6,0

Более точно ориентировочная скорость воздуха в вертикальных кирпичных каналах определяется по номограммам листов VII.5 и VII.6.

Скорость воздуха в решетках и соответствующих им каналах рекомендуется принимать одинаковой. Учитывая, что стандартные решетки для помещений имеют живое сечение 55—60%, площадь решетки следует выбирать всегда в два раза больше площади канала или на основании расчета.

Подбор стандартных комнатных решеток, имеющих регулировочные жалюзи, производится по расходу и скорости воздуха.

В расчетах систем вентиляции и кондиционирования воздуха расчетную температуру и теплосодержание наружного воздуха принимают по табл. VII.5.

для естественной и механической общеобменной вентиляции, предназначенной для борьбы с избытками тепла, влаги или газовыми вредностями, характеризуемыми предельно допустимыми концентрациями более 100 *мг*/*м*³, в том числе вентиляции с испарительным охлаждением воздуха путем распыления воды внутри помещений или в оросительных камерах — по параметрам *А*;

для общеобменной вентиляции, предназначенной для борьбы с газовыми вредностями, характеризуемыми предельно допустимыми концентрациями 100 *мг*/*м*³ и менее, или для компенсации воздуха, удаляемого местными отсосами и технологиче-

ким оборудованием (топками, пневмотранспортом, сушилками и др.), в том числе вентиляции с испарительным охлаждением воздуха путем распыления воды внутри помещений или в оросительных камерах — по параметрам Б для холодного периода и по параметрам А для лета;

для систем кондиционирования воздуха, как правило,— по параметрам Б;

для систем воздушного отопления, воздушных и воздушно-тепловых завес — по параметрам Б.

Параметры В применяются в системах кондиционирования воздуха только при обоснованных технологических требованиях.

Внутренние расчетные температуры для зимнего периода приведены в табл. VII.7; для помещений, не приведенных в табл. VII.7, температура принимается по аналогии назначения помещения либо намечается по табл. VII.6. Летние значения температур в помещениях принимаются по табл. VII.6.

Комфортным условиям в помещениях соответствуют оптимальные параметры воздуха по табл. VII.6. Эти параметры принимаются для расчета систем кондиционирования воздуха, если кондиции не заданы специальными требованиями технологических процессов или другими соображениями. Такие кондиции для некоторых помещений приведены в табл. VII.10.

Таблица VII.10. **Оптимальные параметры воздуха для некоторых производственных помещений**

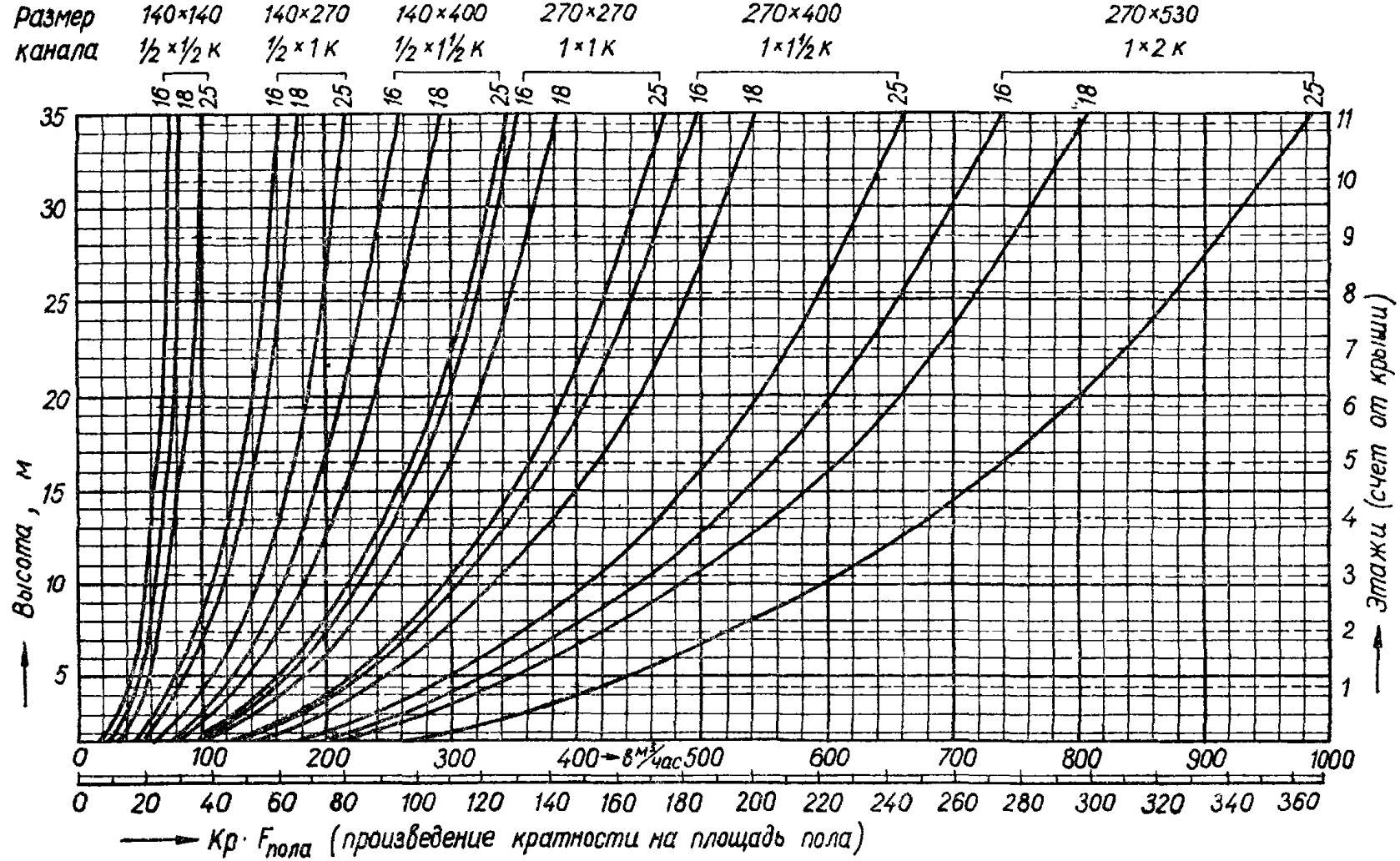
Помещения	Температура, *град*	Относительная влажность, проц.
Архивы	14—17	57—63
Библиотеки, хранилища книг	18—21	38—50
Деревообделочные цехи:		
машинно-станочное отделение	15—16	40—55
сборочное стделение	18	55—65
скорлупное	18	40—55
столярно-заготовительное отделение	15—16	55—65
модельные	18—20	40—55
Лаборатории металлов	20	40
Помещения точных приборов	20	40
Плазовые цехи	18—20	50—60
Склады химикатов	15,5—26,5	35—50
Фотопомещения:		
проявочные	20—24	60
резки пленки	18—20	65
сушки негативов и позитивов	22—24	60
хранения кинофотоматериалов	18—20	40—50

Допускаемые параметры воздуха по табл. VII.6 принимаются для расчета систем вентиляции. В случае, когда расчетная температура наружного воздуха летом для параметров А превышает 25°, допускаемые температуры воздуха в помещениях по табл. VII.6 повышают при сохранении значений относительной влажности воздуха:

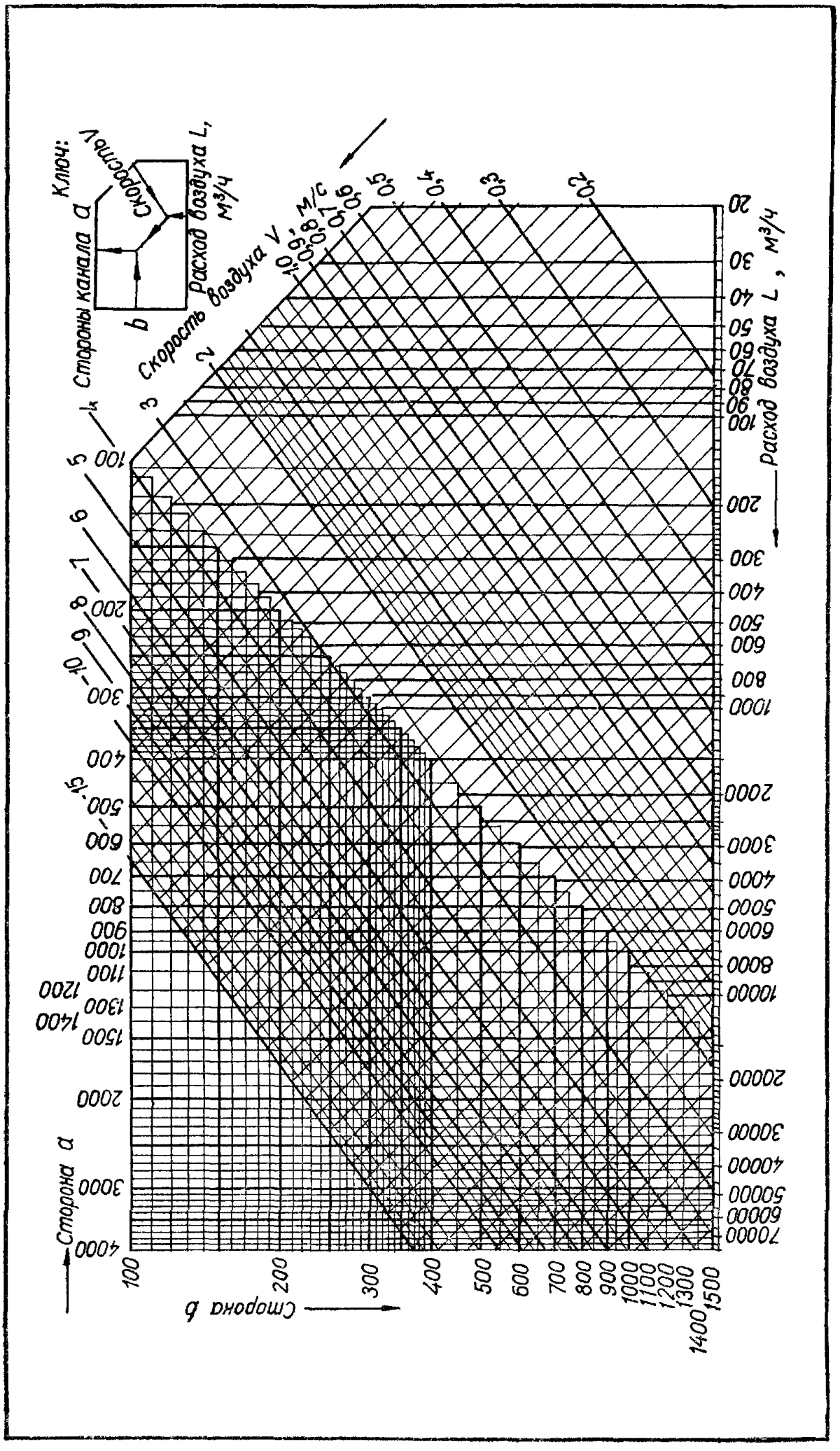
в местностях с расчетной температурой летом от 25 до 28° — на 3°, но не выше 31° в помещениях с незначительными избытками явного тепла; на 5°, но не выше 33° в помещениях со значительными избытками явного тепла и на 2°, но не выше 30° в помещениях, в которых по условиям требуется искусственное поддержание относительной влажности 55% и выше;

в местностях с расчетной температурой летом выше 28° на 5°, но не выше 33° в помещениях с незначительными избытками явного тепла; на 7°, но не выше 35° в помещениях со значительными избытками явного тепла; на 4°, но не выше 32° в помещениях, в которых по условиям требуется искусственное поддержание относительной влажности 55% и выше.

Температуру приточного воздуха для помещений без теплоизбытков принимают не ниже внутренней расчетной температуры. В помещениях с избытками тепла температуру приточного воздуха принимают в зависимости от назначения помещения, способа и зоны подачи воздуха. В системах кондиционирования воздуха круглого-



Лист V11.5. Номограмма для определения скорости воздуха или размеров вертикальных каналов в кирпичных стенах при естественной вентиляции.



Лист VII.6. Номограмма для определения расходов воздуха и размеров прямоугольных каналов.

дично, а в системах вентиляции в холодные периоды года температура приточного воздуха принимается ниже внутренней температуры помещения:

на 2° при подаче в рабочую зону;

на 4—6° при подаче на высоте 2,5 *м* и выше от уровня пола;

на 6—8° при подаче на высоте более 4 *м* от уровня пола;

на 8—15° при подаче через плафоны эжекционного типа.

Расположение, размер и конструкция приточных устройств (плафонов, решеток, анемостатов и др.) являются решающими при оценке принятого в расчетах перепада температур между приточным и внутренним воздухом помещения, а также для обеспечения допустимых скоростей воздуха (табл. VII.6) в рабочей зоне и отсутствия застойных зон воздуха в помещении. В системах вентиляции и кондиционирования воздуха это проверяется специальным расчетом.

Расчет воздуховодов*

Для систем естественной вентиляции необходимо сбалансировать сопротивление системы с располагаемым гравитационным давлением.

Сопротивление системы воздуховодов $H_с$ по стандартному воздуху:

$$H_с = \Sigma (Rl + z), \qquad \text{(VII.4)}$$

где l — длина воздуховодов, *м*;

R — потери давления на 1 *м* длины круглого воздуховода, принимаемая по номограммам листов VII.7—VII.10 или по табл. VII.11;

z — местное сопротивление, *кгс/м²*.

Для надежности сопротивление системы должно быть несколько меньше располагаемого гравитационного давления

$$H_с = 0{,}9p_{гр}. \qquad \text{(VII.5)}$$

Располагаемое гравитационное давление $p_{гр}$ определяют по формуле

$$p_{гр} = h(\nu_н - \nu_в). \qquad \text{(VII.6)}$$

Здесь $\nu_н$ — плотность воздуха, принимаемая по нормам при температуре 5° равным 1,27 *кг/м³*;

$\nu_в$ — плотность воздуха при температуре для вытяжных систем и при температуре подогретого воздуха для приточных систем, *кг/м³*, принимаемая по табл. VII.1;

h — высота от оси решетки до плоскости выпускного отверстия шахты над крышей или до оси дефлектора на шахте, *м*.

Для приточно-вытяжных систем принимается высота H (лист. VII.2), создающая гравитационное давление, преодолевающее сопротивление систем притока и вытяжки или соответствующее $h_в + h_п$, если расчет ведется раздельно для вытяжки и притока. По номограммам или таблицам, зная расход воздуха и задавшись скоростью в воздуховоде, определяют неизвестные величины: R, диаметр и динамическое давление $H_д$.

Скорость (см. стр.56) принимают или сначала назначают размеры каналов по номограмме листа VII.7, а затем уточняют скорость, пользуясь зависимостью

$$v = \frac{L}{3600F}, \qquad \text{(VII.7)}$$

где L — часовой расход воздуха, *м³/ч*;

F — площадь сечения канала, *м²*;

Вместо уравнения VII.7 можно пользоваться номограммой листа VII.6.

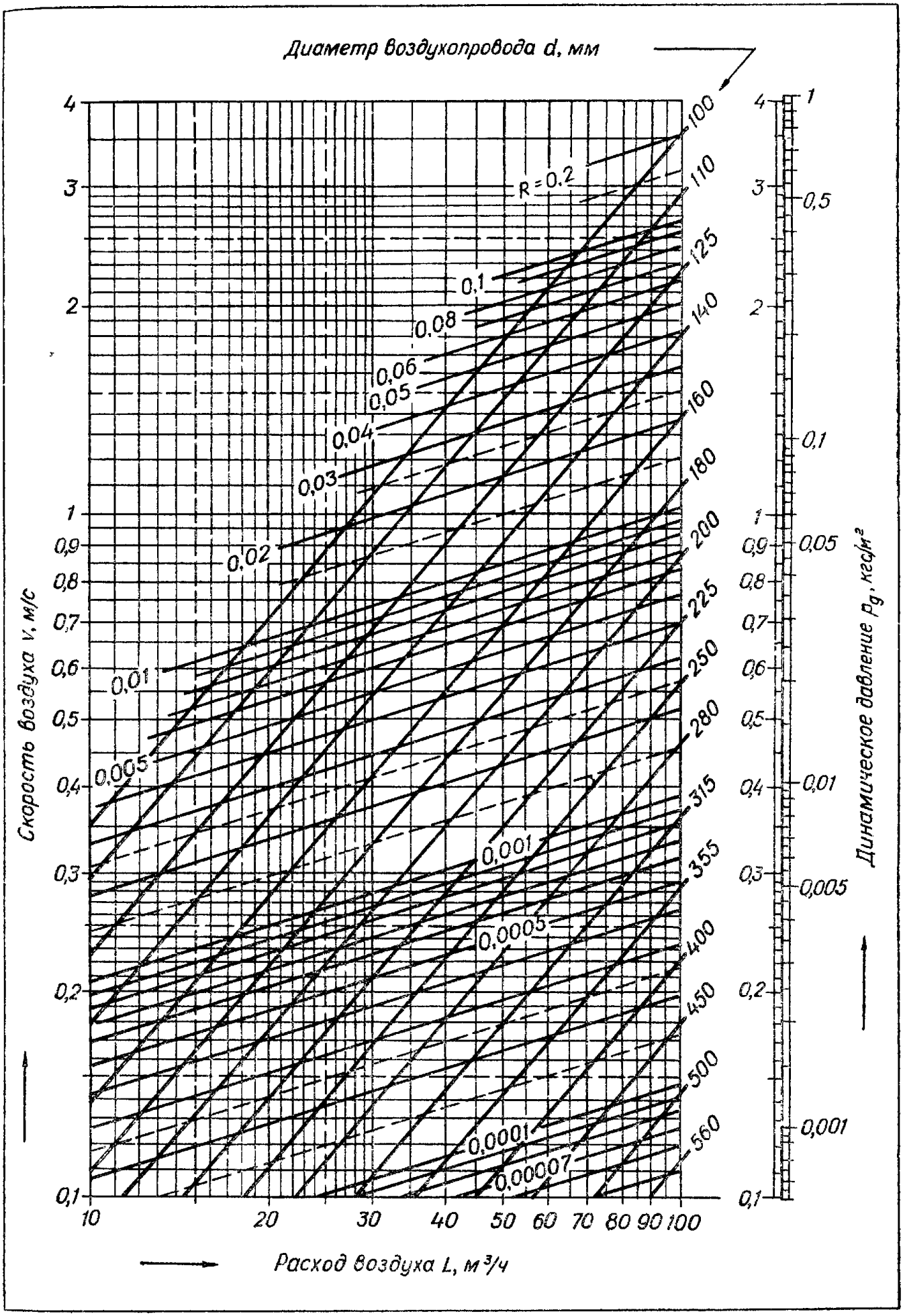
Потеря давления в местных сопротивлениях z (*кгс/м²*) равна

$$z = \Sigma\zeta H_д, \qquad \text{(VII.8)}$$

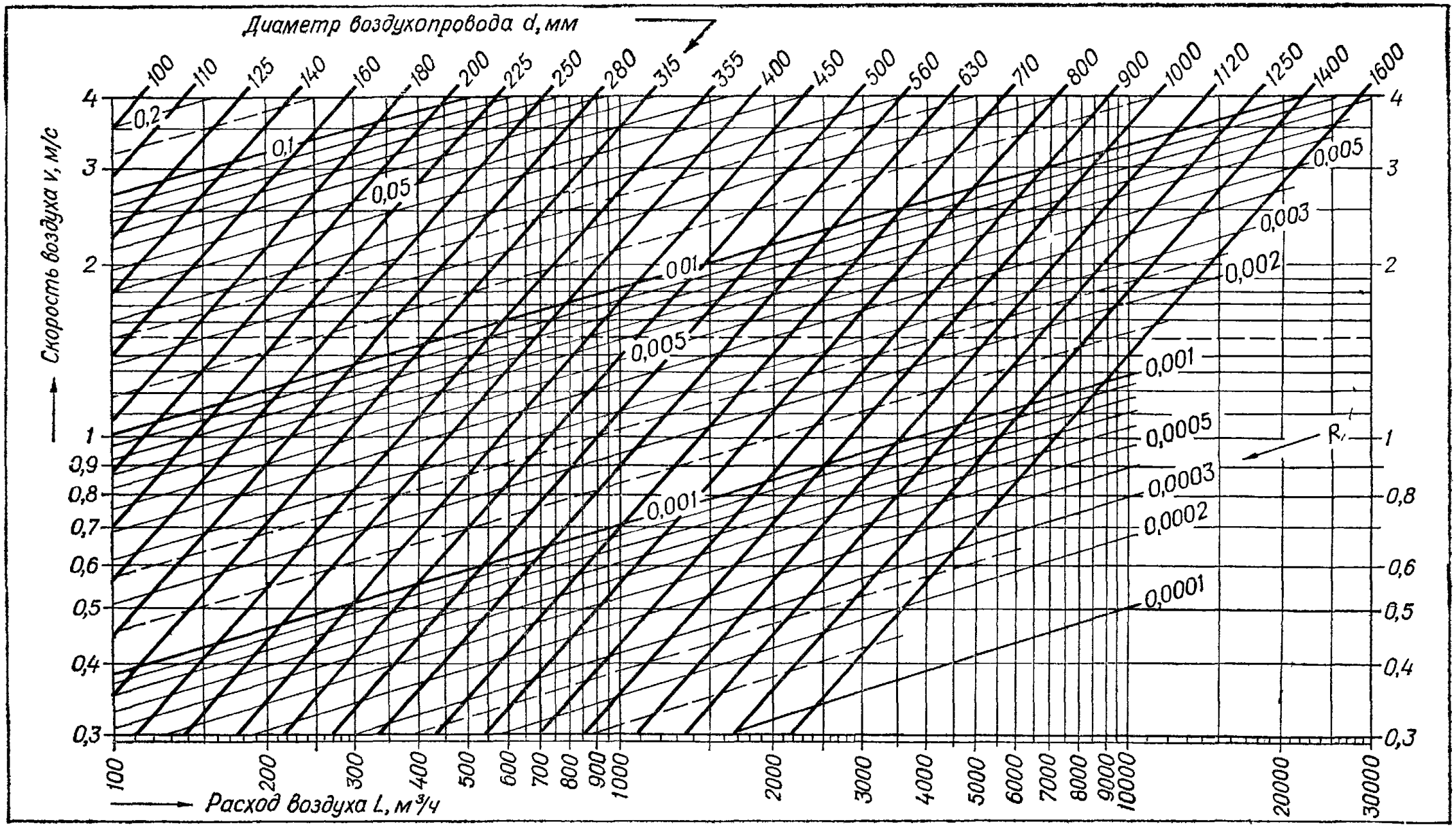
где $\Sigma\zeta$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений, принимаемая по табл. VII.13.

---

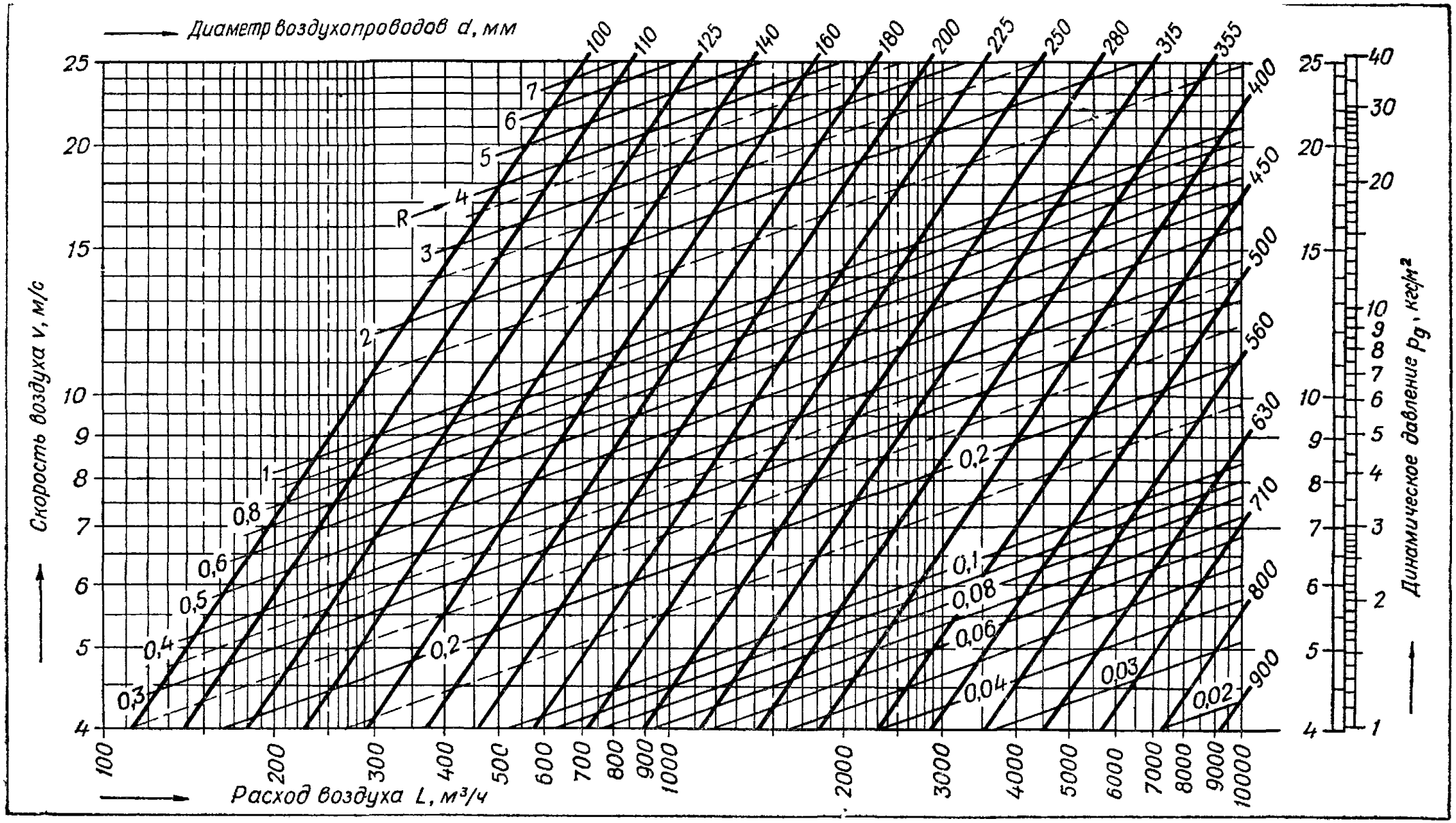
* Технико-экономический расчет воздухопроводов изложен в монографии Б. Н. Лобаева «Расчет воздухопроводов» (К., Госстройиздат УССР, 1969). Программы для технико-экономического расчета воздуховодов на электронных вычислительных машинах приведены в разделе X.



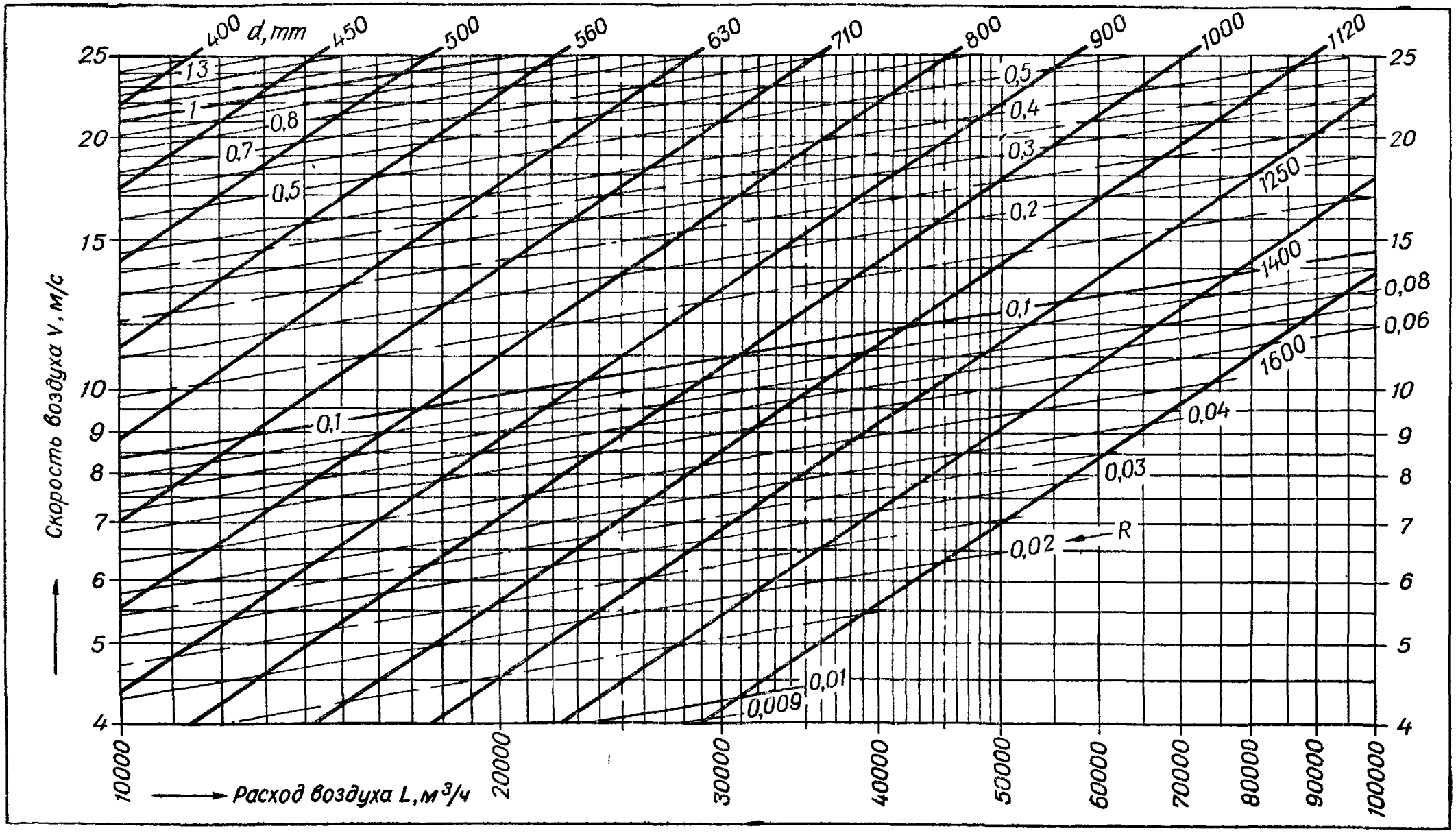
Лист VII.7. Номограмма для расчета круглых стальных воздухопроводов при расходах воздуха до 100 $м^3/ч$ (при $K = 0{,}1$; $\gamma = 1{,}2$ $кг/м^3$).



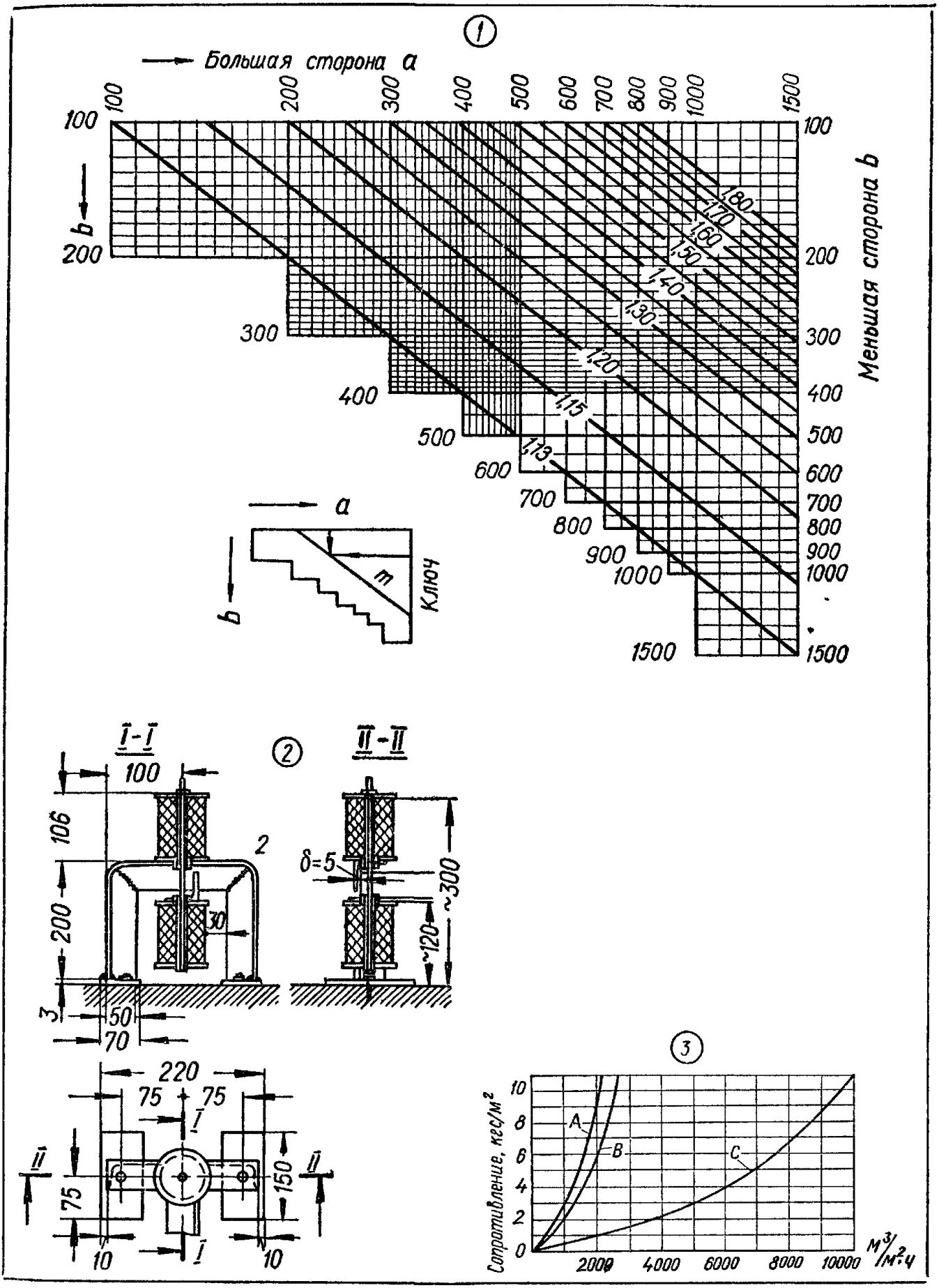
Лист VII.8. Номограмма для расчета круглых стальных воздухопроводов при расходах воздуха от 100 до 10 000 *м³/ч* и скорости воздуха от 03 до 4 *м/с* (при $K = 0{,}1$, $\gamma = 1{,}2$ *кг/м³*).



Лист VII.9. Номограмма для расчета круглых стальных воздухопроводов при расходах воздуха от 100 до 10 000 *м³/ч* и скорости воздуха от 4 до 25 *м/с* (при $K = 0{,}1$; $\gamma = 1{,}2$ *кг/м³*).



Лист VII.10. Номограмма для расчета круглых стальных воздухопроводов при расходах воздуха от 10 000 до 100 000 *м³/ч* и скорости воздуха от 4 до 25 *м/с* (при $K = 0{,}1$, $\gamma = 1{,}2$ *кг/м³*).



Лист VII.11. Установка резиновых виброизоляторов, номограммы для определения поправочного коэффициента *m* и сопротивления фильтров:

1 — коэффициент *m* для прямоугольных воздухопроводов, *2* — виброизолятор резиновый типа ВИР 1; *3* — сопротивление ячейковых фильтров конструкции Е В Рекка (*А* — для сетчатого большой модели; *В* — то же, для малой модели, *С* — то же, из винипластовой гофрированной сетки).

Таблица VII.11. Данные для расчета круглых воздухопроводов для воздуха абсолютной шероховатости воздухопровода $K = 0{,}1$ *мм* (расход воздуха, $м^3/ч$ —

Площадь, $м^2$	Диаметр, *мм*	Динамическое давле									
		0,0152	0,0219	0,0298	0,0391	0,04949	0,0611	0,0739	0,0879	0,1032	0,1197
		Скорость воз									
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
0,00785	100	14,1	16,9	19,7	22,5	25,3	28,3	31,1	33,9	36,8	39,6
		0,00612	0,009	0,011	0,015	0,018	0,0214	0,025	0,029	0,034	0,038
0,0094	110	16,9	20,2	23,6	27,0	30,4	33,8	37,1	40,5	43,9	47,3
		0,0058	0,0080	0,010	0,013	0,016	0,019	0,022	0,026	0,030	0,034
0,0122	125	21,9	26,3	30,7	35,1	39,5	43,9	48,3	52,6	57,0	61,4
		0,005	0,0065	0,0087	0,011	0,014	0,016	0,019	0,022	0,025	0,028
0,0153	140	27,5	33,0	38,5	44,0	49,5	55,1	60,6	66,1	71,6	77,1
		0,0042	0,0057	0,0075	0,0085	0,012	0,014	0,017	0,019	0,022	0,024
0,0200	160	36,0	43,2	50,4	57,6	64,8	72	79,2	86,4	93,6	101
		0,0037	0,0049	0,0061	0,0080	0,010	0,012	0,014	0,016	0,018	0,021
0,0254	180	45,7	54,8	63,9	73,0	82,1	91,4	101	110	119	128
		0,0030	0,0041	0,0053	0,0068	0,0085	0,010	0,012	0,015	0,017	0,019
0,0314	200	56,5	67,8	79,1	90,4	101,7	113	124	135	147	158
		0,00268	0,0036	0,0047	0,0058	0,0073	0,00917	0,011	0,012	0,015	0,016
0,0397	225	71,5	85,8	100	114	128	143	157	171	186	200
		0,0023	0,0030	0,0040	0,0052	0,0062	0,0078	0,009	0,011	0,013	0,014
0,0490	250	88,2	105	123	141	158	176	193	211	229	246
		0,0020	0,0026	0,0036	0,0045	0,0055	0,007	0,008	0,009	0,011	0,012
0,0615	280	110,7	132	154	176	198	221	243	265	287	309
		0,0017	0,0023	0,0031	0,0039	0,0048	0,0058	0,0070	0,0081	0,0095	0,011
0,0778	315	140	168	196	224	252	280	308	336	364	392
		0,0015	0,0020	0,0026	0,0033	0,0041	0,0051	0,0060	0,0071	0,0081	0,0091
0,0989	355	178	213	249	285	320	356	391	427	463	498
		0,0013	0,0017	0,0023	0,0029	0,0035	0,0043	0,0051	0,0059	0,0071	0,0080
0,1256	400	226	271	316	361	407	452	497	542	587	633
		0,00113	0,0015	0,0020	0,0025	0,0030	0,00378	0,0045	0,0052	0,0060	0,0070
0,1589	450	286	342	400	457	515	572	629	686	743	801
		0,00095	0,0013	0,0017	0,0022	0,0026	0,0033	0,0039	0,0045	0,0062	0,0068
0,1962	500	353	423	494	565	635	706	776	847	918	988
		0,00086	0,0012	0,0015	0,0019	0,0023	0,0028	0,0034	0,0040	0,0046	0,0051
0,2461	560	443	531	620	709	797	886	974	1063	1152	1240
		0,00074	0,0010	0,0014	0,0017	0,0020	0,0025	0,0030	0,0034	0,0040	0,0045
0,3115	630	561	673	785	897	1009	1121	1233	1345	1457	1569
		0,00065	0,00086	0,0012	0,0014	0,0018	0,0022	0,0025	0,0030	0,0035	0,0039
0,3956	710	712	854	997	1139	1281	1424	1566	1708	1851	1993
		0,00055	0,00075	0,0010	0,0012	0,0015	0,0018	0,0022	0,0025	0,0030	0,0033
0,5024	800	904	1085	1265	1446	1627	1808	1989	2169	2350	2531
		0,00047	0,00065	0,00085	0,0011	0,0013	0,0016	0,0019	0,0022	0,0025	0,0029
0,6358	900	1144	1372	1602	1830	2059	2289	2518	2746	2975	3204
		0,00041	0,00055	0,00073	0,00090	0,0011	0,0014	0,0016	0,0019	0,0022	0,0025
0,7850	1000	1413	1695	1978	2260	2543	2826	3108	3391	3674	3956
		0,00036	0,00049	0,00064	0,00080	0,0010	0,0012	0,0014	0,0017	0,0019	0,0021
0,9847	1120	1772	2126	2481	2835	3190	3545	3899	4254	4608	4963
		0,00031	0,00042	0,00055	0,00070	0,00085	0,0011	0,0013	0,0014	0,0016	0,0019
1,2265	1250	2207	2648	3090	3531	3973	4415	4856	5298	5739	6181
		0,00027	0,00037	0,00049	0,00060	0,00075	0,00090	0,0011	0,0013	0,0014	0,0016
1,5386	1400	2769	3323	3876	4430	4984	5539	6093	6646	7200	7754
		0,00023	0,00031	0,00041	0,00052	0,00065	0,00080	0,00095	0,0011	0,0013	0,0014
2,0096	1600	3617	4340	5064	5787	6511	7235	7958	8682	9405	10129
		0,000199	0,00026	0,00035	0,00043	0,00055	0,00068	0,00080	0,00093	0,0011	0,0012

Площадь, $м^2$	Диаметр, *мм*	Динамическое давле									
		0,4788	0,5135	0,5499	0,5871	0,6256	0,6652	0,7061	0,7483	0,7916	0,8362
		Скорость воз									
		2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7
0,00785	100	79,1	82,0	84,8	88,6	91,4	94,3	97,1	99,9	103	105
		0,130	0,140	0,148	0,151	0,160	0,170	0,180	0,200	0,210	0,220
0,0094	110	94,7	98	101	104	108	111	115	118	121	125
		0,120	0,125	0,130	0,135	0,140	0,145	0,160	0,170	0,180	0,190

с $t = 20°$ С, при барометрическом давлении $B = 760$ *мм рт. ст.*, $\gamma = 1{,}2$, 1-я строка; удельное сопротивление R, *кгс/м²* — 2-я строка)

ние, *кгс/м²*											
0,1374	0,1563	0,1764	0,1978	0,2204	0,2444	0,2694	0,2956	0,3231	0,3518	0,3817	0,4128	0,4452
духа, м/с												
1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
42,4	45,3	48,1	50,9	53,7	56,5	59,3	62,1	65,0	67,8	70,6	73,4	76,3
0,043	0,048	0,053	0,059	0,065	0,072	0,077	0,084	0,091	0,100	0,110	0,115	0,120
50,7	54,1	57,4	60,8	64,2	67,7	71,0	74,7	77,8	81,2	84,6	87,9	91,0
0,038	0,042	0,047	0,053	0,057	0,062	0,069	0,074	0,080	0,087	0,094	0,100	0,110
65,8	70,2	74,6	79,0	83,4	87,8	92,1	96,5	101	105	110	114	118
0,032	0,036	0,040	0,046	0,049	0,053	0,057	0,061	0,068	0,080	0,083	0,088	0,092
82,6	88,1	93,6	99,2	105	110	115	121	126	132	137	143	148
0,028	0,031	0,035	0,039	0,042	0,050	0,054	0,058	0,061	0,068	0,071	0,078	0,085
108	115	122	129	137	144	151	158	165	173	180	187	194
0,025	0,028	0,031	0,034	0,037	0,040	0,044	0,049	0,053	0,058	0,061	0,065	0,070
137	146	155	165	174	183	192	201	210	219	228	237	247
0,021	0,024	0,026	0,029	0,032	0,036	0,039	0,041	0,046	0,050	0,054	0,058	0,060
169	181	192	203	215	226	237	248	260	271	282	293	305
0,019	0,021	0,023	0,025	0,029	0,031	0,032	0,034	0,040	0,043	0,047	0,050	0,055
214	229	243	257	272	286	300	314	329	343	357	372	386
0,016	0,018	0,021	0,023	0,025	0,028	0,030	0,032	0,036	0,038	0,040	0,043	0,048
264	281	299	317	334	353	370	388	406	423	441	458	476
0,015	0,016	0,018	0,020	0,022	0,025	0,026	0,029	0,031	0,034	0,037	0,039	0,041
331	354	376	398	420	443	465	487	509	531	553	575	597
0,012	0,014	0,016	0,017	0,019	0,022	0,023	0,024	0,026	0,030	0,032	0,034	0,037
420	448	476	504	532	560	588	616	644	672	700	728	756
0,011	0,012	0,014	0,015	0,016	0,017	0,020	0,021	0,024	0,025	0,027	0,029	0,031
534	569	605	641	676	712	747	783	819	854	890	945	961
0,0090	0,010	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016	0,018	0,020	0,022	0,023	0,025	0,026
678	723	768	813	859	904	949	994	1039	1085	1130	1175	1220
0,0080	0,0090	0,010	0,011	0,012	0,013	0,0145	0,016	0,017	0,019	0,020	0,021	0,024
858	915	972	1029	1086	1144	1201	1258	1315	1372	1420	1487	1544
0,0070	0,0075	0,0085	0,0095	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016	0,017	0,018	0,020
1059	1129	1200	1271	1341	1413	1482	1553	1623	1694	1765	1835	1906
0,0058	0,0065	0,0075	0,0082	0,0090	0,0098	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016	0,017
1329	1417	1506	1594	1683	1772	1860	1849	2038	2126	2215	2303	2392
0,0050	0,0057	0,0065	0,0073	0,0079	0,0088	0,0095	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015
1581	1793	1905	2017	2130	2243	2354	2466	2578	2690	2802	2914	3027
0,0045	0,0050	0,0057	0,0060	0,0070	0,0078	0,0081	0,0090	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014
2136	2278	2420	2563	2705	2848	2990	3133	3275	3417	3560	3702	3845
0,0038	0,0042	0,0044	0,0053	0,0058	0,0065	0,0071	0,0076	0,0081	0,0090	0,010	0,011	0,012
2712	2893	3073	3254	3435	3617	3797	3977	4158	4339	4520	4700	4881
0,0032	0,0037	0,0041	0,0046	0,0050	0,0052	0,0060	0,0067	0,0071	0,0079	0,0085	0,0090	0,010
3433	3662	3891	4120	4349	4578	4807	5036	5265	5493	5722	5952	6181
0,0028	0,0032	0,0037	0,0040	0,0044	0,0050	0,0053	0,0058	0,0065	0,0070	0,0075	0,0079	0,0083
4239	4521	4804	5086	5369	5652	5934	6217	6500	6782	7065	7347	7630
0,0024	0,0028	0,0031	0,0035	0,0038	0,0041	0,0047	0,0050	0,0054	0,0060	0,065	0,0070	0,0075
5317	5672	6026	6381	6735	7090	7444	7799	8153	8508	8862	9217	9571
0,0021	0,0025	0,0027	0,0030	0,0033	0,0037	0,0040	0,0043	0,0047	0,0051	0,0055	0,0060	0,0065
6622	7064	7505	7947	8388	8831	9271	9713	10154	10596	11037	11479	11920
0,0018	0,0021	0,0024	0,0026	0,0028	0,0032	0,0033	0,0037	0,0040	0,0045	0,0049	0,0051	0,0055
8308	8862	9416	9970	10524	11078	11632	12185	12739	13293	13847	14400	14954
0,0016	0,0018	0,0020	0,0023	0,0025	0,0028	0,0030	0,0032	0,0036	0,0040	0,0042	0,0046	0,0049
10852	11576	12299	13023	13746	14469	15193	15917	16640	17364	18087	18811	19534
0,0013	0,0016	0,0017	0,0019	0,0021	0,0024	0,0025	0,0027	0,0030	0,0033	0,0036	0,0038	0,0041

Продолжение табл. VII.11

ние, *кгс/м²*												
0.8819	0,9289	0,9776	1,027	1,078	1,129	1,183	1,237	1,292	1,349	1,407	1,466	1,527
духа, м/с												
3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0
107	111	113	116	119	121	124	127	130	133	135	138	141
0,230	0,240	0,250	0,260	0,27	0,28	0,30	0,31	0,32	0,33	0,35	0,36	0,375
128	131	135	138	142	145	148	152	155	158	162	165	169
0,200	0,210	0,220	0,230	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30	0,31	0,32	0,33

Площадь, $м^2$	Диаметр, мм	Динамическое давле									
		0,4788	0,5135	0,5499	0,5871	0,6256	0,6652	0,7061	0,7483	0,7916	0,8362
		Скорость воз									
		2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7
0,0122	125	122	127	132	135	140	144	149	153	157	161
		0,100	0,106	0,110	0,120	0,130	0,136	0,142	0,150	0,160	0,170
0,0153	140	153	159	165	170	175	181	186	192	197	203
		0,090	0,094	0,098	0,102	0,110	0,115	0,120	0,130	0,135	0,140
0,0200	160	201	208	216	223	230	237	244	251	259	266
		0,075	0,080	0,085	0,090	0,096	0,100	0,105	0,110	0,120	0,125
0,0254	180	256	265	274	283	292	301	311	320	329	338
		0,065	0,070	0,072	0,078	0,083	0,090	0,094	0,098	0,102	0,110
0,0314	200	316	327	339	350	361	372	384	395	406	418
		0,059	0,061	0,063	0,068	0,072	0,080	0,083	0,086	0,090	0,095
0,0397	225	400	414	429	443	457	471	486	500	514	529
		0,050	0,054	0,056	0,060	0,062	0,067	0,070	0,075	0,080	0,085
0,0490	250	493	511	529	546	564	581	599	616	634	652
		0,045	0,047	0,050	0,052	0,056	0,060	0,063	0,066	0,070	0,073
0,0615	280	619	641	664	685	707	729	751	773	795	818
		0,040	0,042	0,043	0,045	0,048	0,051	0,055	0,058	0,060	0,063
0,0778	315	784	812	840	868	896	924	952	980	1008	1036
		0,032	0,035	0,038	0,040	0,042	0,044	0,045	0,050	0,052	0,054
0,0989	355	996	1032	1068	1103	1139	1174	1210	1245	1281	1317
		0,029	0,030	0,031	0,032	0,036	0,038	0,042	0,043	0,044	0,048
0,1256	400	1265	1310	1356	1400	1446	1491	1536	1581	1626	1672
		0,025	0,026	0,027	0,029	0,031	0,032	0,035	0,037	0,039	0,040
0,1589	450	1601	1658	1716	1773	1830	1887	1944	2002	2059	2116
		0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,028	0,030	0,033	0,034	0,035
0,1962	500	1976	2047	2118	2188	2259	2329	2400	2470	2541	2612
		0,018	0,020	0,021	0,022	0,024	0,025	0,026	0,028	0,029	0,030
0,2461	560	2480	2569	2658	2746	2835	2923	3012	3101	3189	3278
		0,016	0,017	0,018	0,019	0,020	0,021	0,023	0,024	0,025	0,026
0,3115	630	3139	3251	3364	3475	3587	3699	3811	3923	4035	4148
		0,014	0,015	0,016	0,017	0,018	0,019	0,020	0,021	0,022	0,023
0,3956	710	3987	4129	4272	4414	4557	4699	4841	4984	5126	5269
		0,013	0,014	0,0145	0,015	0,0155	0,016	0,017	0,018	0,019	0,020
0,5024	800	5061	5242	5426	5604	5785	5966	6147	6328	6508	6689
		0,011	0,012	0,0123	0,0125	0,0135	0,014	0,015	0,016	0,017	0,0178
0,6358	900	6409	6638	6866	7096	7325	7554	7783	8012	8241	8470
		0,0090	0,0095	0,010	0,011	0,012	0,013	0,0135	0,014	0,0145	0,015
0,7850	1000	7912	8195	8478	8760	9043	9331	9614	9896	10179	10462
		0,0080	0,0085	0,0089	0,0091	0,010	0,011	0,012	0,0125	0,013	0,0135
0,9847	1120	9925	10280	10635	10989	11343	11698	12052	12407	12761	13116
		0,0070	0,0074	0,0077	0,0080	0,0084	0,0087	0,0099	0,011	0,0115	0,012
1,2265	1250	12361	12803	13246	13686	14127	14568	15009	15450	15893	16344
		0,0059	0,0061	0,0066	0,0071	0,0076	0,0080	0,0085	0,0090	0,0096	0,010
1,5386	1400	15507	16061	16617	17170	17724	18278	18832	19386	19940	20494
		0,0051	0,0055	0,0057	0,0060	0,0064	0,0070	0,0075	0,0079	0,0083	0,0088
2,0096	1600	20257	20981	21704	22428	23151	23875	24598	25322	26045	26769
		0 0043	0,0047	0,0050	0,0052	0,0055	0,0059	0,0062	0,0066	0,0070	0,0074

Площадь, $м^2$	Диаметр, мм	Динамическое давле									
		1,589	1,652	1,7161	1,7815	1,8486	1,9129	1,9837	2,055	2,126	2,199
		Скорость воз									
		5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0
0,00785	100	144	146	149	152	155	158	160	163	166	169
		0,390	0,400	0,410	0,430	0,450	0,460	0,480	0,50	0,51	0,52
0,0094	110	172	175	179	182	186	189	192	196	199	203
		0,34	0,35	0,36	0,37	0,39	0,40	0,42	0,44	0,45	0,46
0,0122	125	223	227	232	236	241	245	249	254	258	263
		0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39
0,0153	140	280	285	291	296	302	307	313	318	324	330
		0,26	0,27	0,28	0,29	0,295	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34
0,0200	160	366	374	381	388	395	403	410	417	424	432
		0,22	0,23	0,235	0,24	0,245	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29

Продолжение табл. VII.11

ние, *кгс/м²*												
0,8819	0,9289	0,9776	1,027	1,078	1,129	1,183	1,237	1,292	1,349	1,407	1,466	1,527
духа, м/с												
3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0
166	170	175	179	184	188	192	197	201	205	210	214	219
0,175	0,180	0,190	0,200	0,21	0,22	0,23	0,24	0,245	0,25	0,26	0,27	0,28
208	214	220	225	230	236	241	248	252	258	263	264	275
0,145	0,152	0,160	0,170	0,175	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25
273	280	288	294	302	309	316	323	330	338	345	352	360
0,130	0,135	0,140	0,150	0,155	0,16	0,165	0,17	0,175	0,18	0,19	0,20	0,21
347	356	366	375	384	393	402	411	420	429	439	448	457
0,115	0,120	0,130	0,135	0,140	0,145	0,150	0,155	0,160	0,165	0,17	0,175	0,18
429	440	452	463	474	485	496	508	519	530	542	553	565
0,100	0,105	0,106	0,110	0,115	0,120	0,125	0,130	0,135	0,140	0,145	0,150	0,160
543	557	572	586	600	614	629	643	657	672	686	700	714
0,090	0,093	0,094	0,100	0,105	0,110	0,115	0,120	0,125	0,130	0,134	0,138	0,140
669	687	705	722	740	757	775	793	810	829	845	863	882
0,079	0,081	0,084	0,089	0,094	0,098	0,102	0,107	0,111	0,115	0,120	0,125	0,130
840	862	885	906	928	950	972	994	1016	1039	1061	1083	1107
0,070	0,071	0,073	0,077	0,081	0,085	0,090	0,094	0,098	0,102	0,106	0,108	0,110
1064	1092	1120	1148	1176	1204	1232	1260	1288	1316	1344	1372	1400
0,057	0,060	0,062	0,065	0,068	0,071	0,074	0,077	0,080	0,083	0,086	0,089	0,092
1352	1388	1424	1459	1495	1530	1566	1601	1637	1673	1708	1744	1780
0,050	0,052	0,053	0,056	0,059	0,061	0,064	0,067	0,070	0,072	0,075	0,078	0,081
1717	1762	1808	1853	1898	1943	1988	2033	2078	2123	2168	2214	2260
0,042	0,044	0,046	0,048	0,050	0,052	0,054	0,057	0,060	0,062	0,064	0,067	0,069
2173	2230	2288	2345	2402	2459	2516	2574	2631	2688	2745	2802	2860
0,037	0,039	0,040	0,042	0,044	0,046	0,048	0,050	0,052	0,054	0,056	0,058	0,060
2682	2753	2825	2895	2966	3036	3107	3178	3248	3319	3381	3460	3531
0,031	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040	0,042	0,044	0,046	0,048	0,049	0,050	0,052
3366	3455	3544	3632	3721	3809	3898	3987	4075	4164	4252	4341	4429
0,028	0,029	0,030	0,032	0,033	0,035	0,036	0,038	0,040	0,042	0,044	0,046	0,047
4260	4372	4485	4597	4709	4821	4933	5045	5157	5269	5381	5493	5607
0,025	0,026	0,027	0,028	0,030	0,031	0,032	0,033	0,034	0,035	0,037	0,038	0,040
5411	5553	5696	5838	5981	6123	6265	6408	6550	6693	6835	6977	7121
0,021	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,027	0,028	0,030	0,031	0,032	0,034	0,035
6870	7051	7234	7413	7594	7775	7956	9137	8317	8498	8679	8860	9043
0,018	0,019	0,0197	0,020	0,021	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,027	0,028	0,030
8698	8927	9155	9385	9614	9843	10072	10301	10530	10759	10987	11216	11444
0,0155	0,016	0,017	0,018	0,019	0,020	0,021	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,027
10744	11027	11304	11586	11869	12151	12434	12717	12999	13282	13564	13847	14130
0,014	0,0145	0,015	0,016	0,017	0,0175	0,018	0,019	0,020	0,0205	0,021	0,022	0,022
13470	13825	14179	14524	14888	15243	15597	15952	16306	16661	17015	17370	17724
0,0125	0,013	0,0135	0,014	0,015	0,016	0,0165	0,017	0,0175	0,018	0,0185	0,019	0,020
16776	17217	17661	18103	18544	18986	19527	19869	20310	20752	21193	21635	22070
0,011	0,012	0,0125	0,0126	0,013	0,0135	0,014	0,0145	0,015	0,0155	0,016	0,0165	0,017
21048	21602	22156	22709	23263	23817	24371	24925	25479	26033	26587	27141	27695
0,0092	0,0097	0,010	0,0106	0,011	0,0115	0,012	0,0125	0,013	0,0135	0,014	0,0145	0,015
27492	28216	28938	29663	30386	31110	31833	32557	33280	34004	34727	35451	36173
0,0078	0,0081	0,0085	0,0089	0,0093	0,0097	0,010	0,0104	0,0108	0,0112	0,0116	0,012	0,012

Продолжение табл. VII.11

ние, *кгс/м²*												
2,273	2,348	2,425	2,502	2,581	2,6618	2,7430	2,8254	2,9090	2,9939	3,0800	3,1673	3,2558
духа, м/с												
6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3
172	174	177	180	183	186	188	191	193	197	200	202	205
0,54	0,56	0,58	0,59	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,71	0,74	0,76
206	209	212	216	219	223	226	229	233	237	240	243	246
0,47	0,49	0,50	0,51	0,53	0,54	0,56	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67
267	271	276	280	284	289	293	298	302	307	311	315	320
0,40	0,41	0,43	0,44	0,46	0,47	0,49	0,50	0,51	0,53	0,54	0,56	0,57
335	340	346	351	357	362	368	374	379	385	390	395	401
0,35	0,36	0,37	0,39	0,40	0,41	0,43	0,44	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
438	446	453	460	467	474	482	489	496	504	511	518	525
0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42

Площадь, м²	Диаметр, мм	Динамическое давле									
		1,589	1,652	1,7161	1,7815	1,8486	1,9129	1,9837	2,055	2,126	2,199
		Скорость воз									
		5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0
0,0254	180	466 0,19	475 0,195	484 0,20	493 0,205	503 0,210	512 0,215	521 0,220	530 0,23	539 0,24	548 0,25
0,0314	200	576 0,166	587 0,173	598 0,179	609 0,185	621 0,192	632 0,198	643 0,204	655 0,21	666 0,216	678 0,223
0,0397	225	729 0,145	743 0,150	757 0,155	772 0,161	786 0,166	800 0,171	815 0,176	829 0,181	843 0,188	857 0,195
0,0490	250	898 0,134	916 0,138	933 0,142	950 0,146	968 0,150	986 0,154	1003 0,158	1021 0,162	1038 0,166	1058 0,170
0,0615	280	1127 0,114	1149 0,118	1171 0,122	1193 0,126	1215 0,130	1237 0,134	1260 0,138	1282 0,142	1304 0,146	1328 0,150
0,0778	315	1428 0,096	1456 0,100	1484 0,104	1512 0,107	1540 0,110	1568 0,114	1596 0,118	1624 0,122	1652 0,126	1680 0,130
0,0989	355	1815 0,085	1851 0,089	1886 0,093	1922 0,097	1957 0,100	1992 0,104	2028 0,108	2064 0,112	2099 0,116	2136 0,120
0,1256	400	2305 0,072	2350 0,075	2395 0,078	2440 0,080	2485 0,083	2530 0,086	2575 0,089	2621 0,091	2666 0,093	2712 0,096
0,1589	450	2917 0,062	2974 0,065	3031 0,067	3088 0,070	3145 0,072	3202 0,075	3260 0,077	3317 0,080	3374 0,082	3432 0,085
0,1962	500	3601 0,054	3672 0,056	3742 0,058	3813 0,060	3884 0,063	3954 0,065	4025 0,067	4095 0,070	4166 0,072	4238 0,074
0,2461	560	4518 0,048	4607 0,050	4695 0,051	4784 0,053	4873 0,054	4961 0,056	5050 0,057	5138 0,059	5226 0,061	5316 0,063
0,3115	630	5719 0,041	5831 0,043	5943 0,044	6055 0,046	6167 0,047	6279 0,049	6391 0,050	6503 0,052	6615 0,053	6728 0,055
0,3956	710	7263 0,036	7405 0,037	7548 0,039	7690 0,040	7833 0,041	7975 0,043	8117 0,044	8260 0,045	8402 0,047	8545 0,048
0,5027	800	9223 0,031	9403 0,032	9584 0,033	9765 0,034	9946 0,035	10127 0,036	10307 0,037	10488 0,038	10669 0,040	10852 0,041
0,6358	900	11673 0,028	11902 0,029	12131 0,030	12360 0,031	12589 0,032	12818 0,033	13047 0,034	13275 0,035	13504 0,036	13733 0,037
0,7850	1000	14412 0,023	14695 0,024	14977 0,025	15260 0,026	15543 0,027	15825 0,028	16108 0,029	16390 0,030	16673 0,031	16956 0,032
0,9847	1120	18079 0,021	18433 0,022	18788 0,0225	19142 0,023	19497 0,024	19851 0,0245	20206 0,025	20560 0,026	20915 0,027	21269 0,028
1,2265	1250	22518 0,018	22960 0,0185	23401 0,019	23843 0,020	24284 0,021	24726 0,0215	25167 0,022	25609 0,023	26050 0,024	26492 0,025
1,5386	1400	28248 0,016	28802 0,0165	29356 0,017	29910 0,0175	30464 0,018	31018 0,0185	31572 0,019	32126 0,019	32680 0,020	33234 0,021
2,0096	1600	36898 0,013	37621 0,014	38345 0,0145	39068 0,015	39792 0,0155	40515 0,016	41239 0,0165	41962 0,017	42686 0,0175	43407 0,0179

Площадь, м²	Диаметр, мм	Динамическое давле									
		3,3455	3,4373	3,5294	3,6229	3,7175	3,8133	3,9104	4,0087	4,1082	4,2089	4,3109
		Скорость воз										
		7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4
0,00785	100	208 0,78	211 0,80	214 0,82	216 0,85	219 0,87	222 0,88	226 0,89	229 0,91	231 0,93	234 0,94	237 0,97
0,0094	110	250 0,69	253 0,71	256 0,73	260 0,75	263 0,76	267 0,78	270 0,80	273 0,82	277 0,84	280 0,86	283 0,88
0,0122	125	324 0,59	328 0,60	333 0,61	337 0,63	342 0,65	346 0,66	351 0,68	355 0,69	359 0,71	364 0,72	368 0,74
0,0153	140	406 0,51	412 0,52	417 0,54	423 0,55	429 0,57	434 0,58	440 0,59	445 0,60	451 0,62	456 0,63	462 0,65
0,0200	160	532 0,43	539 0,44	546 0,45	554 0,47	561 0,48	568 0,49	576 0,50	583 0,51	590 0,52	597 0,53	604 0,55
0,0254	180	676 0,38	685 0,39	694 0,40	704 0,405	713 0,41	722 0,42	731 0,43	740 0,44	749 0,45	758 0,46	767 0,47
0,0314	200	835 0,34	847 0,35	858 0,355	869 0,36	881 0,365	892 0,370	904 0,381	915 0,390	926 0,40	937 0,41	948 0,42
0,0397	225	1057 0,30	1072 0,31	1086 0,315	1100 0,32	1115 0,325	1129 0,327	1143 0,33	1157 0,34	1172 0,35	1186 0,355	1200 0,36

Продолжение табл. VII.11

ние, кгс/м²												
2,273	2,348	2,425	2,502	2,581	2,6618	2,7430	2,8254	2,9090	2,9939	3,0800	3,1673	3,2558
духа, м/с												
6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3
557	567	576	585	594	603	612	621	630	640	649	658	667
0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,345	0,35	0,36	0,37
689	700	711	722	734	745	756	768	779	791	802	813	824
0,23	0,24	0,25	0,255	0,26	0,265	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33
872	886	900	914	929	943	957	972	986	1000	1014	1029	1043
0,200	0,210	0,215	0,220	0,225	0,23	0,235	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
1075	1093	1110	1128	1146	1163	1181	1198	1216	1235	1251	1269	1286
0,176	0,182	0,188	0,194	0,200	0,206	0,212	0,218	0,224	0,230	0,235	0,240	0,2450
1350	1372	1394	1416	1438	1460	1482	1504	1526	1550	1571	1593	1615
0,155	0,160	0,165	0,170	0,175	0,180	0,185	0,190	0,195	0,200	0,205	0,210	0,215
1708	1736	1764	1792	1820	1848	1876	1904	1932	1960	1988	2016	2044
0,134	0,138	0,142	0,146	0,150	0,154	0,158	0,162	0,168	0,175	0,180	0,185	0,190
2171	2207	2242	2278	2314	2349	2385	2420	2456	2492	2527	2563	2598
0,123	0,126	0,129	0,132	0,135	0,138	0,141	0,144	0,147	0,150	0,153	0,156	0,159
2757	2802	2847	2892	2938	2983	3028	3073	3118	3165	3210	3255	3300
0,099	0,102	0,105	0,108	0,111	0,114	0,118	0,121	0,124	0,127	0,131	0,135	0,139
3489	3546	3603	3660	3717	3775	3832	3889	3946	4004	4061	4118	4175
0,087	0,089	0,092	0,094	0,096	0,099	0,102	0,104	0,107	0,110	0,113	0,116	0,119
4308	4379	4449	4520	4591	4661	4732	4802	4873	4944	5014	5085	5155
0,077	0,080	0,083	0,087	0,090	0,093	0,095	0,098	0,099	0,100	0,103	0,106	0,109
5404	5493	5581	5670	5759	5847	5936	6024	6113	6202	6290	6379	6467
0,065	0,068	0,070	0,073	0,075	0,078	0,080	0,083	0,085	0,088	0,091	0,094	0,097
6840	6952	7064	7176	7288	7400	7512	7624	7736	7850	7962	8074	8186
0,057	0,059	0,061	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,075	0,077	0,079	0,081
8687	8829	8972	9114	9257	9399	9541	9684	9826	9969	10111	10253	10395
0,050	0,052	0,053	0,055	0,057	0,058	0,060	0,061	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071
11031	11212	11393	11574	11755	11935	12116	12297	12478	12660	12840	13021	13202
0,042	0,043	0,044	0,046	0,047	0,048	0,050	0,052	0,054	0,056	0,057	0,059	0,060
13962	14191	14420	14649	14878	15107	15336	15564	15793	16022	16251	16480	16709
0,038	0,039	0,040	0,041	0,042	0,043	0,045	0,046	0,048	0,050	0,051	0,052	0,053
17238	17521	17803	18086	18369	18651	18934	19216	19499	19782	20064	20347	20629
0,033	0,034	0,035	0,036	0,037	0,038	0,039	0,040	0,042	0,043	0,044	0,045	0,046
21624	21978	22333	22687	23042	23396	23751	24105	24460	24814	25169	25523	25878
0,029	0,030	0,031	0,032	0,033	0,034	0,0345	0,035	0,036	0,037	0,038	0,039	0,040
26933	27375	27816	28258	28699	29141	29582	30024	30465	30908	31349	32190	32232
0,026	0,027	0,028	0,0285	0,029	0,30	0,0305	0,031	0,032	0,033	0,034	0,035	0,0355
33787	34341	34895	35449	36003	36557	37111	37665	38219	38778	39328	39882	40436
0,022	0,023	0,024	0,0245	0,025	0,025	0,026	0,0265	0,027	0,028	0,029	0,0295	0,030
44132	44855	45570	46302	47026	47749	48473	49196	49920	50642	51366	52090	52813
0,0182	0,019	0,0195	0,0120	0,0125	0,021	0,0215	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,0275

Продолжение табл. VII.11

ние, кгс/м²												
4,4149	4,5193	4,6249	4,7318	4,8398	4,9491	5,0596	5,1713	5,2843	5,3984	5,5148	5,6314	5,7492
духа, м/с												
8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7
240	243	245	248	251	254	257	259	262	265	268	271	273
1,00	1,02	1,04	1,06	1,09	1,11	1,13	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25
287	290	294	297	301	304	307	311	314	317	321	324	328
0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,09	1,11	1,13	1,15
372	377	381	385	390	395	399	403	408	412	416	420	425
0,75	0,77	0,78	0,80	0,82	0,85	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99
467	473	478	484	489	496	500	506	511	517	522	528	533
0,66	0,68	0,70	0,71	0,72	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85
611	618	626	633	640	648	654	660	669	676	683	690	698
0,56	0,57	0,58	0,60	0,61	0,62	0,64	0,67	0,68	0,69	0,71	0,73	0,735
777	786	795	804	813	823	832	841	850	859	868	877	886
0,49	0,50	0,51	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,61	0,62	0,63
960	971	982	994	1005	1017	1028	1039	1050	1061	1073	1084	1095
0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54
1215	1229	1243	1257	1272	1286	1300	1315	1329	1343	1357	1372	1386
0,37	0,38	0,39	0,40	0,405	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48

Площадь, $м^2$	Диаметр, мм	Динамическое давле										
		3,3455	3,4373	3,5294	3,6229	3,7175	3,8133	3,9104	4,0087	4,1082	4,2089	4,3109
		Скорость воз										
		7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4
0,0490	250	1304	1322	1339	1357	1374	1392	1411	1427	1445	1462	1480
		0,250	0,255	0,260	0,268	0,272	0,280	0,290	0,297	0,304	0,311	0,318
0,0615	280	1637	1629	1681	1703	1725	1747	1771	1793	1815	1837	1859
		0,220	0,225	0,230	0,235	0,240	0,245	0,250	0,256	0,262	0,268	0,274
0,0778	315	2072	2100	2128	2156	2184	2212	2240	2268	2296	2324	2352
		0,195	0,200	0,205	0,210	0,215	0,218	0,220	0,225	0,230	0,235	0,240
0,0989	355	2634	2670	2705	2741	2776	2812	2848	2883	2919	2954	2990
		0,162	0,165	0,168	0,171	0,174	0,177	0,180	0,185	0,190	0,195	0,200
0,1256	400	3345	3390	3435	3480	3525	3570	3617	3662	3707	3752	3797
		0,143	0,147	0,151	0,155	0,159	0,162	0,164	0,168	0,172	0,176	0,180
0,1589	450	4232	4290	4347	4404	4461	4518	4576	4633	4690	4747	4804
		0,122	0,125	0,128	0,132	0,135	0,138	0,140	0,144	0,148	0,152	0,156
0,1962	500	5226	5297	5367	5438	5508	5579	5650	5720	5791	5861	5932
		0,112	0,115	0,118	0,121	0,124	0,127	0,130	0,132	0,135	0,137	0,140
0,2461	560	6556	6645	6733	6822	6910	6999	7087	7175	7264	7352	7441
		0,100	0,102	0,105	0,108	0,110	0,112	0,115	0,117	0,120	0,122	0,124
0,3115	630	8298	8410	8522	8634	8746	8858	8971	9083	9195	9307	9419
		0,083	0,085	0,087	0,089	0,091	0,093	0,095	0,097	0,100	0,102	0,105
0,3956	710	10538	10680	10823	10965	11107	11250	11393	11535	11677	11820	11962
		0,073	0,075	0,077	0,079	0,081	0,082	0,084	0,085	0,087	0,088	0,090
0,5024	800	13383	13564	13744	13925	14106	14287	14469	14649	14830	15011	15192
		0,062	0,063	0,065	0,066	0,068	0,070	0,072	0,073	0,075	0,076	0,078
0,6358	900	16938	17167	17396	17625	17853	18082	18311	18540	18769	18998	19227
		0,054	0,055	0,056	0,057	0,058	0,060	0,062	0,063	0,065	0,066	0,068
0,7850	1000	20912	21195	21477	21760	22042	22325	22608	22890	23173	23455	23738
		0,048	0,049	0,050	0,052	0,053	0,054	0,056	0,057	0,058	0,059	0,060
0,9847	1120	26232	26587	26941	27296	27650	28005	28359	28714	29070	29425	29779
		0,041	0,042	0,043	0,045	0,046	0,047	0,048	0,049	0,050	0,051	0,052
1,2265	1250	32673	33115	33556	33998	34439	34881	35323	35764	36206	36647	37089
		0,036	0,0365	0,037	0,038	0,039	0,040	0,041	0,042	0,043	0,044	0,045
1,5386	1400	40990	41544	42098	42652	43206	43760	44311	44865	45419	45973	46527
		0,031	0,032	0,0325	0,033	0,034	0,035	0,036	0,0365	0,037	0,038	0,039
2,0096	1600	53537	54260	54984	55707	56431	57154	57876	58600	59323	60047	60770
		0,027	0,028	0,0285	0,029	0,0295	0,030	0,0305	0,031	0,032	0,0325	0,033

Площадь, $м^2$	Диаметр, мм	Динамическое давле										
		5,8682	5,9885	6,1100	6,2327	6,3566	6,4818	6,6082	6,7368	6,8656	6,9987	7,1269	7,2594
		Скорость воз											
		9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9
0,00785	100	276	279	282	285	287	290	293	296	299	301	304	307
		1,27	1,29	1,30	1,32	1,35	1,37	1,40	1,43	1,46	1,50	1,53	1,58
0,0094	110	331	334	338	341	344	348	351	354	358	361	365	368
		1,17	1,20	1,23	1,25	1,27	1,29	1,31	1,33	1,34	1,36	1,39	1,42
0,0122	125	429	434	439	443	447	451	456	460	464	469	473	478
		1,01	1,03	1,05	1,07	1,09	1,11	1,13	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23
0,0153	140	539	541	551	556	562	567	573	578	584	589	595	600
		0,87	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08
0,0200	160	705	712	720	726	734	741	748	755	762	770	777	784
		0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,89	0,90	0,91
0,0254	180	895	905	914	923	932	941	950	959	969	978	987	996
		0,65	0,66	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,74	0,76	0,77	0,78	0,79
0,0314	200	1107	1118	1130	1141	1152	1163	1174	1186	1197	1208	1220	1231
		0,55	0,57	0,58	0,582	0,584	0,585	0,586	0,588	0,589	0,600	0,620	0,640
0,0397	225	1400	1415	1429	1443	1457	1472	1486	1500	1515	1529	1543	1557
		0,49	0,495	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59
0,0490	250	1726	1744	1764	1780	1798	1815	1833	1851	1868	1886	1903	1921
		0,424	0,432	0,440	0,450	0,460	0,470	0,475	0,480	0,490	0,500	0,505	0,510
0,0615	280	2168	2190	2214	2236	2258	2280	2302	2324	2346	2368	2390	2410
		0,374	0,382	0,390	0,397	0,404	0,411	0,418	0,425	0,432	0,439	0,446	0,453
0,0778	315	2745	2773	2800	2829	2857	2885	2913	2941	2969	2997	3025	3053
		0,318	0,324	0,332	0,339	0,346	0,353	0,360	0,367	0,374	0,381	0,388	0,395

Продолжение табл. VII.11

ние, кгс/м²												
4,4149	4,5193	4,6249	4,7318	4,8398	4,9491	5,0596	5,1713	5,2843	5,3984	5,5148	5,6314	5,7492
духа, м/с												
8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7
1498	1515	1533	1550	1568	1587	1603	1621	1638	1656	1674	1691	1709
0,325	0,332	0,339	0,346	0,353	0,360	0,368	0,376	0,384	0,392	0,400	0,408	0,416
1881	1903	1925	1947	1969	1992	2014	2036	2058	2080	2102	2124	2146
0,280	0,286	0,292	0,298	0,305	0,310	0,318	0,328	0,334	0,342	0,350	0,358	0,366
2380	2408	2436	2464	2492	2521	2549	2577	2605	2633	2661	2689	2717
0,245	0,250	0,255	0,260	0,265	0,270	0,276	0,282	0,288	0,294	0,300	0,306	0,312
3026	3061	3097	3132	3168	3204	3239	3275	3310	3346	3382	3417	3453
0,205	0,210	0,215	0,220	0,230	0,240	0,246	0,251	0,257	0,262	0,268	0,273	0,279
3842	3887	3932	3977	4022	4069	4114	4159	4204	4249	4294	4339	4385
0,184	0,188	0,192	0,196	0,200	0,204	0,208	0,213	0,217	0,222	0,226	0,231	0,235
4862	4919	4976	5033	5090	5148	5205	5262	5319	5376	5434	5491	5548
0,160	0,164	0,168	0,172	0,176	0,180	0,183	0,187	0,190	0,194	0,197	0,199	0,204
6003	6073	6144	6214	6285	6357	6427	6498	6568	6639	6710	6780	6851
0,142	0,145	0,147	0,150	0,152	0,155	0,158	0,162	0,165	0,169	0,172	0,176	0,179
7530	7618	7707	7795	7884	7974	8062	8151	8239	8328	8417	8505	8594
0,126	0,128	0,130	0,131	0,133	0,135	0,138	0,142	0,145	0,148	0,152	0,156	0,159
9531	9643	9755	9867	9979	10093	10204	10316	10428	10540	10652	10764	10876
0,107	0,110	0,112	0,115	0,117	0,120	0,122	0,125	0,127	0,130	0,132	0,135	0,137
12105	12247	12389	12532	12674	12877	12959	13101	13245	13387	13530	13672	13814
0,091	0,093	0,094	0,096	0,098	0,100	0,103	0,106	0,109	0,112	0,115	0,118	0,121
15373	15551	15734	15915	16096	16278	16458	16639	16820	17001	17182	17362	17543
0,079	0,081	0,082	0,084	0,086	0,090	0,092	0,094	0,096	0,097	0,099	0,101	0,103
19456	19685	19914	20142	20371	20600	20829	21058	21287	21516	21745	21974	22203
0,069	0,071	0,073	0,075	0,078	0,080	0,081	0,083	0,084	0,086	0,087	0,089	0,090
24021	24303	24586	24868	25151	25434	25716	25999	26281	26564	26847	27129	27412
0,061	0,063	0,064	0,065	0,067	0,068	0,069	0,071	0,072	0,074	0,075	0,077	0,078
30134	30488	30843	31197	31552	31904	32261	32615	32970	33324	33679	34033	34388
0,053	0,054	0,055	0,056	0,057	0,059	0,060	0,0610	0,063	0,064	0,065	0,067	0,068
37530	37972	38413	38855	39296	39738	40179	40621	41062	41504	41945	42387	42828
0,046	0,047	0,048	0,049	0,050	0,051	0,052	0,053	0,055	0,056	0,057	0,059	0,060
47081	47635	48189	48743	49297	49850	50404	50958	51512	52066	52620	53174	537 28
0,0395	0,040	0,041	0,042	0,043	0,045	0,046	0,047	0,048	0,049	0,050	0,051	0,052
61494	62217	62941	63664	64388	65111	65835	66558	67282	68005	68729	69452	70175
0,034	0,035	0,036	0,0365	0,037	0,038	0,039	0,040	0,0405	0,041	0,042	0,043	0,044

Продолжение табл. VII.11

ние, кгс/м²												
7,3931	7,5258	7,6642	7,8015	7,9401	8,0811	8,2221	8,3643	8,5078	8,6525	8,7984	8,9455	9,0939	9,2435
духа, м/с												
11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3
311	314	316	319	322	325	328	330	333	336	339	342	344	347
1,62	1,65	1,68	1,71	1,74	1,77	1,80	1,83	1,86	1,89	1,91	1,94	2,00	2,05
372	375	378	381	385	388	392	395	399	402	406	409	412	416
1,45	1,47	1,50	1,52	1,55	1,57	1,60	1,62	1,65	1,67	1,70	1,73	1,76	1,79
483	486	491	495	499	504	508	513	516	521	527	530	535	539
1,27	1,29	1,31	1,315	1,33	1,35	1,37	1,39	1,41	1,43	1,45	1,47	1,50	1,52
605	611	617	622	628	633	639	644	650	655	661	666	671	677
1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30	1,32	1,34	1,36
792	798	806	813	820	827	834	842	849	856	864	871	878	885
0,93	0,94	0,96	0,97	0,99	1,00	1,02	1,03	1,05	1,07	1,10	1,12	1,14	1,16
1006	1014	1024	1033	1042	1051	1060	1069	1078	1088	1097	1106	1115	1124
0,80	0,81	0,83	0,84	0,86	0,87	0,89	0,90	0,92	0,93	0,95	0,96	0,98	0,99
1243	1254	1265	1276	1287	1299	1310	1321	1333	1344	1356	1367	1378	1389
0,690	0,700	0,710	0,730	0,74	0,75	0,77	0,78	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85
1572	1586	1600	1615	1629	1643	1657	1672	1686	1700	1715	1729	1743	1757
0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74
1940	1957	1975	1992	2010	2028	2045	2063	2080	2098	2117	2133	2151	2168
0,520	0,530	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65
2435	2457	2479	2501	2523	2545	2567	2589	2611	2633	2657	2679	2701	2723
0,460	0,467	0,474	0,481	0,488	0,495	0,502	0,509	0,516	0,523	0,530	0,540	0,548	0,557
3080	3109	3137	3165	3193	3221	3249	3277	3305	3333	3361	3389	3417	3445
0,400	0,408	0,416	0,424	0,432	0,440	0,448	0,456	0,464	0,474	0,480	0,486	0,492	0,498

Площадь, $м^2$	Диаметр, мм	Динамическое давле											
		5,8682	5,9885	6,1100	6,2327	6,3566	6,4818	6,6082	6,7368	6,8656	6,9987	7,1269	7,2594
		Скорость воз											
		9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9
0,0989	355	3488	3524	3560	3595	3631	3666	3702	3738	3773	3809	3844	3880
		0,284	0,290	0,295	0,300	0,306	0,311	0,317	0,322	0,328	0,333	0,339	0,344
0,1256	400	4430	4475	4521	4566	4611	4656	4701	4746	4791	4836	4881	4926
		0,239	0,245	0,249	0,254	0,258	0,263	0,267	0,272	0,276	0,281	0,285	0,291
0,1589	450	5605	5662	5720	5777	5834	5891	5948	6005	6063	6120	6177	6234
		0,207	0,211	0,215	0,218	0,222	0,225	0,229	0,233	0,238	0,240	0,243	0,247
0,1962	500	6921	6992	7063	7133	7204	7274	7345	7416	7486	7557	7627	7698
		0,183	0,185	0,189	0,192	0,195	0,198	0,201	0,204	0,207	0,210	0,213	0,216
0,2461	560	8682	8771	8859	8948	9037	9125	9214	9303	9392	9480	9569	9658
		0,163	0,166	0,170	0,173	0,176	0,179	0,182	0,185	0,188	0,191	0,194	0,197
0,3115	630	10988	11100	11214	11326	11438	11550	11662	11774	11886	11998	12110	12222
		0,140	0,142	0,145	0,148	0,151	0,154	0,157	0,160	0,163	0,166	0,169	0,172
0,3956	710	13957	14099	14241	14384	14526	14669	14811	14954	15096	15238	15381	15523
		0,124	0,127	0,130	0,132	0,134	0,136	0,138	0,140	0,142	0,144	0,146	0,148
0,5024	800	17724	17905	18086	18266	18447	18628	18809	18990	19170	19351	19532	19713
		0,105	0,107	0,109	0,111	0,113	0,115	0,117	0,119	0,121	0,123	0,125	0,127
0,6358	900	22431	22660	22888	23117	23346	23575	23804	24033	24262	24491	24719	24948
		0,092	0,094	0,096	0,098	0,100	0,102	0,104	0,106	0,108	0,110	0,111	0,113
0,7850	1000	27694	27977	28260	28542	28825	29107	29390	29673	29955	30238	30520	30803
		0,080	0,081	0,082	0,084	0,086	0,088	0,090	0,091	0,093	0,095	0,097	0,098
0,9847	1120	34742	35097	35449	35803	36158	36512	36867	37221	37576	37930	38285	38639
		0,069	0,071	0,072	0,074	0,076	0,078	0,080	0,082	0,083	0,085	0,086	0,088
1,2265	1250	43270	43711	44154	44595	45037	45478	45920	46361	46803	47244	47686	48127
		0,061	0,062	0,064	0,065	0,067	0,068	0,069	0,071	0,072	0,074	0,076	0,078
1,5386	1400	54282	54836	55389	55942	56496	57050	57604	58158	58712	59266	59820	60374
		0,053	0,054	0,056	0,057	0,058	0,059	0,060	0,061	0,062	0,063	0,064	0,065
2,0096	1600	70399	71622	72345	73069	73793	74514	75240	75963	76687	77410	78134	78857
		0,045	0,046	0,047	0,048	0,049	0,050	0,051	0,052	0,052	0,053	0,054	0,055

Площадь, $м^2$	Диаметр, мм	Динамическое давле											
		9,3942	9,5475	9,7007	9,8552	10,0109	10,1678	10,3259	10,4852	10,6458	10,8076	10,9706	11,1362
		Скорость воз											
		12,4	12,5	12,6	12,7	12,8	12,9	13,0	13,1	13,2	13,3	13,4	13,5
0,00785	100	350	353	356	358	361	364	367	370	372	375	378	381
		2,08	2,10	2,12	2,14	2,15	2,18	2,22	2,25	2,28	2,31	2,35	2,38
0,0094	110	419	422	425	429	432	436	440	443	446	449	453	456
		1,82	1,85	1,88	1,91	1,94	1,97	2,00	2,02	2,05	2,07	2,10	2,12
0,0122	125	544	548	552	557	561	565	571	574	578	583	587	592
		1,55	1,57	1,60	1,62	1,65	1,67	1,70	1,72	1,75	1,77	1,80	1,82
0,0153	140	683	688	694	699	704	710	716	721	726	732	737	743
		1,38	1,39	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48	1,50	1,52	1,55	1,57	1,59
0,0200	160	892	899	906	914	921	928	936	943	950	957	964	971
		1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30	1,31	1,33	1,34	1,36	1,37
0,0254	180	1133	1142	1151	1161	1170	1179	1188	1197	1206	1215	1225	1234
		1,01	1,03	1,04	1,05	1,07	1,09	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,21
0,0314	200	1400	1412	1423	1434	1446	1457	1469	1480	1491	1502	1514	1525
		0,86	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95	0,96	0,97	0,99	1,00	1,02
0,0397	225	1772	1786	1800	1815	1829	1843	1858	1872	1886	1900	1915	1929
		0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,81	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,89
0,0490	250	2186	2204	2221	2239	2256	2274	2292	2309	2327	2344	2362	2380
		0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77
0,0615	280	2745	2767	2789	2811	2833	2855	2878	2900	2922	2944	2966	2988
		0,566	0,575	0,584	0,593	0,602	0,611	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67
0,0778	315	3473	3501	3529	3557	3585	3613	3641	3669	3697	3725	3753	4781
		0,504	0,510	0,516	0,522	0,528	0,534	0,540	0,548	0,556	0,564	0,572	0,580
0,0989	355	4414	4450	4185	4521	4556	4592	4628	4663	4669	4734	4770	4806
		0,432	0,440	0,448	0,456	0,464	0,472	0,480	0,486	0,492	0,498	0,504	0,510
0,1256	400	5606	5651	5696	5741	5786	5831	5878	5923	5968	6013	6058	6103
		0,374	0,379	0,385	0,391	0,396	0,402	0,408	0,414	0,420	0,426	0,432	0,438
0,1589	450	7092	7149	7206	7263	7320	7377	7436	7493	7550	7607	7664	7722
		0,320	0,325	0,332	0,338	0,343	0,347	0,350	0,355	0,360	0,365	0,370	0,375

Продолжение табл. VII.11

ние, *кгс/см²*												
7,3931	7,5258	7,6642	7,8015	7,9401	8,0811	8,2221	8,3643	8,5078	8,6525	8,7984	8,9455	9,0939	9,2435
духа, м/с													
11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3
3916	3951	3987	4022	4058	4094	4129	4165	4200	4236	4272	4307	4343	4378
0,350	0,355	0,360	0,365	0,370	0,375	0,380	0,385	0,390	0,395	0,400	0,408	0,416	0,424
4974	5019	5064	5109	5154	5199	5244	5289	5334	5379	5426	5471	5516	5561
0,295	0,300	0,306	0,312	0,317	0,322	0,328	0,333	0,339	0,345	0,352	0,357	0,363	0,368
6292	6349	6406	6463	6520	6578	6635	6692	6749	6806	6864	6921	6978	7035
0,250	0,255	0,260	0,265	0,270	0,275	0,280	0,285	0,290	0,295	0,300	0,305	0,310	0,315
7769	7839	7910	7980	8051	8122	8192	8263	8333	8404	8476	8546	8617	8687
0,220	0,225	0,230	0,235	0,240	0,245	0,250	0,255	0,260	0,265	0,270	0,274	0,278	0,282
9745	9835	9923	10012	10101	10189	10278	10366	10455	10544	10631	10719	10808	10896
0,200	0,204	0,208	0,212	0,216	0,220	0,224	0,228	0,232	0,236	0,240	0,244	0,248	0,252
12335	12447	12559	12671	12783	12895	13007	13119	13231	13343	13457	13568	13680	13792
0,175	0,180	0,183	0,186	0,190	0,193	0,196	0,199	0,203	0,204	0,209	0,213	0,216	0,219
15666	15808	15950	16093	16235	16378	16520	16669	16805	16947	17090	17232	17374	17517
0,150	0,153	0,156	0,159	0,162	0,165	0,168	0,171	0,174	0,177	0,180	0,183	0,186	0,189
19895	20075	20256	20437	20618	20799	20979	21160	21341	21522	21704	21884	22065	22246
0,129	0,132	0,134	0,136	0,139	0,141	0,144	0,147	0,150	0,151	0,153	0,155	0,158	0,160
25177	25406	25635	25864	26093	26322	26551	26780	27008	27237	27466	27695	27924	28153
0,115	0,117	0,120	0,122	0,125	0,127	0,130	0,132	0,135	0,137	0,140	0,142	0,144	0,146
31086	31368	31651	31933	32216	32499	32781	33064	33346	33629	33912	34194	34477	34759
0,100	0,102	0,104	0,106	0,108	0,110	0,112	0,114	0,116	0,118	0,120	0,122	0,124	0,126
38994	39348	39703	40057	40412	40766	41121	41475	41830	42184	42539	42893	43248	43602
0,090	0,091	0,092	0,093	0,094	0,095	0,096	0,097	0,098	0,099	0,100	0,102	0,104	0,106
48569	49010	49451	49893	50334	50776	51217	51659	52100	52542	52985	53426	53868	54309
0,080	0,081	0,082	0,083	0,084	0,085	0,086	0,087	0,088	0,089	0,090	0,092	0,094	0,096
60928	61481	62035	62589	63143	63697	64251	64805	65359	65913	66467	67020	67574	68128
0,066	0,067	0,069	0,070	0,072	0,073	0,075	0,076	0,078	0,079	0,080	0,081	0,082	0,083
79580	80304	81028	81751	82475	83198	83922	84645	85369	86092	86815	87539	88263	88986
0,056	0,057	0,058	0,059	0,060	0,061	0,062	0,063	0,064	0,065	0,066	0,067	0,068	0,069

Продолжение табл. VII.11

ние, *кгс/м²*												
11,3016	11,4683	11,6362	11,8053	11,9756	12,1472	12,3199	12,4939	12,6691	12,8470	13,0247	13,2035	13,3836
духа, м/с												
13,6	13,7	13,8	13,9	14,0	14,1	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,7	14,8
384	386	389	392	395	398	400	403	406	409	412	414	417
2,41	2,45	2,48	2,51	2,55	2,59	2,62	2,65	2,69	2,72	2,76	2,80	2,84
459	463	466	469	474	476	480	483	486	490	493	496	500
2,15	2,17	2,20	2,22	2,25	2,28	2,32	2,34	2,38	2,41	2,45	2,48	2,52
596	600	605	609	615	618	622	627	631	636	640	644	649
1,85	1,87	1,90	1,92	1,95	1,97	2,00	2,02	2,05	2,07	2,10	2,12	2,15
748	754	759	765	771	776	782	787	793	798	804	809	815
1,61	1,63	1,65	1,67	1,70	1,72	1,75	1,77	1,80	1,82	1,85	1,87	1,90
979	986	993	1000	1008	1014	1022	1029	1036	1043	1051	1058	1065
1,39	1,40	1,42	1,43	1,45	1,47	1,50	1,52	1,55	1,57	1,60	1,62	1,65
1243	1252	1261	1270	1280	1288	1298	1307	1316	1325	1334	1343	1352
1,23	1,25	1,27	1,29	1,30	1,31	1,33	1,34	1,36	1,37	1,39	1,40	1,42
1536	1547	1559	1570	1582	1593	1604	1615	1627	1638	1649	1660	1672
1,03	1,05	1,06	1,07	1,09	1,10	1,12	1,13	1,14	1,16	1,17	1,19	1,20
1943	1957	1972	1986	2001	2015	2029	2043	2057	2072	2086	2100	2115
0,90	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99	1,01	1,02	1,04	1,05	1,07
2397	2415	2432	2450	2469	2486	2504	2521	2539	2557	2574	2592	2609
0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,93
3010	3032	3054	3076	3099	3121	3143	3165	3187	3209	3231	3253	3275
0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80
3809	3837	3865	3893	3921	3949	3977	4005	4033	4061	4089	4117	4145
0,588	0,590	0,604	0,612	0,620	0,629	0,640	0,650	0,660	0,670	0,68	0,69	0,70
4841	4877	4912	4948	4984	5019	5055	5090	5126	5162	5197	5233	5268
0,516	0,522	0,528	0,534	0,540	0,547	0,555	0,562	0,570	0,577	0,585	0,592	0,600
6148	6193	6238	6283	6330	6375	6420	6465	6510	6555	6600	6645	6690
0,444	0,450	0,456	0,462	0,470	0,476	0,483	0,489	0,496	0,503	0,510	0,516	0,522
7771	7836	7893	7950	8008	8065	8122	8179	8236	8294	8351	8408	8465
0,380	0,385	0,390	0,395	0,400	0,407	0,414	0,421	0,428	0,435	0,442	0,449	0,456

Площадь, $м^2$	Диаметр, мм	Динамическое давле											
		9,3942	9,5475	9,7007	9,8552	10,0109	10,1678	10,3259	10,4852	10,6458	10,8076	10,9706	11,1362
		Скорость воз											
		12,4	12,5	12,6	12,7	12,8	12,9	13,0	13,1	13,2	13,3	13,4	13,5
0,1962	500	8758	8829	8899	8970	9040	9111	9182	9252	9323	9393	9464	9535
		0,286	0,290	0,294	0,298	0,302	0,306	0,310	0,314	0,318	0,322	0,326	0,330
0,2461	560	10985	11073	11162	11250	11339	11427	11517	11605	11693	11782	11870	11959
		0,256	0,260	0,264	0,268	0,272	0,276	0,280	0,284	0,288	0,292	0,296	0,300
0,3115	630	13904	14016	14128	14240	14352	14464	14578	14690	14802	14914	15026	15138
		0,222	0,225	0,228	0,231	0,234	0,237	0,240	0,244	0,248	0,252	0,256	0,260
0,3956	710	17659	17802	17944	18086	18229	18371	18514	18656	18798	18941	19083	19226
		0,192	0,195	0,198	0,201	0,204	0,207	0,210	0,213	0,216	0,219	0,222	0,225
0,5024	800	22427	22608	22788	22969	23150	23331	23512	23692	23873	24054	24235	24416
		0,163	0,165	0,168	0,170	0,173	0,175	0,178	0,180	0,183	0,185	0,188	0,190
0,6358	900	28382	28611	28840	29060	29297	29526	29755	29984	30213	30442	30671	30900
		0,148	0,150	0,152	0,154	0,156	0,158	0,160	0,162	0,164	0,166	0,168	0,170
0,7850	1000	35042	35325	35607	35890	36172	36455	36738	37020	37303	37585	37868	38151
		0,128	0,130	0,132	0,134	0,136	0,138	0,140	0,142	0,144	0,146	0,148	0,150
0,9847	1120	43957	44311	44666	45020	45374	45729	46084	46438	46792	47147	47501	47856
		0,108	0,110	0,112	0,114	0,116	0,118	0,120	0,122	0,124	0,126	0,128	0,130
1,2265	1250	54751	55192	55624	56075	56517	56958	57400	57841	58283	58724	59166	59607
		0,098	0,100	0,102	0,104	0,106	0,108	0,110	0,111	0,112	0,113	0,114	0,115
1,5386	1400	68682	69236	69790	70344	70898	71452	72006	72559	73113	73667	74221	74775
		0,084	0,085	0,086	0,087	0,088	0,089	0,090	0,091	0,092	0,093	0,094	0,095
2,0096	1600	89710	90433	91157	91880	92604	93327	94049	94773	95497	96220	96944	97667
		0,070	0,071	0,072	0,073	0,074	0,075	0,077	0,078	0,079	0,080	0,081	0,082

Площадь, $м^2$	Диаметр, мм	Динамическое давле											
		13,5650	13,7475	13,9313	14,1162	14,3024	14,4899	14,6801	14,8699	15,0610	15,2533	15,4469	15,6416
		Скорость воз											
		14,9	15,0	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7	15,8	15,9	16,0
0,00785	100	420	424	426	429	432	435	438	441	443	446	449	452
		2,88	2,92	2,96	3,00	3,04	3,07	3,10	3,13	3,17	3,21	3,25	3,30
0,0094	110	503	507	510	513	517	520	523	527	530	534	537	541
		2,56	2,60	2,63	2,67	2,70	2,74	2,77	2,80	2,83	2,87	2,90	2,95
0,0122	125	653	658	662	666	671	675	680	684	689	693	697	703
		2,17	2,20	2,23	2,26	2,29	2,32	2,35	2,38	2,41	2,44	2,47	2,50
0,0153	140	820	826	831	837	842	848	853	859	864	870	875	881
		1,92	1,95	1,97	2,00	2,03	2,07	2,09	2,12	2,14	2,17	2,19	2,20
0,0200	160	1072	1080	1087	1094	1101	1108	1115	1122	1130	1137	1144	1152
		1,67	1,70	1,72	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86	1,88	1,90
0,0254	180	1362	1374	1380	1389	1398	1407	1417	1426	1435	1444	1453	1463
		1,43	1,45	1,46	1,48	1,49	1,51	1,52	1,54	1,55	1,57	1,58	1,60
0,0314	200	1683	1695	1706	1717	1728	1740	1751	1762	1773	1785	1796	1808
		1,22	1,24	1,26	1,27	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,35	1,37	1,41
0,0397	225	2129	2144	2157	2172	2186	2200	2215	2229	2243	2257	2272	2287
		1,08	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30
0,0490	250	2627	2646	2663	2681	2698	2716	2734	2751	2769	2786	2804	2822
		0,94	0,96	0,97	0,99	1,00	1,02	1,03	1,05	1,06	1,08	1,09	1,10
0,0615	280	3297	3321	3342	3364	3386	3408	3430	3452	3474	3486	3518	3542
		0,81	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93
0,0778	315	4173	4201	4229	4257	4285	4313	4341	4369	4397	4425	4453	4481
		0,71	0,715	0,724	0,733	0,742	0,751	0,760	0,769	0,778	0,787	0,796	0,800
0,0989	355	5304	5340	5375	5410	5446	5481	5517	5553	5588	5624	5659	5697
		0,608	0,615	0,624	0,633	0,642	0,651	0,660	0,669	0,678	0,687	0,696	0,700
0,1256	400	6735	6782	6827	6872	6917	6962	7007	7052	7097	7142	7187	7234
		0,529	0,539	0,543	0,550	0,557	0,564	0,571	0,578	0,585	0,592	0,599	0,606
0,1589	450	8522	8580	8637	8694	8751	8808	8866	8923	8980	9037	9094	9152
		0,463	0,470	0,475	0,480	0,485	0,490	0,495	0,500	0,505	0,510	0,515	0,520
0,1962	500	10523	10595	10665	10736	10806	10877	10948	11018	11089	11159	11230	11301
		0,395	0,407	0,414	0,421	0,428	0,435	0,442	0,449	0,456	0,461	0,468	0,470
0,2461	560	13200	13289	13377	13466	13554	13643	13732	13820	13909	13997	14086	14175
		0,365	0,370	0,374	0,378	0,382	0,386	0,390	0,394	0,398	0,402	0,406	0,410
0,3115	630	16708	16821	16933	17045	17157	17269	17381	17493	17605	17717	17829	17942
		0,316	0,320	0,323	0,326	0,329	0,332	0,335	0,338	0,341	0,344	0,347	0,350

Продолжение табл. VII.11

ние, *кгс/м²*												
11,3016	11,4683	11,6362	11,8053	11,9756	12,1472	12,3199	12,4939	12,6691	12,8470	13,0247	13,2035	13,3836
духа, м/с												
13,6	13,7	13,8	13,9	14,0	14,1	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,7	14,8
9605	9676	9746	9817	9888	9958	10029	10099	10170	10240	10311	10382	10452
0,334	0,338	0,342	0,346	0,350	0,355	0,360	0,365	0,270	0,375	0,380	0,385	0,390
12048	12136	12224	12313	12403	12491	12580	12668	12757	12845	12934	13023	13111
0,304	0,308	0,312	0,316	0,320	0,325	0,330	0,335	0,340	0,345	0,350	0,355	0,360
15250	15362	15474	15587	15699	15811	15923	16035	16147	16259	16371	16483	16595
0,264	0,268	0,272	0,276	0,280	0,284	0,288	0,292	0,296	0,300	0,304	0,308	0,312
19368	19510	19653	19795	19938	20080	20222	20365	20507	20650	20792	20934	21077
0,228	0,231	0,234	0,237	0,240	0,244	0,248	0,252	0,256	0,260	0,264	0,268	0,272
24596	24666	24958	25139	25321	25501	25682	25863	26044	26225	26405	26586	26767
0,192	0,195	0,197	0,200	0,205	0,208	0,211	0,214	0,217	0,220	5,223	0,226	0,229
31129	31358	31586	31815	32044	32273	32502	32731	32960	33189	33418	33647	33875
0,172	0,174	0,176	0,178	0,180	0,183	0,186	0,189	0,192	0,195	0,198	0,201	0,204
38433	38716	38998	39281	39564	39846	40129	40411	40694	40977	41259	41542	41824
0,152	0,154	0,156	0,158	0,160	0,162	0,164	0,165	0,167	0,169	0,171	0,172	0,174
48210	48565	48919	49274	49629	49983	50337	50692	51046	51401	51755	52110	52464
0,132	0,134	0,136	0,138	0,140	0,142	0,144	0,146	0,148	0,150	0,152	0,154	0,156
60049	60490	60932	61373	61815	62256	62698	63139	63581	64022	64464	64905	65347
0,116	0,117	0,118	0,119	0,120	0,122	0,124	0,126	0,128	0,130	0,132	0,134	0,136
75329	75883	76437	76991	77545	78098	78652	79206	79760	80314	80868	81422	81976
0,096	0,097	0,098	0,099	0,100	0,102	0,105	0,107	0,110	0,112	0,115	0,117	0,120
98391	99114	99838	100561	101284	102008	102731	103455	104178	104902	105625	106349	107072
0,083	0,085	0,086	0,088	0,089	0,091	0,093	0·094	0,096	0,097	0,099	0,101	0,103

Продолжение табл. VII.11

ние, *кгс/м²*												
15,8376	16,0351	16,2337	16,4335	16,6345	16,8367	17,0402	17,2449	17,4508	17,6579	17,8663	18,0758	18,2866
духа, м/с												
16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17,0	17,1	17,2	17,3
455	457	460	463	466	469	471	474	477	480	483	485	488
3,34	3,38	3,42	3,46	3,50	3,55	3,59	3,59	3,67	3,71	3,75	3,80	3,84
544	547	550	554	557	561	564	567	571	575	578	581	584
2,98	3,02	3,05	3,09	3,12	3,16	3,19	3,23	3,26	3,30	3,32	3,35	3,37
707	711	716	720	724	729	733	738	742	746	751	755	760
2,53	2,57	2,60	2,64	2,67	2,71	2,74	2,78	2,81	2,85	2,87	2,90	2,92
886	892	897	903	908	914	919	925	930	936	941	947	952
2,22	2,25	2,28	2,31	2,33	2,36	2,38	2,40	2,42	2,45	2,47	2,50	2,52
1159	1166	1173	1180	1187	1194	1202	1209	1216	1224	1231	1238	1245
1,92	1,94	1,96	1,98	2,00	2,02	2,04	2,06	2,08	2,10	2,12	2,15	2,17
1471	1481	1490	1499	1508	1517	1526	1535	1544	1554	1563	5572	1581
1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,72	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,85	1,87
1819	1830	1841	1853	1864	1875	1886	1898	1909	1921	1932	1943	1954
1,42	1,44	1,45	1,47	1,48	1,50	1,51	1,53	1,55	1,58	1,59	1,61	1,62
2301	2316	2329	2344	2358	2373	2387	2401	2416	2429	2443	2457	2472
1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40	1,41	1,43	1,44
2839	2857	2874	2892	2910	2927	2945	2962	2980	2999	3016	3033	3051
1,11	1,12	1,14	1,15	1,16	1,18	1,19	1,20	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26
3564	3586	3608	3630	3652	3674	3696	3718	3740	3763	3785	3807	3829
0,94	0,96	0,97	0,99	1,00	1,02	1,03	1,05	1,07	1,10	1,11	1,12	1,13
4509	4537	4565	4593	4621	4649	4677	4705	4733	4761	4789	4817	4845
0,810	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,91	0,92	0,925	0,93
5731	5767	5802	5838	5874	5909	5945	5980	6016	6052	6087	6123	6158
0,710	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,785	0,79	0,80	0,81	0,82
7279	7324	7369	7414	7459	7504	7549	7594	7639	7687	7732	7777	7822
0,614	0,622	0,630	0,639	0,646	0,654	0,662	0,670	0,675	0,680	0,688	0,696	0,704
9209	9266	9323	9380	9438	9495	9552	9609	9666	9725	9782	9839	9896
0,527	0,534	0,541	0,548	0,555	0,562	0,568	0,575	0,582	0,590	0,596	0,602	0,608
11371	11442	11512	11583	11654	11724	11795	11865	11936	12007	12077	12148	12218
0,476	0,482	0,488	0,494	0,500	0,506	0,512	0,518	0,524	0,530	0,536	0,542	0,548
14263	14352	14440	14529	14618	14706	14795	14883	14972	15061	15149	15238	15326
0,415	0,420	0,425	0,430	0,435	0,440	0,445	0,450	0,455	0,460	0,465	0,470	0,475
18054	18166	18278	18390	18502	18615	18726	18838	18950	19064	19176	19288	19400
0,355	0,360	0,365	0,370	0,375	0,380	0,385	0,390	0,395	0,400	0,404	0,408	0,412

Площадь, м²	Диаметр, мм	Динамическое давле											
		13,5650	13,7475	13,9313	14,1162	14,3024	14,4899	14,6801	14,8699	15,0610	15,2533	15,4469	15,6416
		Скорость воз											
		14,9	15,0	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7	15,8	15,9	16,0
0,3956	710	21219	21362	21504	21646	21781	21931	22074	22160	22358	22501	22643	22786
		0,276	0,280	0,283	0,286	0,289	0,292	0,295	0,298	0,301	0,304	0,307	0,310
0,5024	800	26948	27129	27309	27490	27671	27852	28033	28213	28314	28575	28756	28938
		0,232	0,234	0,237	0,240	0,243	0,246	0,249	0,252	0,255	0,258	0,261	0,264
0,6358	900	34104	34333	34562	34791	35020	35250	35479	35708	35937	36165	36394	36622
		0,207	0,210	0,213	0,216	0,219	0,222	0,225	0,228	0,231	0,234	0,237	0,240
0,7850	1000	42107	42390	42672	42955	43237	43520	43803	44085	44368	44650	44933	45216
		0,177	0,179	0,182	0,185	0,188	0,191	0,194	0,197	0,200	0,203	0,206	0,210
0,9847	1120	52819	53174	53528	53882	54237	54591	54946	55300	55655	56009	56364	56719
		0,158	0,160	0,162	0,164	0,166	0,168	0,170	0,172	0,174	0,176	0,178	0,180
1,2265	1250	65788	66231	66672	67114	67555	67997	68438	68880	69321	69763	70204	70646
		0,138	0,140	0,142	0,144	0,146	0,148	0,150	0,152	0,154	0,156	0,158	0,160
1,5386	1400	82530	83084	83637	84191	84745	85299	85853	86407	86961	87515	88069	88623
		0,122	0,125	0,126	0,127	0,128	0,129	0,130	0,131	0,132	0,133	0,134	0,135
2,0096	1600	107795	108518	109241	109965	110688	111412	112135	112859	113582	114306	115029	115753
		0,105	0,107	0,108	0,109	0,110	0,110	0,111	0,112	0,113	0,114	0,1145	0,1147

Площадь, м²	Диаметр, мм	Динамическое давле											
		18 4986	18,7119	18,9263	19,1420	19,3589	19,5771	19,7964	20,0170	20,2387	20,4618	20,6860	20,9115
		Скорость воз											
		17,4	17,5	17,6	17,7	17,8	17,9	18,0	18,1	18,2	18,3	18,4	18,5
0,00785	100	492	495	497	500	503	506	508	511	514	516	519	522
		3,88	3,93	3,97	4,02	4,06	4,10	4,15	4,20	4,24	4,29	4,34	4,48
0,0094	110	588	591	595	598	601	605	609	612	615	618	621	625
		3,40	3,42	3,45	3,47	3,50	3,52	3,55	3,59	3,64	3,68	3,73	3,87
0,0122	125	764	768	773	777	782	786	790	795	799	804	808	812
		2,95	2,97	3,00	3,02	3,05	3,07	3,10	3,13	3,17	3,20	3,24	3,27
0,0153	140	958	963	969	974	980	985	991	997	1002	1007	1013	1018
		2,55	2,57	2,60	2,62	2,65	2,67	2,70	2,73	2,76	2,79	2,82	2,85
0,0200	160	1252	1259	1266	1274	1281	1288	1296	1303	1310	1317	1324	1331
		2,19	2,21	2,24	2,27	2,30	2,32	2,35	2,37	2,39	2,41	2,44	2,45
0,0254	180	1590	1599	1608	1618	1627	1636	1646	1654	1663	1672	1682	1691
		1,90	1,92	1,95	1,97	2,00	2,02	2,03	2,05	2,06	2,08	2,10	2,12
0,0314	200	1966	1977	1988	1999	2011	2022	2035	2045	2056	2067	2079	2090
		1,63	1,64	1,65	1,67	1,70	1,73	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86
0,0397	225	2486	2500	2515	2529	2543	2557	2572	2586	2600	2615	2629	2643
		1,46	1,47	1,49	1,50	1,52	1,53	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62
0,0490	250	3068	3086	3103	3121	3138	3156	3175	3192	3220	3227	3245	3262
		1,27	1,28	1,29	1,31	1,32	1,33	1,35	1,36	1,37	1,39	1,40	1,41
0,0615	280	3851	3873	3895	3917	3939	3961	3985	4007	4029	4051	4073	4095
		1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25
0,0778	315	4873	4901	4929	4957	4985	5013	5041	5069	5097	5125	5153	5181
		0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,02	1,03	1,05	1,06	1,08
0,0989	355	6194	6230	6265	6301	6336	6372	6409	6444	6480	6515	6551	6587
		0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,898	0,906	0,916	0,924	0,932
0,1256	400	7867	7912	7957	8002	8047	8092	8139	8194	8229	8274	8319	8364
		0,712	0,720	0,728	0,736	0,744	0,752	0,760	0,767	0,774	0,781	0,788	0,795
0,1589	450	9953	10010	10067	10124	10182	10239	10297	10354	10411	10468	10525	10583
		0,614	0,620	0,626	0,632	0,638	0,644	0,650	0,659	0,668	0,677	0,686	0,695
0,1962	500	12289	12360	12430	12501	12571	12642	12714	12784	12855	12925	12996	13067
		0,554	0,560	0,566	0,572	0,578	0,584	0,590	0,596	0,602	0,608	0,614	0,620
0,2461	560	15415	15504	15592	15681	15769	15858	15947	16035	16124	16212	16301	16390
		0,480	0,485	0,490	0,495	0,500	0,505	0,510	0,516	0,522	0,528	0,534	0,540
0,3115	630	19512	19624	19736	19848	19960	20072	20185	20297	20409	20521	20633	20745
		0,416	0,420	0,424	0,428	0,432	0,436	0,440	0,445	0,450	0,455	0,460	0,465
0,3956	710	24780	24923	25065	25207	25350	25492	25635	25777	25919	26062	26204	26347
		0,366	0,370	0,374	0,378	0,382	0,386	0,390	0,393	0,396	0,399	0,402	0,405
0,5024	800	31470	31651	31831	32012	32193	32374	32555	32735	32916	33097	33278	33459
		0,312	0,316	0,320	0,324	0,328	0,329	0,330	0,333	0,336	0,339	0,342	0,345
0,6358	900	39827	40056	10285	40514	10742	40971	41200	41429	41658	41887	42116	42345
		0,272	0,275	0,278	0,281	0,284	0,287	0,290	0,294	0,298	0,302	0,306	0,310

Продолжение табл. VII.11

ние, *кгс/м²*											
15,8376	16,0351	16,2337	16,4335	16,6345	16,8367	17,0402	17,2449	17,4508	17,6579	17,8663	18,0758	18,2866
духа, *м/с*												
16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17,0	17,1	17,2	17,3
22928	23070	23213	23355	23498	23640	23782	23925	24067	24211	24353	24495	24638
0,314	0,318	0,322	0,326	0,330	0,334	0,338	0,342	0,346	0,350	0,354	0,358	0,362
29118	29299	29480	29661	29842	30022	30203	30384	30565	30747	30927	31108	31289
0,267	0,270	0,273	0,276	0,280	0,283	0,286	0,289	0,292	0,296	0,300	0,304	0,308
36851	37080	37309	37538	37767	37996	38225	38453	38682	38911	39140	39369	39598
0,242	0,244	0,246	0,248	0,250	0,252	0,254	0,256	0,258	0,260	0,263	0,266	0,269
45498	45781	46063	46346	46629	46911	47194	47476	47759	48042	48324	48607	48889
0,213	0,216	0,219	0,221	0,225	0,228	0,231	0,234	0,237	0,240	0,242	0,244	0,246
57073	57427	57782	58136	58491	58845	59200	59554	59909	60263	60618	60972	61327
0,182	0,184	0,186	0,188	0,190	0,192	0,194	0,196	0,198	0,200	0,203	0,206	0,209
71087	71529	71970	72412	72853	73295	73736	74178	74619	75062	75503	75945	76386
0,162	0,164	0,166	0,168	0,170	0,172	0,174	0,176	0,178	0,180	0,182	0,184	0,186
89176	89730	90284	90838	91392	91946	92500	93054	93608	94162	94715	95269	95823
0,136	0,138	0,139	0,141	0,142	0,144	0,145	0,147	0,148	0,150	0,152	0,154	0,156
116476	117200	117923	118647	119370	120094	120817	121541	122264	122987	123110	124435	125158
0,115	0,116	0,117	0,118	0,120	0,121	0,123	0,125	0,127	0,128	0,129	0,131	1,132

Продолжение табл. VII.11

ние, *кгс/м²*											
21,1382	21,3661	21,5952	21,8255	22,0571	22,2899	22,5239	22,7591	22,9950	23,2333	23,4722	23,7123	23,9536
духа, *м/с*												
18,6	18,7	18,8	18,9	19,0	19,1	19,2	19,3	19,4	19,5	19,6	19,7	19,8
524	527	530	533	536	539	541	544	547	550	553	555	558
4,43	4,48	4,53	4,59	4,60	4,64	4,69	4,74	4,78	4,83	4,88	4,92	4,97
628	632	635	639	643	645	649	652	655	659	662	666	669
3,92	3,96	4,01	4,02	4,03	4,06	4,10	4,13	4,17	4,20	4,24	4,27	4,31
817	821	825	830	834	839	843	848	852	856	861	865	869
3,31	3,34	3,38	3,42	3,45	3,49	3,53	3,57	3,61	3,65	3,69	3,73	3,77
1024	1029	1035	1040	1046	1052	1057	1063	1068	1074	1080	1085	1090
2,88	2,91	2,94	2,97	3,00	3,03	3,06	3,09	3,12	3,15	3,18	3,21	3,24
1339	1346	1353	1360	1368	1375	1382	1389	1396	1403	1410	1418	1425
2,47	2,49	2,51	2,53	2,55	2,58	2,61	2,64	2,67	2,70	2,73	2,76	2,79
1700	1709	1719	1727	1737	1745	1755	1764	1773	1782	1791	1800	1810
2,14	2,16	2,17	2,18	2,20	2,23	2,26	2,29	2,30	2,33	2,36	2,39	2,42
2101	2112	2124	2135	2147	2158	2169	2180	2192	2203	2214	2225	2237
1,88	1,90	1,91	1,92	1,95	1,97	1,99	2,01	2,03	2,05	2,07	2,09	2,11
2657	2672	2686	2700	2715	2729	2743	2757	2772	2786	2800	2815	2829
1,64	1,65	1,67	1,68	1,70	1,72	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86
3280	3298	3315	3333	3351	3368	3386	3403	3421	3438	3456	3474	3491
1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,51	1,52	1,54	1,55	1,57	1,58	1,60
4117	4139	4161	4184	4206	4228	4250	4272	4294	4316	4338	4360	4382
1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,33	1,34	1,36	1,37	1,39	1,40	1,41
5209	5237	5265	5293	5321	5349	5377	5405	5433	5461	5489	5517	5545
1,09	1,11	1,12	1,13	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
6622	6658	6693	6728	6765	6800	6836	6871	6907	6943	6978	7014	7049
0,940	0,948	0,956	0,962	0,970	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08
8409	8454	8499	8545	8591	8636	8681	8726	8771	8816	8861	8900	8951
0,802	0,809	0,816	0,823	0,839	0,840	0,850	0,860	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92
10640	10697	10754	10811	10869	10926	10983	11040	11097	11154	11211	11268	11325
0,704	0,713	0,722	0,731	0,740	0,746	0,752	0,758	0,764	0,770	0,776	0,780	0,785
13137	13208	13278	13349	13420	13490	13561	13631	13702	13773	13843	13914	13984
0,626	0,623	0,638	0,644	0,650	0,655	0,660	0,665	0,670	0,675	0,680	0,685	0,690
16478	16567	16655	16744	16833	16921	17010	17098	17187	17276	17364	17453	17541
0,546	0,552	0,558	0,564	0,570	0,575	0,580	0,585	0,590	0,595	0,600	0,605	0,610
20857	20969	21081	21193	21306	21418	21530	21642	21754	21866	21978	22090	22202
0,470	0,475	0,480	0,485	0,490	0,495	0,500	0,505	0,510	0,515	0,520	0,525	0,530
26489	26631	26774	26916	27059	27201	27343	27486	27628	27771	27913	28055	28198
0,408	0,411	0,414	0,417	0,420	0,426	0,432	0,438	0,444	0,450	0,456	0,462	0,468
33639	33820	34001	34182	34364	34544	34725	34906	35087	35268	35449	35630	35811
0,348	0,351	0,354	0,357	0,364	0,368	0,372	0,376	0,380	0,384	0,388	0,392	0,396
42574	42803	43031	43260	43489	43718	43947	44176	44405	44634	44863	45092	45320
0,314	0,318	0,322	0,326	0,330	0,333	0,336	0,339	0,342	0,345	0,348	0,351	0,354

Площадь, $м^2$	Диаметр, мм	Динамическое давле											
		18,4986	18,7119	18,9263	19,1420	19,3589	19,5771	19,7964	20,0170	20,2387	20,4618	20,6860	20,9115
		Скорость воз											
		17,4	17,5	17,6	17,7	17,8	17,9	18,0	18,1	18,2	18,3	18,4	18,5
0,7850	1000	49172	49455	49737	50020	50302	50585	50868	51150	51433	51715	51998	52281
		0,248	0,250	0,252	0,254	0,256	0,258	0,260	0,263	0,266	0,269	0,272	0,275
0,9847	1120	61681	62035	62390	62744	63099	63453	63808	64162	64517	64871	65226	65580
		0,212	0,215	0,218	0,221	0,224	0,227	0,230	0,232	0,234	0,236	0,238	0,240
1,2265	1250	76828	77269	77711	78152	78594	79035	79477	79918	80360	80801	81243	81684
		0,188	0,190	0,192	0,194	0,196	0,198	0,200	0,202	0,204	0,206	0,208	0,210
1,5386	1400	96377	96931	97485	98039	98593	99147	99701	100254	100808	101362	101916	102470
		0,158	0,160	0,162	0,164	0,166	0,168	0,170	0,172	0,174	0,176	0,178	0,180
2,0096	1600	125882	126605	127329	128052	128776	129499	130222	130945	131669	132392	133116	133839
		0,134	0,135	0,137	0,139	0,141	0,142	0,143	0,144	0,146	0,147	0,149	0,151

Площадь, $м^2$	Диаметр, мм	Динамическое давление, $кгс/м^2$											
		24,1962	24,4400	25,6773	26,9451	28,243	29,572	30,931	32,321	33,7425	35,1936	36,6753	38,1875
		Скорость воздуха, м/с											
		19,9	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0
0,00785	100	561	565	579	593	607	622	636	650	664	678	692	706
		5,02	5,09	5,20	5,50	5,75	5,97	6,15	6,50	6,90	7,00	7,28	7,76
0,0094	110	672	677	694	710	727	744	760	778	794	812	828	846
		4,36	4,40	4,80	4,95	5,05	5,30	5,60	5,80	6,00	6,20	6,70	6,80
0,0122	125	874	878	900	922	944	966	988	1010	1032	1054	1076	1098
		3,81	3,85	3,97	4,10	4,35	4,60	4,87	4,95	5,10	5,25	5,47	5,70
0,0153	140	1096	1101	1129	1157	1184	1212	1239	1267	1295	1322	1350	1377
		3,27	3,30	3,45	3,60	3,80	4,00	4,15	4,30	4,50	4,70	4,85	5,00
0,0200	160	1432	1440	1475	1512	1548	1584	1620	1656	1692	1728	1764	1800
		2,82	2,85	2,97	3,10	3,25	3,40	3,55	3,70	3,85	4,00	4,14	4,20
0,0254	180	1819	1829	1874	1920	1965	2012	2056	2103	2148	2194	2239	2286
		2,45	2,48	2,59	2,70	2,80	2,90	3,05	3,20	3,32	3,45	3,57	3,70
0,0314	200	2248	2261	2316	2374	2429	2487	2542	2600	2655	2713	2768	2826
		2,13	2,16	2,25	2,35	2,47	2,60	2,70	2,80	2,90	3,00	3,16	3,32
0,0397	225	2843	2858	2929	3001	3072	3144	3215	3287	3358	3430	3501	3573
		1,88	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,37	2,45	2,57	2,70	2,75	2,80
0,0490	250	3509	3528	3616	3704	3792	3880	3968	4057	4144	4233	4321	4410
		1,62	1,65	1,72	1,80	1,90	2,00	2,05	2,10	2,27	2,35	2,42	2,50
0,0615	280	4404	4428	4538	4649	4759	4871	4980	5092	5202	5313	5423	5535
		1,43	1,45	1,52	1,60	1,65	1,70	1,77	1,85	1,92	2,00	2,08	2,15
0,0778	315	5573	5601	5741	5882	6022	6162	6302	6442	6582	6722	6862	7002
		1,24	1,25	1,30	1,35	1,42	1,50	1,57	1,65	1,70	1,75	1,83	1,90
0,0989	355	7085	7121	7299	7477	7655	7833	8011	8189	8367	8545	8723	8901
		1,09	1,10	1,15	1,20	1,27	1,35	1,37	1,40	1,45	1,50	1,58	1,65
0,1256	400	8996	9043	9269	9495	9721	9947	10173	10399	10625	10852	11078	11304
		0,93	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,18	1,22	1,26	1,30	1,36	1,43

Для прямоугольных каналов в величину R вносится поправка на форму канала

$$R_{\text{п}} = mR_{\text{к}}, \qquad \text{(VII.9)}$$

где m — поправочный коэффициент, определяемый по номограмме листа VII.11, рис. 1, в зависимости от размеров сторон прямоугольного канала a и b;

$R_{\text{к}}$ — сопротивление 1 $м$ круглого воздуховода, выполненного из материалов, имеющих абсолютную шероховатость 0,1 $мм$ (металл, фанера, стекло и др.); определяется по номограммам листов VII.7—VI.10 или табл. VII.11.

Для каналов, имеющих абсолютную шероховатость поверхности более 0,1 $мм$, вносится поправка на шероховатость в $R_{\text{к}}$

$$R_{\text{ш}} = nR_{\text{к}}, \qquad \text{(VII.10)}$$

где n — поправочный коэффициент, принимаемый по номограмме листа VII.12, в зависимости от скорости, абсолютной шероховатости $K_{\text{э}}$ (см. стр. 101) и диаметра воз-

Продолжение табл. VII.11

ние, *кгс/м²*												
21,1382	21,3661	21,5952	21,8255	22,0571	22,2899	22,5239	22,7591	22,9956	23,2333	23,4722	23,7123	23,9536
духа, *м/с*												
18,6	18,7	18,8	18,9	19,0	19,1	19,2	19,3	19,4	19,5	19,6	19,7	19,8
52563	52846	53128	53411	53694	53976	54259	54541	54824	55107	55389	55672	55954
0,278	0,281	0,284	0,287	0,290	0,292	0,294	0,296	0,298	0,300	0,302	0,304	0,306
65935	66289	66644	66998	67353	67707	68062	68416	68771	69125	69480	69834	70189
0,242	0,244	0,246	0,248	0,250	0,253	0,256	0,259	0,262	0,265	0,268	0,271	0,274
82126	82567	83009	83450	83892	84333	84775	85216	85658	86099	86541	86982	87424
0,212	0,214	0,216	0,218	0,220	0,223	0,226	0,229	0,232	0,235	0,238	0,241	0,244
103024	103578	104132	104686	105240	105793	106347	106901	107455	108009	108563	109117	109671
0,182	0,184	0,186	0,188	0,190	0,193	0,196	0,199	0,202	0,205	0,208	0,211	0,214
134563	135286	136010	136733	137456	138179	138903	139626	140350	141073	141797	142520	143244
0,152	*0,154*	*0,155*	*0,157*	0,158	*0,160*	*0,162*	*0,164*	0,166	0,168	*0,170*	*0,172*	0,174

Продолжение табл. VII.11

Площадь, *м²*	Диаметр, *мм*	Динамическое давление, *кгс/м²*											
		24,1962	24,4400	25,6773	26,9451	28,243	29,572	30,931	32,321	33,7425	35,1936	36,6753	38,1875
		Скорость воздуха, *м/с*											
		19,9	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0
0,1589	450	11382	11441	11727	12013	12299	12585	12871	13160	13443	13729	14015	14301
		0,790	0,800	0,850	0,90	0,95	1,00	1,04	1,08	1,11	1,15	1,20	1,25
0,1962	500	14055	14126	14479	14833	15186	15539	15892	16245	16598	16951	17304	17658
		0,695	0,709	0,750	0,78	0,82	0,85	0,90	0,95	0,97	1,00	1,05	1,10
0,2461	560	17630	17719	18162	18605	19048	19491	19934	20377	20820	21263	21706	22149
		0,615	0,620	0,650	0,69	0,71	0,74	0,77	0,80	0,83	0,87	0,91	0,95
0,3115	630	22314	22428	22988	23549	24109	24671	25231	25792	26352	26913	27473	28035
		0,536	0,540	0,570	0,59	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76	0,78	0,80
0,3956	710	28340	28483	29195	29907	30619	31331	32043	32756	33467	34180	34892	35604
		0,474	0,480	0,490	0,51	0,54	0,57	0,58	0,60	0,63	0,67	0,69	0,71
0,5024	800	35992	36173	37077	37981	38885	39790	40694	41599	42503	43407	44311	45216
		0,400	0,404	0,430	0,45	0,47	0,49	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59	0,622
0,6358	900	45549	45777	46921	48066	49210	50355	51499	52644	53788	54933	56077	57222
		0,357	0,360	0,380	0,400	0,410	0,420	0,450	0,470	0,485	0,500	0,520	0,540
0,7850	1000	56237	56520	57933	59346	60759	62172	63585	64998	66411	67824	69237	70650
		0,308	0,311	0,330	0,350	0,370	0,380	0,390	0,410	0,425	0,440	0,460	0,480
0,9847	1120	70543	70898	72670	74443	76215	77988	79760	81533	83305	85078	86850	88623
		0,277	0,280	0,290	0,300	0,320	0,340	0,350	0,360	0,375	0,390	0,400	0,420
1,2265	1250	87865	88308	90515	92723	94930	97139	99346	101554	103761	105969	108176	110385
		0,247	0,250	0,255	0,260	0,270	0,290	0,300	0,310	0,330	0,350	0,355	0,360
1,5386	1400	110225	110779	113548	116318	119087	121857	124626	127396	130165	132935	135704	138474
		0,217	0,200	0,210	0,220	0,225	0,230	0,245	0,260	0,270	0,280	0,290	0,300
2,0096	1600	143967	144691	148308	151925	155542	159160	162777	166394	170011	173629	177246	180864
		0,175	0,176	0,190	0,200	0,202	0,204	0,209	0,218	0,228	0,240	0,255	0,270

духовода. Для прямоугольных воздуховодов принимается диаметр, равновеликий по площади.

Сопротивление фильтров, калориферов, решеток и другого оборудования определяют при подборе оборудования, суммируют и добавляют к сопротивлению сети воздуховодов.

В системах искусственной вентиляции общее сопротивление значительно превышает гравитационное давление и характеризует то давление, которое должен развивать вентилятор. По этому давлению и расходу воздуха подбирается вентилятор (см. стр. 143).

Пример VII.2. Рассчитать вытяжную систему, показанную на листах VII.1 и VII.2. Объем комнат жилого дома принят по 120 $м^3$.

Необходимое количество вентиляционного воздуха по кратности (см. табл. VII.7)

$$L = 120\ Кр = 120 \cdot 1{,}0 = 120\ м^3/ч.$$

Таблица VII.12.

Номер участка	L	l	$a \times b$	v	d_f	R
1	2	3	4	5	6	7
1	60	1	140×140	0,85	158	0,0092
2	60	1	200×200	0,43	226	0,0018
3	180	2	200×200	1,25	226	0,0120
4	240	3	200×200	1,67	226	0,0190
5	480	4	300×300	1,48	339	0,0095
						Перерасчет
1	60	1	140×140	0,85	158	0,0092
4	240	3	300×300	0,75	339	0,0030
5	480	4	400×400	0,85	452	0,0025

В участках *1* и *2* расход воздуха одинаковый, но сечение каналов разное, поэтому эта часть воздуховода разбивается на два участка. По общему виду системы можно предположить, что участки *1—2—3—4—5* дадут большее сопротивление, чем участки *12—11—9—5*. Заполняем расчетный бланк (табл. VII.12).

При заполнении бланка учитывались следующие соображения.

Графа 2. Количество воздуха по участкам распределялось в соответствии с листом VII.2, рис. 3 и 4 и по схеме на листе VII.1, рис. 2, где принято по 2 канала на одно помещение верхнего этажа, поэтому расходы на участках 1, 7, 8 и 12 приняты по 60 $м^3/ч$, на участках 6 и 10 — по 120 $м^3/ч$.

Графа 3. Длина участков определена по чертежам в *м*.

Графа 4. Размеры каналов в кирпичной стене определены по номограмме листа VII.5, в зависимости от расхода воздуха и этажности: участок 1 — $a \times b = {}^1/_2 \times {}^1/_2$ кирпича; участок 6 и 10 — ${}^1/_2 \times 1$ кирпич; участок 12 — ${}^1/_2 \times {}^1/_2$ кирпича; участок 2 принят минимального сечения. Сечения остальных участков приняты по номограмме листа VII.6 и скорости воздуха в пределах 1—2 *м/с* (см. стр. 56).

Графа 5. Действительные скорости определены по номограмме листа VII.6.

Графы 6, 7 и 13 заполнены по номограмме листа VII.7 и VII.8 и известным значениям L и v (графы 2 и 5). Графа 13 может быть заполнена по табл. VII.11.

Графы 8 и 10 заполнены по номограммам листа VII.11 и VII.12, графа 9 — в зависимости от материала воздуховода по данным стр. 101.

Графа 12. Сумма коэффициентов местных сопротивлений оценена по табл. VII.13.

Коэффициенты местных сопротивлений по участкам определяются следующим образом.

Участок 1. Решетка (табл. VII.13, п. 49) $\zeta = 1{,}21$

Три колена под углом 90° (табл. VII.13, п. 3) $\zeta = 1{,}1 \times 3 = 3{,}3$

Итого $\Sigma\zeta_1 = 4{,}51$

Участок 2. Местных сопротивлений не имеет.

Участок 3. Тройник на стыке участков *2*, *3* и *6*: $d = 90°$; $v_2 = 0{,}43$; $v_3 = 1{,}25$; $v_6 = 0{,}9$ (индексы соответствуют номерам участков).

$$v_c' = \frac{L_2}{L_3} = \frac{60}{180} 0{,}43 = 0{,}143 \quad \text{(по табл. VII.13, п. 55);}$$

$$\frac{v_c'}{v_3} = \frac{0{,}143}{1{,}25} = 0{,}114; \quad \frac{v_2}{v_3} = \frac{0{,}43}{1{,}25} = 0{,}34;$$

$\zeta_3 = 0{,}45$ (по табл. VII.13, п. 55; см. примечание на стр. 100).

m	$K_э$	n	$Rlmn$	$\Sigma\zeta$	h_q	z	$Rlmn+z$
8	9	10	11	12	13	14	15
1,13	5	1,77	0,0184	4,51	0,045	0,203	0,221
1,13	1	1,07	0,0021	0,00	0,010	0,000	0,002
1,13	1	1,17	0,0317	0,45	0,095	0,043	0,075
1,13	1	1,23	0,0790	1,31	0,170	0,223	0,302
1,13	1	1,17	0,0500	1,01	0,138	0,139	0,189

$$H_{сист} = \sum_{1}^{5} \left(Rlmn+z\right) = 0{,}789$$

участков

1,13	5	1,77	0,0184	2,56	0,045	0,115	0,133
1,13	1	1,12	0,0113	1,81	0,035	0,063	0,074
1,13	1	1,13	0,0127	1,03	0,043	0,044	0,57

$$H_{сист} = \sum_{1}^{5} \left(Rlmn+z\right) = 0{,}341$$

Участок 4. Тройник на стыке участков *3* и *7*: $\alpha = 45°$; $v_7 = 0{,}85$; $v_3 = 1{,}25$; $v_4 = 1{,}67$.

$$v_c' = \frac{L_7}{L_4} v_7 \cos' 45 + \frac{L_3}{L_4} v_3 = \frac{60}{240} 0{,}85 \times 0{,}707 + \frac{180}{240} 1{,}25 = 1{,}09;$$

$$\frac{v_c'}{v_4} = \frac{1{,}09}{1{,}67} = 0{,}65; \quad \frac{v_3}{v_4} = \frac{1{,}25}{1{,}67} = 0{,}75; \quad \zeta = 0{,}3.$$

Внезапное расширение при входе воздуховода в типовую камеру (лист VII.2) сечением 0,85 $м^2$,

$$\frac{f}{F} = \frac{0{,}04}{0{,}85} = 0{,}05 \text{ (по табл. VII.13, п. 5, } C\text{)}; \quad \zeta_C = 1{,}01.$$

Итого на расчетном участке *4* $\Sigma\zeta_4 = 1{,}31$.

Участок 5. Внезапное сужение с поворотом потока при входе в шахту из камеры (по табл. VII.13, п. 5,А)

$$\frac{f}{F} = \frac{0{,}3 \cdot 0{,}3}{0{,}85} = 0{,}106; \quad \zeta_A = 0{,}41.$$

Дефлектор ЦАГИ на шахте (по табл. VII.13, п.30) $\zeta = 0{,}6$.

Определяем располагаемое гравитационное давление по формуле (VII.6).

По табл. VII.12 длина участков *1* и *5* равна $l_1 = 1$ *м*; $l_5 = 4$ *м*; расчетная высота $h_2 = l_1 + l_5 = 5$ *м*. При температуре воздуха $t_н = 5°$ $\gamma_н = 1{,}27$ *кг/м³*; $t_в = 20°$ $\gamma_в = 1{,}2$ *кг/м³*. Подставляем эти значения в формулу (VII.6)

$$p_{гр} = h_2 (\gamma_н - \gamma_в) = 5 (1{,}27 - 1{,}20) = 0{,}35 \text{ кГ/м}^2.$$

Располагаемое давление оказалось меньше сопротивления системы $0{,}35 < 0{,}789$.

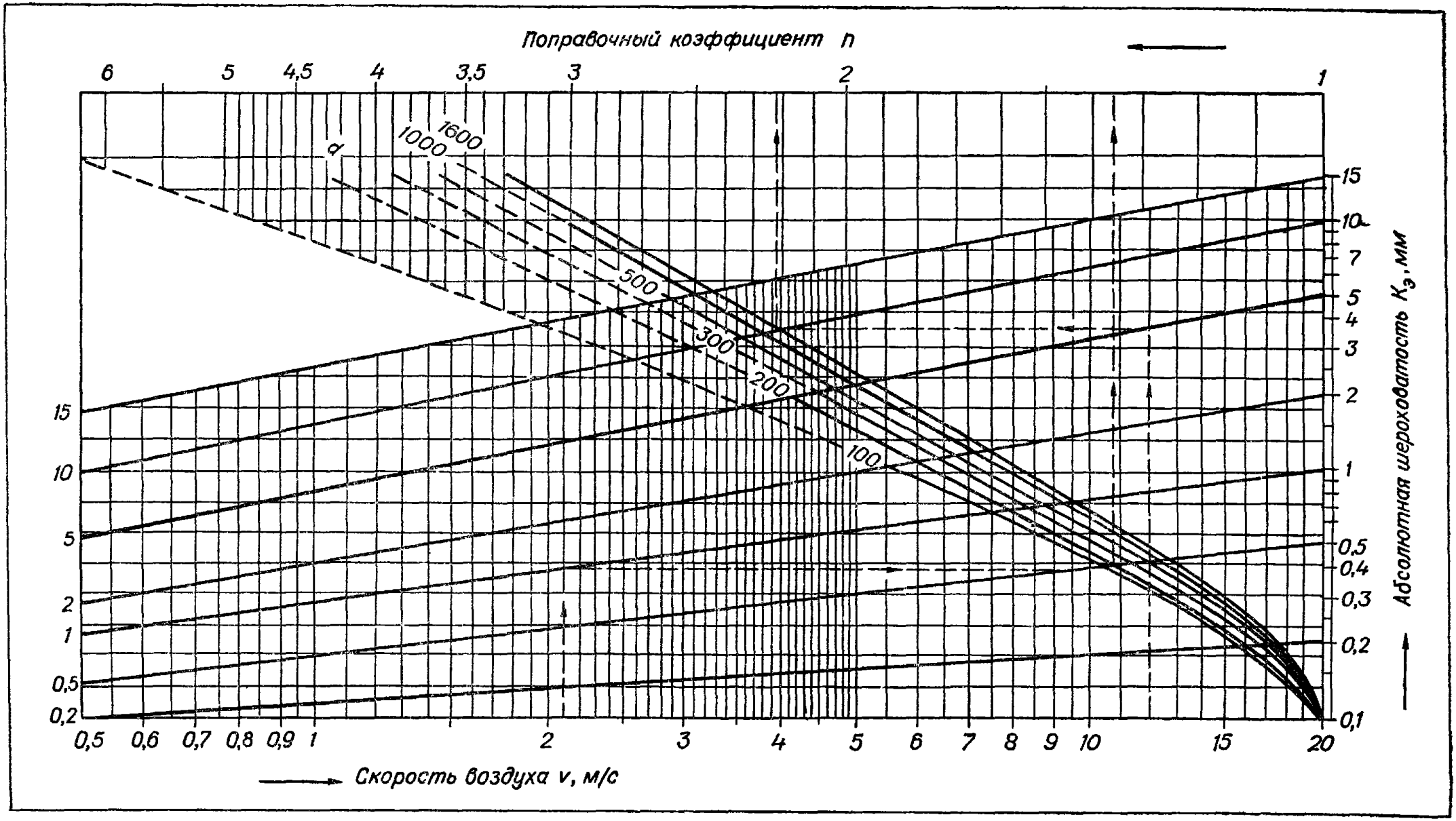
Вносим изменения в участки *1*, *4* и *5*.

Участок 1. В прямоугольных коленах делаем скругления внутренней кромки (табл. VII.13, п. 4).

Решетка $\zeta = 1{,}21$

Три колена по 90° (при $r/b = 0{,}5$) $\zeta = 0{,}45 \cdot 3 = 1{,}35$

Итого $\Sigma\zeta_1 = 2{,}56$

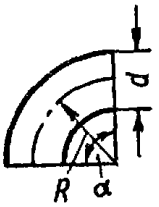


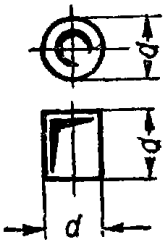
Лист VII.12. Номограмма для определения поправочного коэффициента *n* шероховатых воздуховодов.

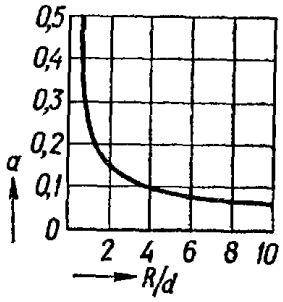
Примеры: 1) при $v = 2{,}1$ *м/с*, $K_э = 1$ *мм*, $d = 200$ *мм* находим $n = 1{,}36$; 2) при $v = 12$ *м/с*, $K_э = 5$ *мм*, $d = 1600$ *мм* находим $n = 2{,}22$.

Таблица VII.13 **Коэффициенты местных сопротивлений воздуховодов**

№ п.п.	Название, форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ζ
	Группа I. Изменение направлений воздушного потока	
1	Плавный отвод для воздуховодов любого сечения	$\zeta = abc$ c — см. пункт 2

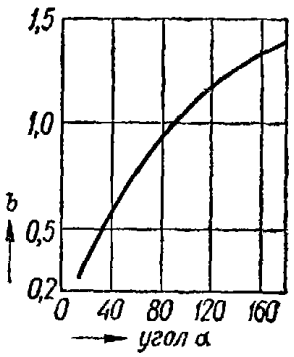






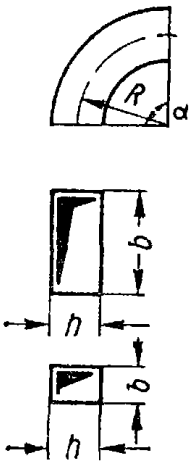
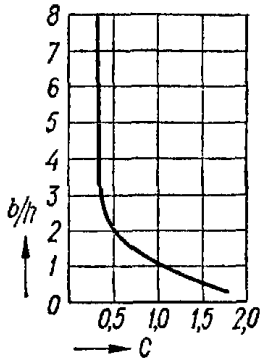
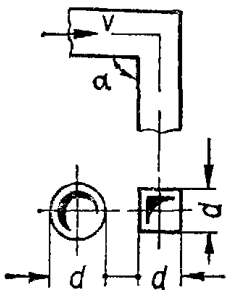
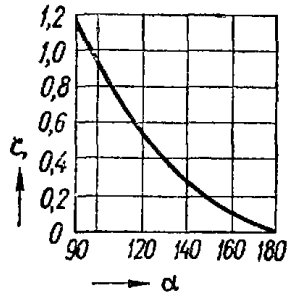
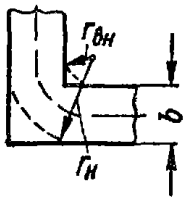
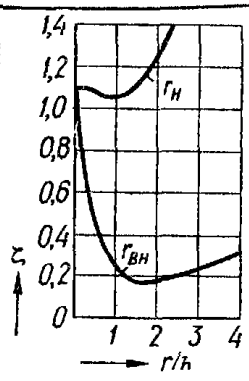
Коэффициент a, учитывающий радиус поворотов

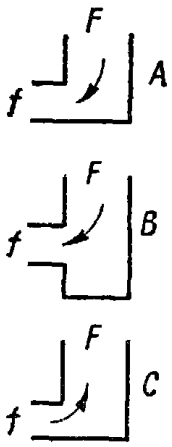
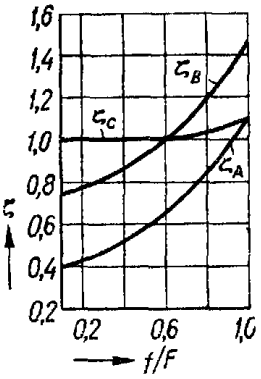
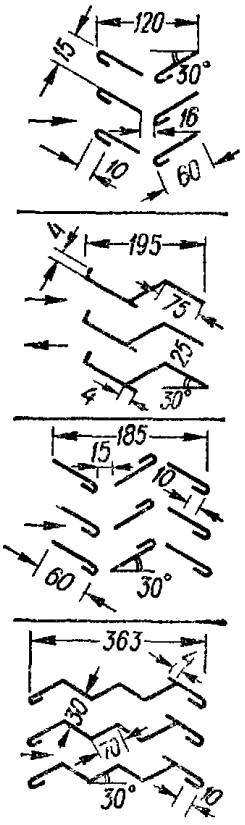
R/d	a	R/d	a
0,75	0,5	3,0	0,117
1,0	0,25	4,0	0,1
1,25	0,2	6,0	0,08
1,5	1,175	8,0	0,073
2,0	0,15	10,0	0,066



Коэффициент b, учитывающий угол поворота

α	b	α	b
15	0,25	90	1,0
30	0,46	100	1,06
45	0,62	120	1,12
50	0,68	140	1,24
60	0,77	160	1,32
70	0,86	170	1,36
80	0,93	180	1,40

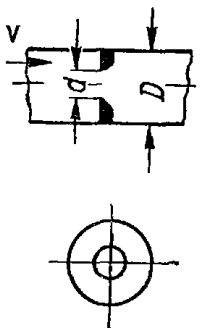
№ п.п.	Название, форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ζ
2	Плавный отвод прямоугольного сечения 	$\zeta = abc$ a и b — см. п.1  **Коэффициент c, учитывающий форму сечения воздуховода** b/h | 0,25 | 0,50 | 0,65 | 0,80 c | 1,80 | 1,50 | 1,30 | 1,17 b/h | 1,0 | 1,25 | 1,50 | 1,75 c | 1,0 | 0,80 | 0,70 | 0,57 b/h | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 7,5 c | 0,48 | 0,4 | 0,37 | 0,33 b — изогнутая сторона h — плоская сторона
3	Колено 	a...90 120 135 150 ζ...1,1 0,55 0,35 0,2 Для прямоугольного сечения умножать на поправочный коэффициент c (п.2) 
4	Одностороннее скругление колена 	 Для прямоугольного сечения умножать на поправочный коэффициент c (см. п. 2)

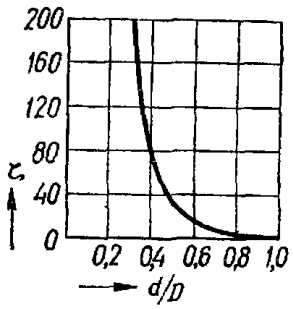
№ п.п.	Название, форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ζ
5	**Колено с изменением сечения** 	 f/F | ξ_A | ξ_B | ξ_C 1,0 | 1,1 | 1,45 | 1,1 0,90 | 0,97 | 1,32 | 1,06 0,70 | 0,74 | 1,09 | 1,02 0,50 | 0,57 | 0,92 | 1,01 0,30 | 0,46 | 0,81 | 1.01 0,10 | 0,41 | 0,76 | 1,01 F и f — площади сечений колена; ζ_A, ζ_B, ζ_C — отнесены к динамическому давлению в меньшем сечении f, значение ζ'_C — к сечению F: $\zeta_A = 0{,}4 + 0{,}7\ (f/F)^2$, $\zeta_B = 0{,}15 + 0{,}7\ (f/F)^2$; $\zeta_C = 1 + 0{,}1\ (f/F)^2$; $\zeta'_C = (f/F)^2 + 0{,}1\ (f/F)^2$.
6	Сепараторы	
		$\zeta = 4{,}4$ Устанавливается до камеры До камеры $\zeta = 7{,}1$; после камеры $\zeta = 10{,}4$. Устанавливается до и после камеры $\zeta = 1{,}1$ Устанавливается после камеры $\zeta = 12{,}5$ Устанавливается после камеры Величина ζ относится к скорости между пластинами

№ п.п.	Название, форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ζ

Группа II. Изменение скорости воздушного потока

7 Диафрагма



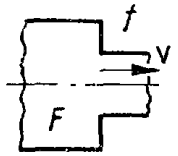


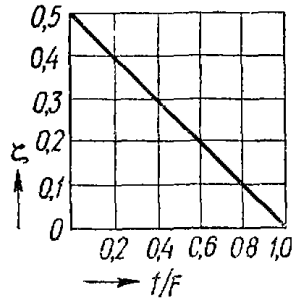
Значения ζ отнесены к скорости V в воздуховоде

D/d	d/D	ζ
1	1	0
1,25	0,8	1,5
1,50	0,66	6
1,75	0,57	14,7
2,0	0,5	29,7
2,5	0,4	87,0
3,0	0,33	196,0

$$\zeta = \left(1 + \frac{0{,}707}{\sqrt{1 - f/F}}\right)^2 \cdot \left(\frac{f}{F} - 1\right)^2$$

8 Внезапное сужение при любых формах сечений

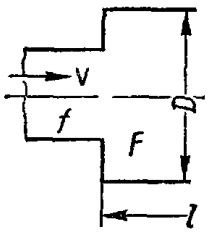
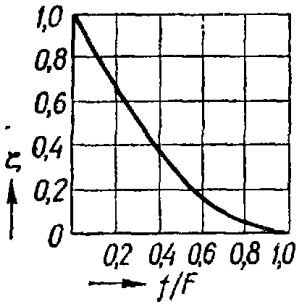
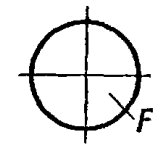
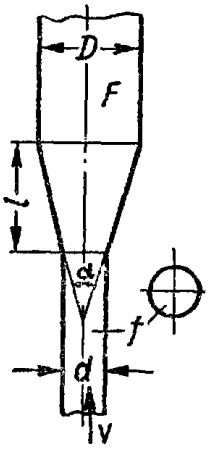
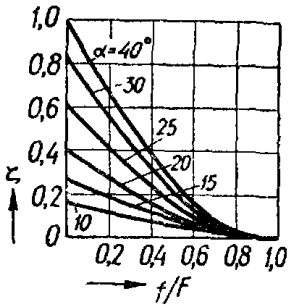




Значения ζ отнесены к скорости v в сечении f

$$\zeta = 0{,}5\left(1 - \frac{f}{F}\right)$$

f/F	ζ	f/F	ζ
0	0,5	0,60	0,20
0,10	0,45	0,70	0,15
0,20	0,40	0,80	0,10
0,30	0,35	0,90	0,05
0,40	0,30	1,0	0
0,50	0,25		

№ п.п.	Название, форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ξ
9	Внезапное расширение при любых формах сечений и длине расширения $l > 8D$ 	 Значения ζ отнесены к скорости v в сечении f $$\zeta = \left(1 - \frac{f}{F}\right)^2$$
10	Диффузор на выровненном потоке  	

F/f	f/F	Значение ζ при α					
		10	15	20	25	30	40
1,25	0,80	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04
1,50	0,66	0,02	0,04	0,05	0,07	0,10	0,12
1,75	0,57	0,03	0,06	0,07	0,12	0,17	0,19
2,00	0,50	0,04	0,08	0,10	0,15	0,21	0,25
2,25	0,44	0,05	0,09	0,12	0,21	0,28	0,31
2,50	0,40	0,06	0,10	0,14	0,24	0,31	0,36

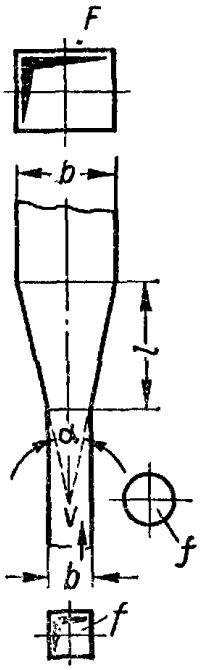
Значения ζ отнесены к скорости в меньшем сечении f. При наличии за диффузором оборудования, создающего сопротивление больше потерь в диффузоре, во всех случаях принимать $\zeta = 0$.

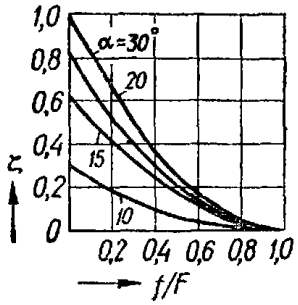
Для угла раствора $\alpha > 40°$ принимать ζ по $\alpha = 40°$.

Формула для построения детали

$$l = \frac{D - d}{2 \operatorname{tg} \alpha/2}$$

Продолжение табл. VII.13

№ п.п.	Название, форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ζ
11	Диффузор на выровненном потоке при прямоугольном сечении	



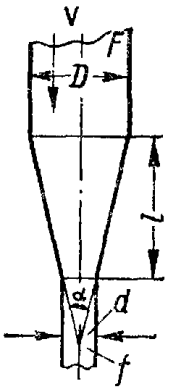
F/f	f/F	Значения ζ при α					
		10	15	20	25	30	40
1,25	0,80	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
1,50	0,66	0,03	0,07	0,10	0,11	0,12	0,12
1,75	0,57	0,05	0,14	0,17	0,18	0,19	0,19
2,00	0,50	0,06	0,18	0,20	0,22	0,25	0,25
2,25	0,44	0,08	0,22	0,27	0,29	0,31	0,31
2,50	0,40	0,09	0,25	0,30	0,38	0,36	0,36

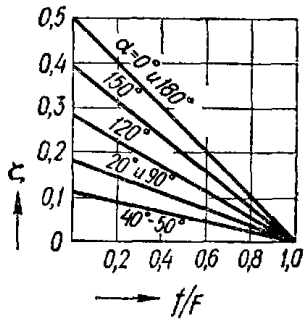
См. примечания в п.10. За угол α принимать наибольший угол раствора.

Формула для построения детали

$$l = \frac{b - b'}{2 \operatorname{tg} \alpha/2}$$

Для $\alpha > 30°$ принимать ζ по $\alpha = 30°$

12	Конфузор для любого сечения	



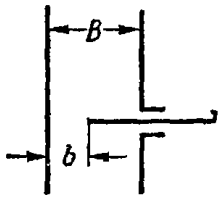
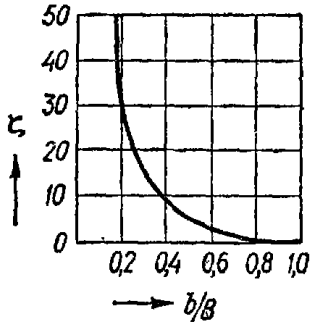
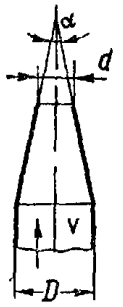
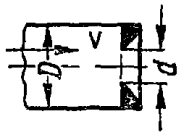
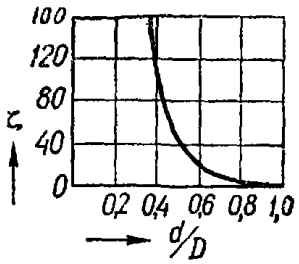
Значения ζ отнесены к скорости в меньшем сечении f

$$\zeta = 0{,}5 \sin \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{f}{F}\right).$$

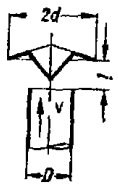
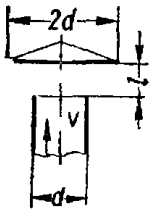
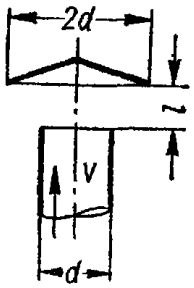
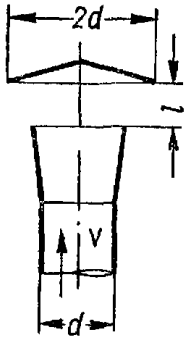
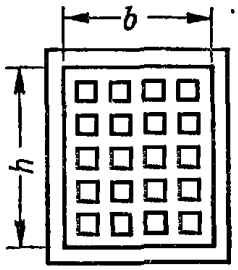
Формула для построения детали

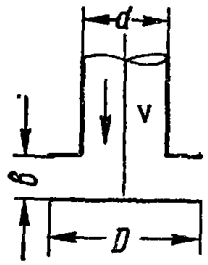
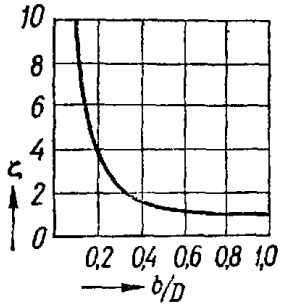
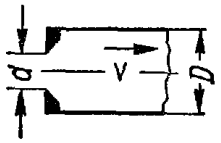
$$l = \frac{D - d}{2 \operatorname{tg} \alpha/2}$$

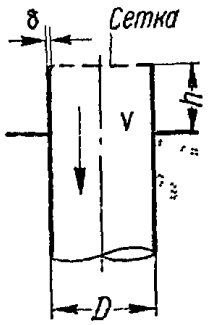
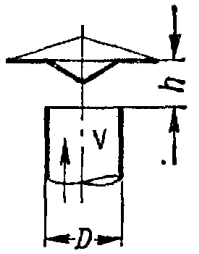
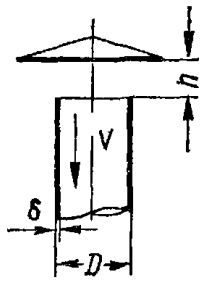
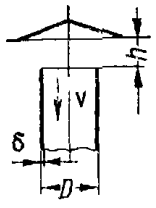
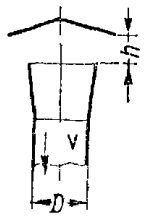
13	Клапан на средней оси в круглой трубе	$\zeta = 0{,}05$ В открытом положении клапана

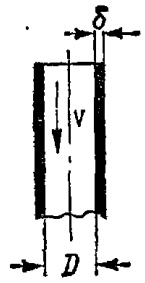
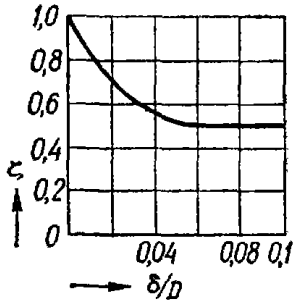
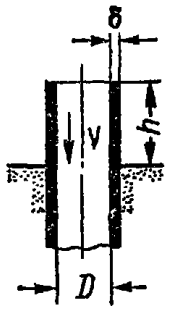
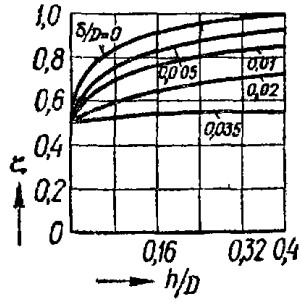
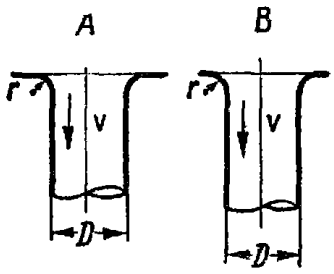
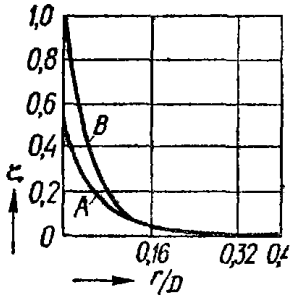
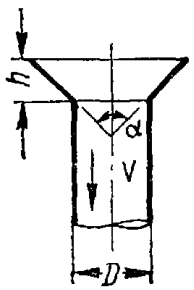
№ п.п.	Название, форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ζ
14	Задвижка 	 $\zeta = 2{,}1\left(1-\frac{b}{B}\right)\left(\frac{B}{b}\right)^2 - 0{,}54\sqrt{1-\frac{b}{B}}$
15	Сетка	*На нагнетании* $\zeta = 0{,}32$. *При живом сечении* 80% значение ζ отнесено к скорости до сетки; при других значениях живого сечения принимать ζ по п.7
16	Сопло 	См. п.12; α принимать 7 ÷ 15°
	Группа III. Выход воздуха из сети воздуховодов	
17	Свободный выход для любого сечения	$\zeta = 1{,}0$
18	Диафрагма на выходе 	Значения ζ отнесены к скорости v в воздуховоде $\zeta = \left(1 \div 0{,}707\sqrt{1-\frac{f}{F}}\right)^2\left(\frac{F}{f}\right)$ 
19	Выпуск с сеткой	$\zeta = 2{,}5$ Живое сечение сетки 80%. Значения ζ отнесены к скорости в воздуховоде любого сечения

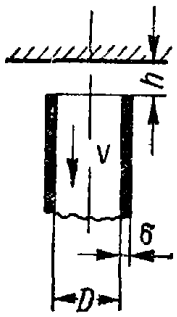
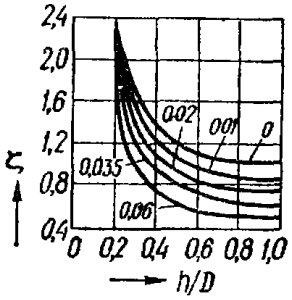
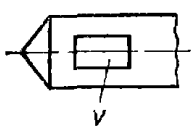
D/d	d/D	ζ
1	1	1
1,25	0,80	4,9
1,50	0,66	11,9
1,75	0,57	23,95
2,0	0,5	41,6
2,5	0,4	106
3,3	0,32	224

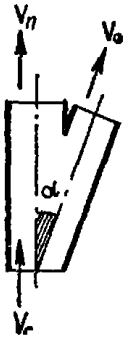
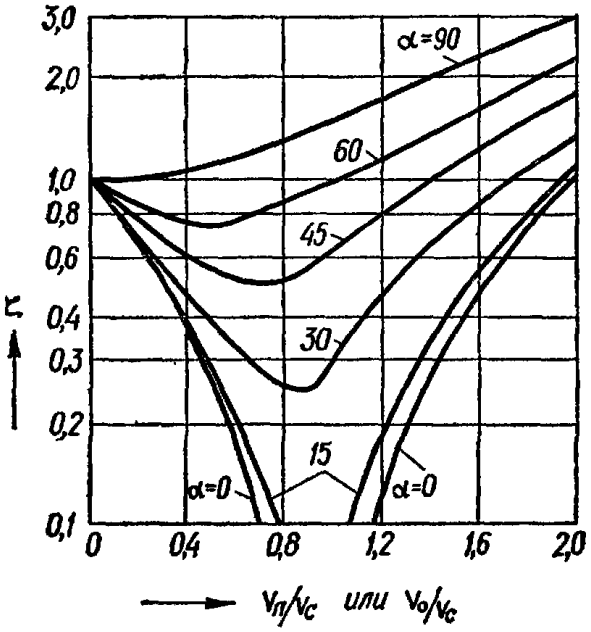
№ п.п.	Название, форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ζ
20	Зонт с рассекателем 	$\zeta = 1{,}5$ Значения ζ отнесены к скорости в воздуховоде любого сечения $l = 0{,}4D$
21	Зонт с нижней плоскостью 	Значения ζ отнесены к скорости в воздуховоде любого сечения $l = 0.4d$ $\zeta = 1{,}7$
22	Зонт обычный 	$\zeta = 1{,}3$ Значения ζ отнесены к скорости в воздуховоде любого сечения $l = 0{,}4d$
23	Диффузор с зонтом 	$\zeta = 0{,}7$ Значения ζ отнесены к скорости в воздуховоде любого сечения $l = 0{,}6d$ Размеры диффузора принимать по листу VII.16, рис. 5
24	Жалюзийная решетка	$\zeta = 1{,}7$ Значение ζ отнесено к скорости в живом сечении решетки при $f/F = 0{,}8$
25	Жалюзийно-декоративная решетка 	$\zeta = 2{,}19$ Значение ζ отнесено к скорости в живом сечении решетки. Жалюзи подвижные.

№ п.п.	Название, форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ζ
26	Дисковая насадка 	Значение ζ отнесено к скорости v в трубе $D = (1{,}5 \div 2)\ d$ 
27	Свободный выход любого сечения	$\zeta = 1$
28	Выпуск с сеткой любого сечения	$\zeta = 3{,}9$ при $f/F = 0{,}8$
29	Сетка	$\zeta = 3{,}9$ Значение ζ отнесено к скорости до сетки при живом сечении сетки 80%
30	Дефлектор ЦАГИ	$\zeta = 0{,}6$ Размеры см. на листе VII.16, рис. 5 Значение ξ отнесено к скорости в патрубке
31	Дефлектор «Цилиндрический»	$\zeta = 1$ Размеры см. на листе VII.16, рис. 6. Значение ζ отнесено к скорости в патрубке
32	Дефлектор «Звезда-Шанар» и УкрНИИСТ ДВК-5	Шанар — $\zeta = 1$ Диаметр патрубка — D; высота — $2D$; ширина щели — $0{,}2D$; диаметр по щелям — $1{,}8D$ УкрНИИСТ ДВК-5 — $\zeta = 0{,}6$ Значение ζ отнесено к скорости в патрубке. Размеры см. на листе VII.15, рис. 4
	Группа IV. Вход воздуха в сеть воздуховодов	
33	Диафрагма на входе 	D/d: 1 | 1,25 | 1,50 | 1,75 | 2,0 | 2,5 | 3,0 d/D: 1 | 0,80 | 0,66 | 0,57 | 0,5 | 0,4 | 0,33 ζ: 0,5 | 2,7 | 8,20 | 18 | 34 | 93,5 | 205 Значения ζ отнесены к скорости v в воздуховоде $\zeta = \left(1{,}707 - \frac{f}{F}\right)^2 \left(\frac{F}{f}\right)^2$

№ п.п.	Название форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ζ
34	Труба с сеткой 	$\zeta = 0{,}93$ Значения ζ отнесены к скорости в воздуховоде; живое сечение сетки 80% $h/D = 0{,}04$; $\delta/D = 0{,}01$
35	Колпак с рассекателем 	$\zeta = 2{,}7$ Значение ξ отнесено к скорости в воздуховоде любого сечения при $h = 0{,}3D$
36	Плоский зонт 	$\zeta = 2{,}15$ Значение ζ отнесено к скорости в воздуховоде любого сечения при $h = 0{,}3D$, $\delta/D = 0{,}08$; δ — толщина стенки
37	Обыкновенный зонт 	$\zeta = 1{,}53$ Значение ξ отнесено к скорости в воздуховоде любого сечения при $h = 0{,}3d$, $\delta/D = 0{,}08$; δ — толщина стенки
38	Зонт с диффузором 	$\zeta = 0{,}6$ Значение ζ отнесено к скорости в воздуховоде любого сечения при $h = 0{,}3d$; $\delta/D = 0{,}08$; δ — толщина стенки Размеры диффузора см. на листе VII.16, рис. 5

№ п.п.	Название, форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ζ
39	 Вход в трубу любого сечения	
40	 Выступающая над плоскостью труба любого сечения	При $\delta/D \leqslant 0{,}06$, $h = 0$ $\zeta = 0{,}5$ 
41	Скругление входных кромок для воздуховодов любого сечения 	A — отверстие в плоскости; B — скругление входной кромки трубы  При $r/D = 0{,}1$ $\zeta = 0{,}1$; При $r/D = 0{,}3$ $\zeta = 0{,}03$
42	Конический раструб 	При $\alpha = 60°$ $\zeta = 0{,}22$ При $\alpha = 45°$ $\zeta = 0{,}30$ $h/D = 0{,}2$

№ п.п.	Название, форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ζ
43	 Плоскость у входа для воздуховодов любого сечения	
44	Входной коллектор по лемнискате	$\zeta = 0{,}02$
45	Отверстие в плоскости для воздуховодов любого сечения	$\zeta = 0{,}5$ При острых кромках см. п. 40
46	Отверстие в плоскости с сеткой для воздуховодов любого сечения	$\zeta = 0{,}6$ при живом сечении сетки 80%
47	Сетка	$\zeta = 0{,}93$ Значение ζ отнесено к скорости после сетки при живом сечении сетки 80%
48	Жалюзийная решетка неподвижная	$\zeta = 0{,}5$ Значение ζ отнесено к скорости v в живом сечении решетки при $f/F = 0{,}8$
49	Жалюзийная декоративная решетка с внутренними подвижными жалюзи	$\zeta = 1{,}21$ Значение ζ отнесено к скорости в живом сечении решетки
50	Боковой вход в начале воздуховода 	$\zeta = 0{,}6$

№ п.п.	Название, форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ζ
	Группа V. Слияние и разделение воздушных потоков	
51	Тройник на нагнетании 	

v_0/v_c $v_п/v_c$	Значение ζ при α		$ζ_п$
	30°	15°	
0,6	0,32	0,20	0,16
0,8	0,25	0,09	0,04
1,0	0,34	0,07	0
1,2	0,45	0,19	0,12
1,4	0,35	0,35	0,28
1,6	0,84	0,55	0,48

При проходе прямо $\alpha = 0$.

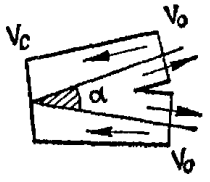
Значения ζ отнесены к скорости v_c для круглых и прямоугольных сечений тройника.

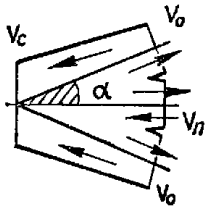
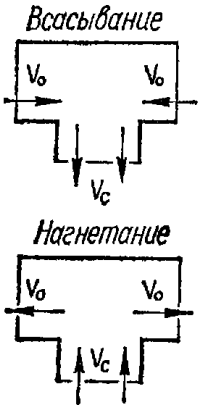
Приведенные значения ζ определены по формулам П. Н. Каменева; при $v_c \cos\alpha > v_0$

$$\zeta = \sin^2\alpha + \left(\cos\alpha - \frac{v_0}{v_c}\right)^2;$$

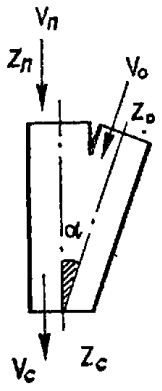
при $v_0 > v_c \cos\alpha$

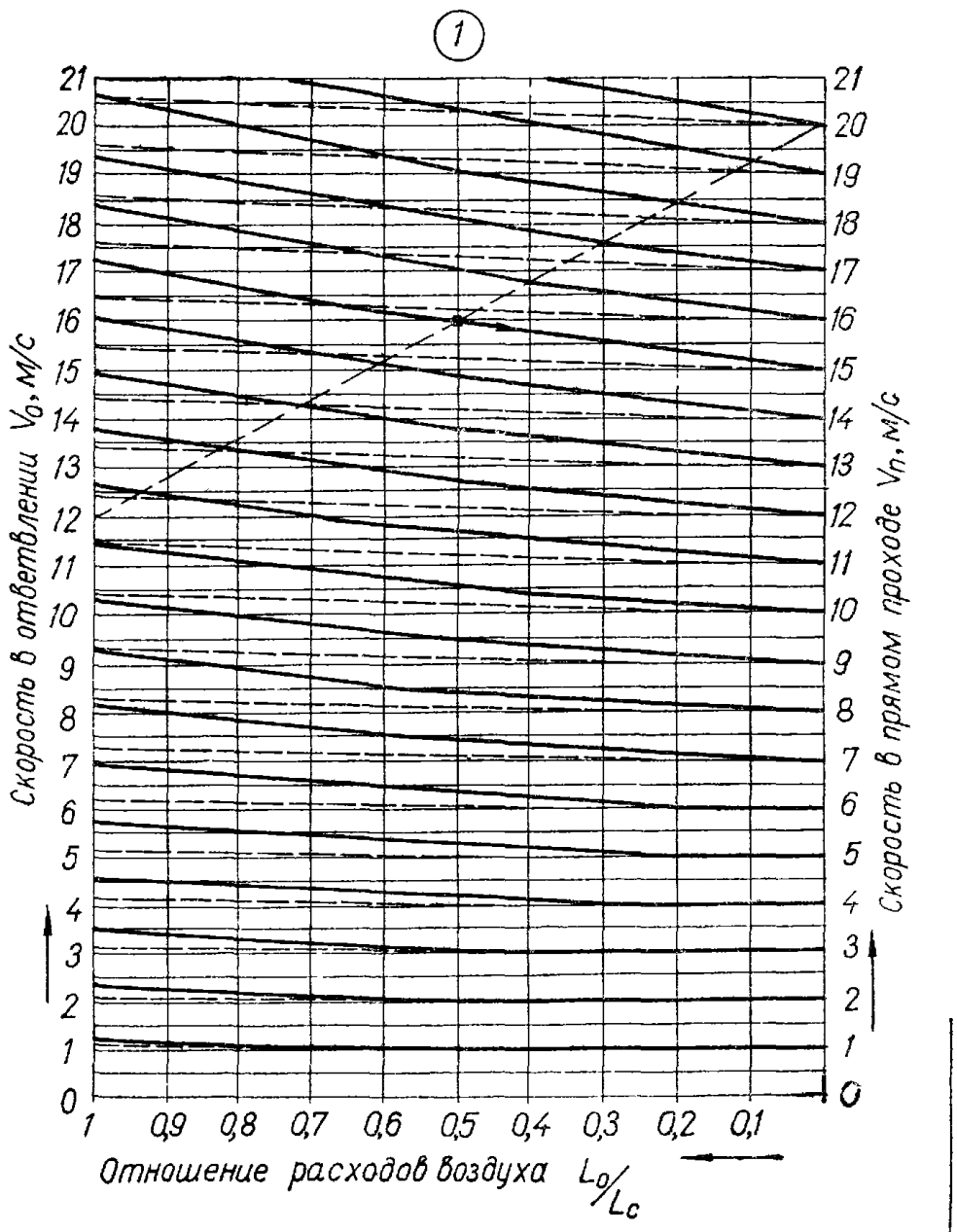
$$\zeta = \sin^2\alpha + 0{,}5\left(1 - \frac{v_c\cos\alpha}{v_0}\right)\left(\frac{v_0}{v_c}\right)^2$$

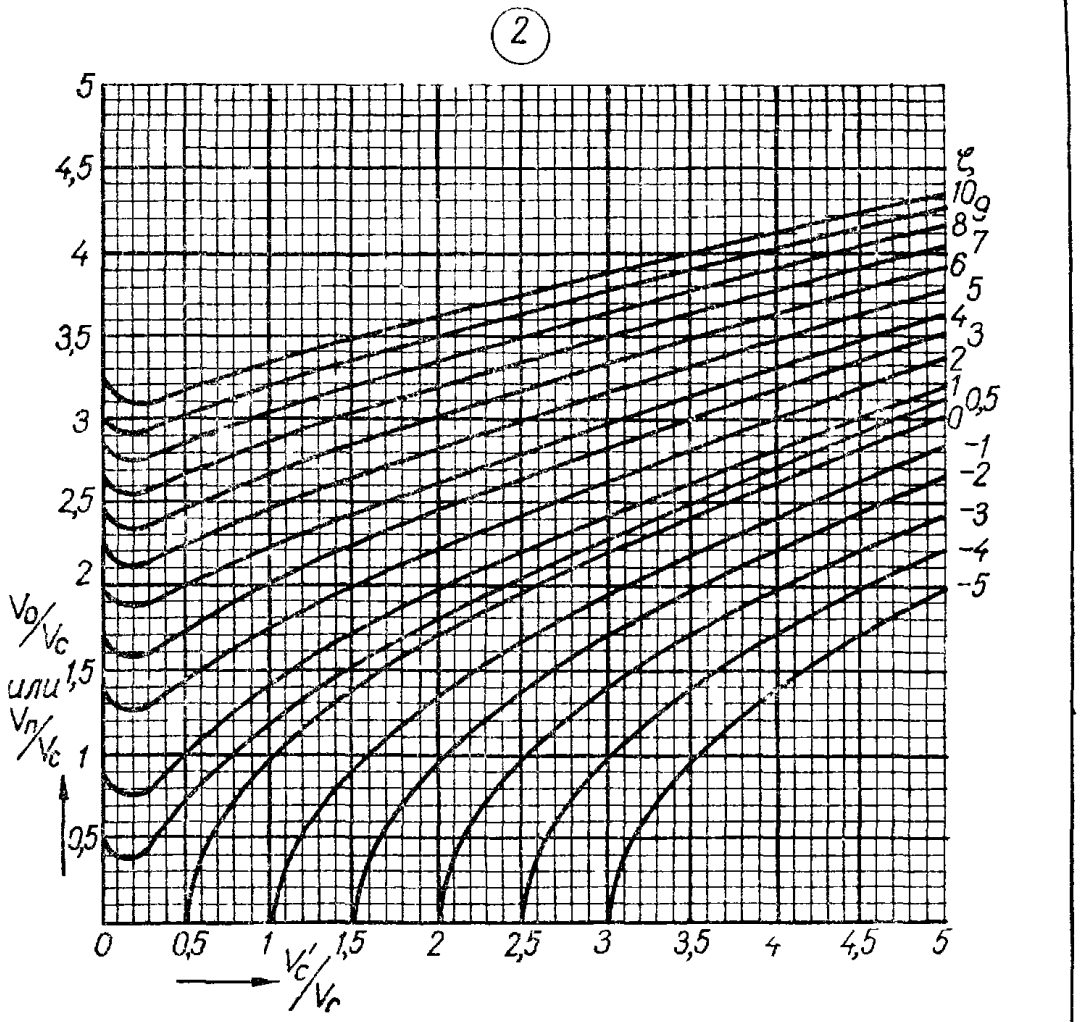
52	Штанообразный тройник для воздуховодов любого сечения 	Значение ζ принимать как для ответвления тройника $ζ_0$ по п. 51 или 55. Рекомендуется $\alpha = 12 \div 16°$

№ п п.	Название, форма и сечение	Коэффициент местного сопротивления ζ
53	Крестовина для воздуховодов любого сечения 	Значение ζ_0 и $\zeta_п$ принимать как для тройника по п. 51 или 55 Рекомендуется $\alpha = 18 \div 16°$
54	Тройник прямоугольный 	Значения ζ принимать как для тройника по п. 51 или 55 при $\alpha = 90°$ Значения ζ отнесены к скорости v_c; v_c' — наивыгоднейшая скорость смешения (см. п. 55)

v_0/v_c	Значения ξ при нагнетании	Значения ξ при всасывании v_c'/v_0
0,6	1,18	0,6
0,8	1,32	0,8
1,0	1,5	1,0
1,2	1,72	1,6
1,4	1,98	1,9
1,6	2,28	2,5

55	Тройник на всасывании 	Значения ζ определяются по формулам П. Н. Каменева и приведены в виде номограммы на листе VII.13, рис. 2: при $v_c' > v_c$ $\zeta_0 = \left[\left(\frac{v_0}{v_c}\right)^2 \left(\frac{v_c'}{v_c}\right)^2\right] + \left(\frac{v_c'}{v_c} - 1\right)^2;$ $\zeta_п = \left[\left(\frac{v_п}{v_c}\right)^2 - \left(\frac{v_c'}{v_c}\right)^2\right] + \left(\frac{v_c'}{v_c} - 1\right)^2;$ при $v_c' < v_c$ $\zeta_0 = \left[\left(\frac{v_0}{v_c}\right)^2 - \left(\frac{v_c'}{v_c}\right)^2\right] + 0{,}5\left(1 - \frac{v_c'}{v_c}\right);$ $\zeta_п = \left[\left(\frac{v_п}{v_c}\right)^2 - \left(\frac{v_c'}{v_c}\right)^2\right] + 0{,}5\left(1 - \frac{v_c'}{v_c}\right).$ Значения наивыгоднейшей скорости смешения см. на листе VII.13, рис. 1. Значения ζ отнесены к скорости v_c





Лист VII.13. Номограммы для определения наивыгоднейшей скорости смешения v_c' (рис. 1) **и коэффициентов местного сопротивления** (рис. 2) **тройника на всасывании** (к табл. VII.13, п. 55).

На участках *4* и *5* увеличиваем сечение (см. перерасчет в табл. VII.12). Соответственно изменяются коэффициенты местных сопротивлений.

Участок 4. $\alpha = 45°$; $v_7 = 0{,}85$; $v_3 = 1{,}25$; $v_4 = 0{,}75$; $v_c' = 1{,}09$

$$\frac{v_c'}{v_4}\ \frac{1{,}09}{0{,}75} - 1{,}45; \quad \frac{v_3}{v_4} = \frac{1{,}25}{0{,}75} = 1{,}67. \qquad \zeta = 0{,}8$$

Внезапное расширение

$$\frac{f}{F} - \frac{0{,}09}{0{,}85} - 0{,}106 \qquad \zeta = 1{,}01$$

Итого $\Sigma\zeta_4 = 1{,}81$

Участок 5. Внезапное сужение с поворотом

$$\frac{f}{F} - \frac{0{,}16}{0{,}85} - 0{,}19. \qquad \zeta = 0{,}43$$

Дефлектор

$$\zeta = 0{,}60$$

Итого $\Sigma\zeta_0 = 1{,}03$

После пересчета сопротивление системы составляет 0,341 *кгс/м²*, что меньше располагаемого гравитационного давления.

Окончательно принятые размеры каналов нанесены на схеме системы (лист VII.1, рис. 2). Дефлектор ЦАГИ № 4 принимаем по размерам шахты.

Примечание. В номограмме листа VII 13, рис. 1 сплошные кривые даны для $\alpha = 30°$, пунктирные — для $\alpha = 15°$. При заданном расходе воздуха $L_п\ L_0 = L_c - L_п$. Накладывая линейку по v_0 и $v_п$ на пересечении с L_0/L_c, находим значение v_c'. Например, дано $v_0 = 12$ *м/с*; $v_п = 20$ *м/с*; $L_0/L_c = 0{,}5$. Находим при $\alpha = 30°$ $v_c' = 15$ *м/с*; при $\alpha = 15°$ $v_c' = 15{,}8$ *м/с*. Значение $\zeta_0 = -0{,}4$ ответвления при скорости $v_c' = 12$ *м/с* находим по номограмме на листе VII. 13, рис. 2, определив $v_0/v_c = 1$; $v_c'/v_c = 15 : 12 = 1{,}25$; аналогично $\zeta_п = 2{,}2$. Номограмма составлена по формуле П. Н. Каменева $v_c' = L_0 L_c v_0 \cos\alpha + L_п/L_c v_п$.

Пример VII.3. Определить расход воздуха через существующий канал размером 1 × 1 кирпич, если движение воздуха происходит за счет естественного побуждения. Канал устроен в кирпичной стене, температура воздуха 20°; высота канала 10 *м*, он выведен наружу без поворотов и заканчивается дефлектором ЦАГИ; входная решетка на канале стандартная.

Находим сопротивление канала для произвольно взятого расхода аналогично примеру VII.2 по формуле (VII.4) в развернутом виде

$$H_{снст} = Rlmn + \Sigma\zeta h_д.$$

Площадь канала 0,27 × 0,27 = 0,073 *м²*. По этой площади и соответствующему ей живому сечению подбирают стандартную входную решетку размером 300 × 450 *мм*.

Произвольно приняв расход $L = 200$ *м²/ч*, находим скорость в канале по листу VII.6 $v = 0{,}762$ *м/с* и динамическое давление по табл. VII.11 или листу VII.7 $P_д = 0{,}036$ *кгс/м²*.

Оцениваем абсолютную шероховатость стенок канала (см. стр. 101) $K_э = 5$ *мм*.

Поправочный коэффициент на форму канала по листу VII.11, рис. 1 $m = 1{,}13$; поправочный коэффициент на шероховатость $n = 1{,}6$ по листу VII.12.

Сумма коэффициентов местных сопротивлений (табл. VII.13):

решетка	1,21
колено за решеткой	1,10
дефлектор ЦАГИ	0,60
Итого $\Sigma\zeta =$	2,91

Удельное сопротивление 1 *м* канала по табл. VII.11 или листу VII.8 $R = 0{,}0035$ *кгс/м²*. Длина канала по условию $L = 10$ *м*.

Таким броазом, сопротивление

$$H_{\text{сист}} = 0{,}0035 \cdot 10 \cdot 1{,}13 \cdot 1{,}6 + 2{,}91 \cdot 0{,}036 = 0{,}168 \ кгс/м^2.$$

Определяем располагаемое гравитационное давление аналогично примеру VII.2.

$$p_{\text{гр}} = 10\,(1{,}27 - 1{,}20) = 0{,}7 \ кгс/м^2.$$

Действительный расход воздуха, соответствующий гравитационному давлению, определяется следующей зависимостью

$$L_{\text{д}} = L \sqrt{\frac{p_{\text{гр}}}{H_{\text{сист}}}} = 200 \sqrt{\frac{0{,}7}{0{,}168}} = 408 \ м^3/ч.$$

Значения абсолютной шероховатости $K_э$ для различных поверхностей труб и воздуховодов, *мм*

Металлические трубы

Чистые цельнотянутые трубы из латуни, меди, свинца	0,0015—0,01
Стальные трубы:	
новые, тщательно уложенные бесшовные	0,04—0,17
после одного года эксплуатации на газопроводе	0,12
уложенные в обычных условиях	0,19
цельнотянутые, после нескольких лет эксплуатации	0,19
альфальтированные	0,12—0,21
чисто оцинкованные	0,25
обычные оцинкованные	0,39
грубо оцинкованные	0,50
заржавленные	0,60—0,67
Трубы из листовой стали и хорошо заглаженные цементные трубы	0,33
Чугунные трубы:	
обычные новые	0,25—0,42
менее аккуратно уложенные новые или очищенные	0,45
новые с залитыми и хорошо заглаженными стыками	0,31
Загрязненные металлические трубы	0,75—0,90

Неметаллические трубы

Чистые трубы из стекла	0,0015—0,01
Резиновый шланг	0,01—0,03
Прорезиненная изнутри брезентовая хорошо натянутая труба	0,02—0,05
Шероховатый прорезиненный изнутри шланг	0,02—0,30
Кожаный шланг	0,15
Прорезиненный льняной или пеньковый шланг	0,5—0,8
Воздуховоды из березовой фанеры (продольной)	0,025—0,05
То же, сосновой	0,10
Деревянные трубы	0,25—1,25
Керамические дренажные трубы	0,45—6,0
Покрытые глазурью канализационные трубы	0,25—6,0
Воздуховоды:	
оштукатуренные чистым цементом	0,25—1,25
кирпичные покрытые глазурью	0,45—3,0
оштукатуренные цементным раствором	0,45—3,0
кирпичные на цементном растворе	0,80—6,0
бетонированные	0,80—9,0
облицованные тесаным камнем	1,25—6,0

из бутовой кладки на цементе	6,0—17,0
из шлако- или опилкоалебастровых плит	1,0—3,0
кирпичные, выложенные по передвижной пробке и протертые	1,0—4,0
из шлакобетонных плит	1,5—10,0
из стенок, оштукатуренных по сетке	10,0—15,0
фанерные	0,10—0,30
кирпичные	3,0—6,0
кирпичные чистые, но не протертые	5,0—10,0
Деревянные лотки:	
из строганых досок	0,25—3,0
из нестроганых досок	0,45—3,0
из досок с наколоченными планками	0,80—4,0

I— d -диаграмма влажного воздуха

Сложные процессы изменения состояния воздуха при выделении тепла и влаги легко решаются по *I — d*-диаграмме. Диаграмма связывает пять данных о паровоздушной смеси: температуру *t*; влагосодержание *d* пара на 1 *кг* сухого воздуха; теплосодержание на *I* на 1 *кг* сухого воздуха; относительную влажность воздуха φ; парциальное давление пара, содержащегося в паровоздушной смеси.

Каждому барометрическому давлению соответствует отдельная диаграмма. Барометрические давления для различных населенных пунктов принимают по данным метеорологических станций.

Любое состояние воздуха в диаграмме выражается точкой, связывающей все параметры воздуха.

Процесс нагревания воздуха в калорифере происходит при постоянном влагосодержании (d = const), и поэтому в диаграмме на листе VII.14 изображается прямой вертикальной линией (линия *а — b*). Процесс протекает снизу вверх.

Процесс сухого охлаждения воздуха также изображается в диаграмме вертикальной прямой линией. Процесс протекает сверху вниз (линия *в — д*).

Процесс адиабатического увлажнения и охлаждения происходит при постоянном теплосодержании (I = const) и изображается в диаграмме наклонной линией (линия *в — г*).

Температура мокрого термометра определяется точкой пересечения линии адиабатического процесса с кривой относительной влажности φ = 100% (точка *г*).

Точка росы, т. е. температура, соответствующая началу конденсации водяных паров в воздухе, определяется точкой пересечения линии сухого охлаждения с кривой относительной влажности φ = 100% (точка *д*).

Процесс смешивания двух количеств воздуха в диаграмме изображается линией между точками, характеризующими состояние смешиваемых количеств воздуха (линия *е—ж*). Точка *з* характеризует состояние смеси.

Отрезок *е — з* характеризует количество смешиваемого воздуха с параметрами точки *ж*, а отрезок *ж — з* — количество смешиваемого воздуха с параметрами точки *е*.

При одновременном изменении влаго- и теплосодержания воздуха процесс изменения состояния воздуха происходит в направлении, определяемом угловым масштабом.

Угловой масштаб определяется отношением

$$\Delta I/\Delta d, \qquad \text{(VII.11)}$$

где ΔI — избыточное тепловыделение или потери тепла, *ккал/ч*, определяемые по тепловому балансу. При составлении теплового баланса учитывается скрытое теплосодержание выделившихся в помещение водяных паров;

Δd — количество водяного пара, выделившегося в помещение, *г/ч*.

Направление луча углового масштаба в диаграмме находят наложением линейки на точку *О* (на шкале температур) и на соответствующую черту шкалы угловых масштабов (по краю диаграммы — справа, снизу и вверху).

На листе VII.14 линия *и — k*, параллельная лучу углового масштаба $\Delta I/\Delta d$ = = 1,65, показывает процесс изменения состояния воздуха от точки *и* до *k*.

Пример VII.4. Известно, что температура воздуха $t = 18°$, относительная влажность $\varphi = 50\%$. Определить остальные параметры воздуха.

Точка на пересечении изотермы 18° с кривой относительной влажности 50% определяет остальные параметры воздуха (см. лист VII.14, точка *в*): теплосодержание $I = 8{,}25$ *ккал/кг*; влагосодержание $d = 6{,}4$ *г/кг*; парциальное давление равно 7,6 *мм рт. ст.*

Пример VII.5. Определить расход тепла на нагревание 10 000 *кг* воздуха, если наружный воздух подогревается от температуры — 20° при относительной влажности $\varphi_н = 50\%$ до +20°.

Так как процесс проходит без изменения влагосодержания воздуха, проводим через точку *а* вертикальную линию ($d = \text{const}$) до пересечения с изотермой +20° (точка *б*). Линия *а — б* характеризует весь процесс нагревания воздуха. Расход тепла на нагревание воздуха определяется по разности теплосодержаний в точках *а* и *б* (лист VII.14)

$$Q = (I_б - I_а)\,10\,000 = (5{,}1 - (-4{,}5)\,10\,000 = 96\,000 \text{ ккал}.$$

Пример VII.6. Определить точку росы для воздуха с параметрами: $t = 18°$, $\varphi = 50°$ (лист VII.14, точка *в*).

Точка росы 7,2° (лист VII.14, точка *д*).

Пример VII.7. Воздух при $t = 18°$, $\varphi = 50\%$ и $d = 6{,}4$ *г/кг* увлажняется до 90%. Определить параметры воздуха после увлажнения, количество испарившейся воды и температуру увлажняющей воды, если применена рециркуляция воды.

Процесс адиабатический и на листе VII.14 изображается линией *b — n*. Температура воды определяется точкой *г* и равна 12,1°.

Состояние воздуха после увлажнения определяется точкой *n*; ее параметры: $t = 13°$; $I = 8{,}25$ *ккал/кг*; $d = 8{,}6$ *г/кг*; $\varphi = 90\%$.

Количество испарившейся воды определяется разностью влагосодержаний в точках *b* и *n*

$$d_п - d_в = 8{,}6 - 6{,}4 = 2{,}2 \text{ г/кг}.$$

Пример VII.8. Определить, какое количество воздуха с параметрами точки *ж* необходимо смешать с воздухом с параметрами точки *е*, чтобы получить смесь с параметрами точки *з* в количестве 10 000 *кг/ч* (лист VII.14).

Необходимое количество воздуха с параметрами точки *ж* определяется отрезком *е — з*, а точки *е* — отрезком *з — е*. Величину отрезков *е — з*, *з — ж* и *е — ж* измеряют в *мм* по *I — d*-диаграмме. Тогда смешиваемое количество воздуха с параметрами точек *ж* и *з*.

$$G_{ж} = 10\,000\,\frac{е - з}{е - ж} = 10\,000\,\frac{5}{28} = 1780 \text{ кг/ч};$$

$$G_{е} = 10\,000\,\frac{з - ж}{е - ж} = 10\,000\,\frac{23}{28} = 8220 \text{ кг/ч}.$$

Пример VII.9. Приточной системой подается в помещение воздух с температурой 10° и относительной влажностью $\varphi = 50\%$. Удаляется воздух из помещения с температурой 16°. В помещение выделяются 10 *кг/ч* пара при давлении 2 *атм* и 10 000 *ккал/ч* тепла от различных источников. Построить процесс поглощения тепла и влаги в *I — d*-диаграмме и определить параметры и количество удаляемого воздуха.

Отделяем теплосодержание пара, пользуясь данными табл. III.5 (см. книгу 1)

$$10 \cdot 650{,}7 = 6507 \text{ ккал/ч}.$$

Суммарное количество выделяющегося тепла равно

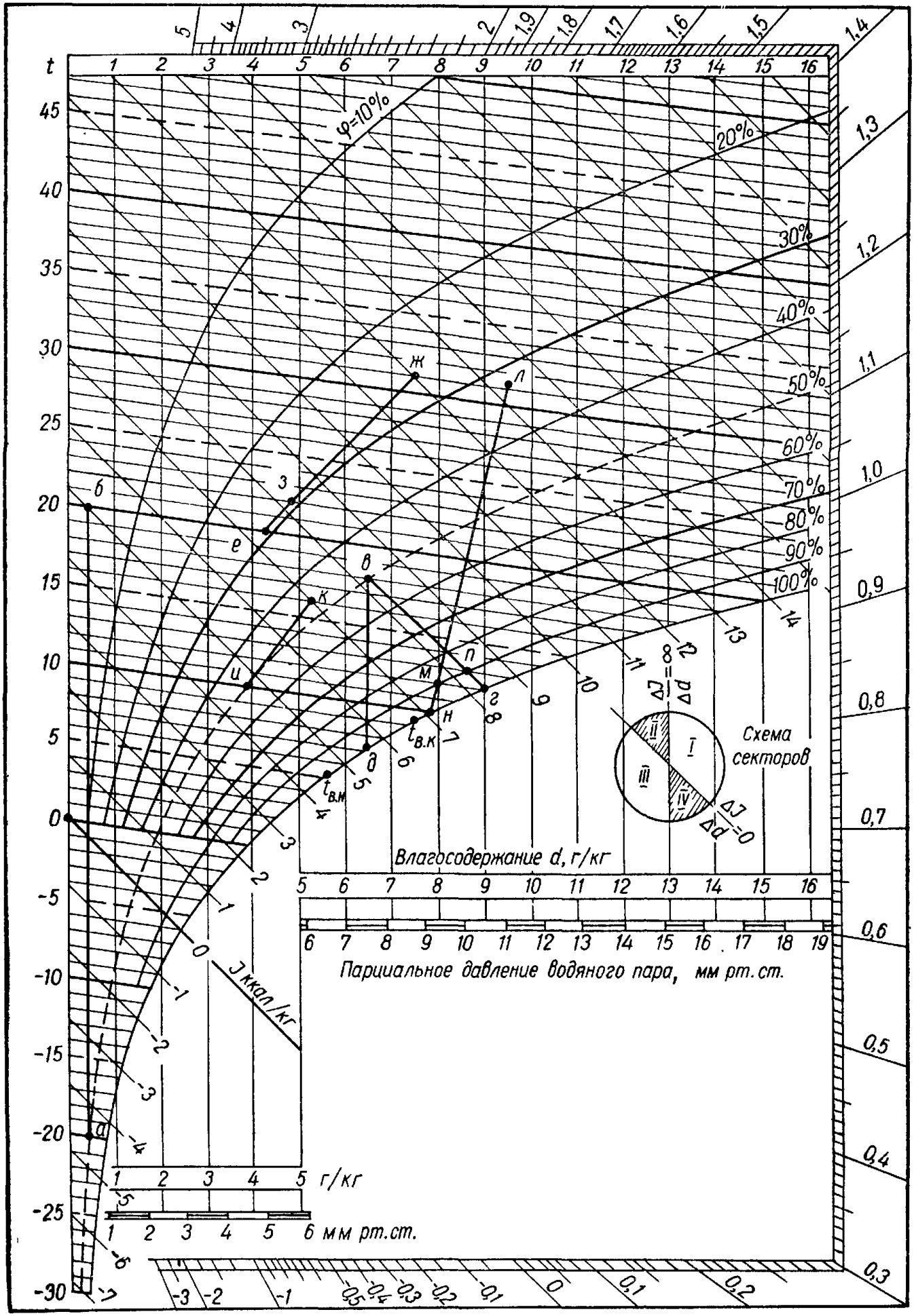
$$10\,000 + 6507 = 16\,507 \text{ ккал/ч}.$$

Определяем угловой масштаб процесса

$$\Delta I/\Delta d = \frac{16\,507}{10\,000} = 1{,}65.$$

Наносим точку приточного воздуха и выписываем недостающие параметры: $I = 4{,}8$ *ккал/кг*; $d = 3{,}9$ *г/кг* (лист. VII.14, точка *и*); через точку *и* проводим линию *и — k*, параллельно лучу углового масштаба, до пересечения с изотермой 16°. Точка пересечения *k* характеризует параметры уходящего воздуха:

$$t = 16°;\quad I = 7 \text{ ккал/кг};\quad d = 5{,}23 \text{ г/кг};\quad \varphi = 47\%.$$



Лист VII.14. Построение процессов обработки воздуха в I — d-диаграмме:

а—б — нагревание воздуха; *в—г* — испарительное охлаждение; *е—ж* — смешивание двух количеств воздуха; *л—н* — политропическое охлаждение.

Необходимое количество вентиляционного воздуха может быть определено по тепловыделениям

$$G_{возд} = \frac{\Delta I}{I_k - I_u} = \frac{16\,507}{7 - 4{,}8} = 7500 \text{ кг/ч}$$

или по влаговыделениям

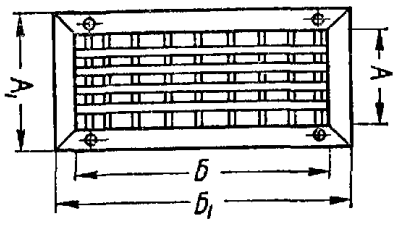
$$G_{возд} = \frac{10\,000}{5{,}23 - 3{,}9} = 7500 \text{ кг/ч}.$$

ДЕТАЛИ УСТРОЙСТВ, ОБОРУДОВАНИЕ И ЕГО ПОДБОР

Решетки и клапаны

Нерегулируемые штампованные решетки «Сантехдеталь», для забора приточного воздуха приточными системами через проемы в стенах или через окна (Типовые чертежи строительного каталога. М., Сантехпроект, 1973), приведены в табл. VII.14—

Таблица VII.14. **Регулируемые приточные решетки** *

Эскиз	Размеры, *мм*				Живое сечение, $м^2$	Масса, *кг*
	А	Б	$А_1$	$Б_1$		
	100	300	164	364	0,02	1,60
		450		514	0,03	2,10
		600		664	0,04	2,60
	210	300	274	364	0,044	2,35
		450		514	0,066	3,30
		600		664	0,088	4,30

* Изготовляются на Горьковском механическом заводе треста «Сантехдеталь» Госмонтажспецстроя СССР.

VII.16.Скорость воздуха в живом сечении решеток рекомендуется не более 6 *м/с*. Необходимое сечение решетки набирается из базовых решеток. Коэффициент местного сопротивления $\zeta = 1{,}2$.

2. Для создания жесткости поверхностей применяются:

зиги и перегибы высотой 3 ÷ ÷ 5 *мм* на длине 1200 ÷ 1400 *мм* при размерах сторон воздуховода 400 ÷ 600 *мм*;

рамки жесткости из полосовой или угловой стали 25 × 4 *мм* на расстоянии 120 ÷ 1400 *мм* одна от другой или от фланцев при размерах сторон воздуховода 600 ÷ ÷ 800 *мм* (при полосовой стали) и 800 ÷ 1200 (при угловой стали);

рамки жесткости из угловой стали 32×4 *мм* при размерах сторон воздуховода 1200 ÷ 2000 *мм*.

3. Толщину листовой стали принимать для сечений до 400 × × 500 — 0,7 *мм*, для больших размеров — 1,0 *мм*.

Воздуховоды из черной кровельной или листовой стали (табл. VII.17, VII.18) в помещениях с нормальной относительной влажностью воздуха (до 60%) и без примесей агрессивных газов требуют защитного покрытия. Грунтовка делается с обеих

Таблица VII.15. **Размеры базовых штампованных решеток**

Тип	Габаритные размеры, *мм*	Живое сечение, $м^2$	Масса, *кг*
СТД 5288	150×490	0,05	0,97
СТД 5289	150×580	0,06	1,13
СТД 5290	225×490	0,079	1,35
СТД 5291	225×580	0,092	1,62
СТД 5290	450×490	0,157	2,70
СТД 5291	450×580	0,183	3,24

Примечание. Жалюзи параллельны меньшей стороне решетки

Таблица VII.16. **Приточные регулируемые решетки типа «РР»**

Типоразмер решетки	Габаритные размеры, *мм*	Размер в свету, *мм*	Масса, *кг*
1	280×180	200×100	0,9—1,44
2	480×180	400×100	1,6—2,42
3	280×280	200×200	1,3—2,1
4	480×280	400×200	2,2—3,4
5	680×280	600×200	3,4—2,64

Таблица VII.17. **Прямоугольные воздуховоды из листовой стали**

Размеры сторон, *мм*	Площадь поперечного сечения, $м^2$	Площадь поверхности 1 *м*, $м^2$	Масса 1 *м*, *кг*	Размеры сторон, *мм*	Площадь поперечного сечения, $м^2$	Площадь поверхности 1 *м*, $м^2$	Масса 1 *м*, *кг*
100×160	0,016	0,52	3,08	400×800	0,320	2,40	20,04
100×200	0,020	0,60	3,63	500×500	0,250	2,00	16,96
160×160	0,025	0,64	3,80	500×800	0,400	2,60	22,01
160×200	0,032	0,72	4,27	500×1000	0,500	3,00	25,45
200×200	0,040	0,80	5,06	800×800	0,640	3,20	27,04
200×250	0,050	0,90	5,61	800×1000	0,800	3,60	30,24
200×400	0,080	1,20	7,26	1000×1000	1,000	4,00	33,92
250×250	0,062	1,00	6,16	1000×1250	1,25	4,50	38,12
250×400	0,100	1,30	7,81	1000×1600	1,600	5,20	44,20
250×500	0,125	1,50	8,91	1000×2000	2,000	6,00	50,80
400×400	0,160	1,60	9,46	1600×1600	2,560	6,40	54,25
400×500	0,200	1,80	15,36	1600×2000	3,200	7,20	61,00

Примечание Размеры приняты по нормам Госстроя СССР № 123 от 25 июня 1966 г Стандартная длина звеньев при индустриальном изготовлении 2000 *мм*

сторон одним слоем железного сурика на масле, покрытие — в 2 слоя масляными красками или эмалью АЛ-177 (или лак № 177 с добавкой 20% алюминиевой пудры). Воздуховоды в помещении с относительной влажностью воздуха более 60% или наружные воздуховоды грунтуются со стороны повышенной влажности одним слоем ХС-010 и покрываются эмалями ПХВ в 2 слоя или ХВХ-75 в 3 слоя (или ХВ-16 в 3 слоя).

Воздуховоды из оцинкованной стали не требуют защитных покрытий.

Дефлекторы

Наиболее совершенными по аэродинамическим показателям являются дефлекторы типа УкрНИИСТ ДВК-5 (лист VII. 15, рис. 4); их производительность на 25—30% выше производительности дефлекторов типа ЦАГИ (лист VII.16, рис. 5). Однако дефлекторы типа ЦАГИ имеют меньшие габариты и хорошую защиту от атмосферных осадков.

При применении специальных устройств для улавливания атмосферных осадков дефлекторы типа УкрНИИСТ ДВК-5 не дают затеканий, отвод воды из этих устройств не требуется. При удалении воздуха с повышенной влажностью неизбежно затекание воды в результате конденсации водяных паров в канале независимо от атмосферных осадков, а следовательно, и от типа дефлектора. В этом случае каплеулавливающие устройства должны проектироваться с отводом воды.

Специальные каплеулавливающие устройства показаны на листе VII.16, рис. 1 и на листе VII 15, рис. 2 в виде поддона. Узел на листе VII.16, рис. 1 собирается без прокладки или с отверстием для стока воды наружу.

Широкое применение нашли дефлекторы типа «Цилиндрический» (лист VII.16, рис. 6), но их аэродинамические показатели значительно хуже: меньше производительность (табл. VII.22) и выше сопротивление (табл. VII.13, п. 31). Поэтому предпочтительны первые два типа дефлекторов.

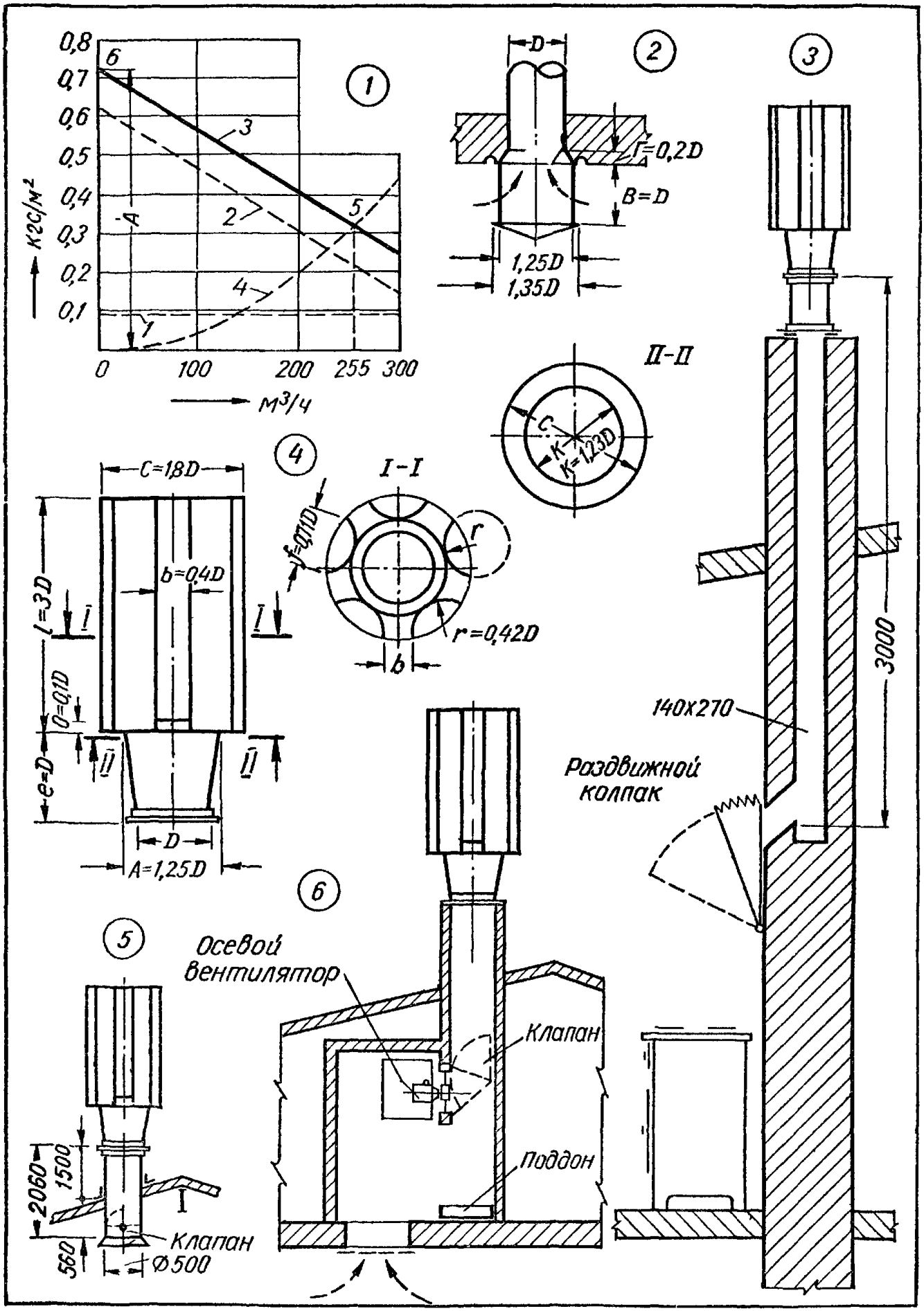
Ввиду неустойчивости скорости ветра вентиляция за счет энергии ветра ненадежна Поэтому обычно влияние ветра не учитывается. Однако вместо зонта во всех случаях рекомендуется устанавливать дефлектор.

Преимущества дефлекторов следующие: незадуваемость, если дефлектор не находится в зоне давлений, создаваемых выступающим зданием и другими поверхностями; меньшее сопротивление выхода (табл. VII.13, п. 30); улучшение тяги при наличии ветра.

Таблица VII.18. Стальные круглые воздуховоды и их соединительные части

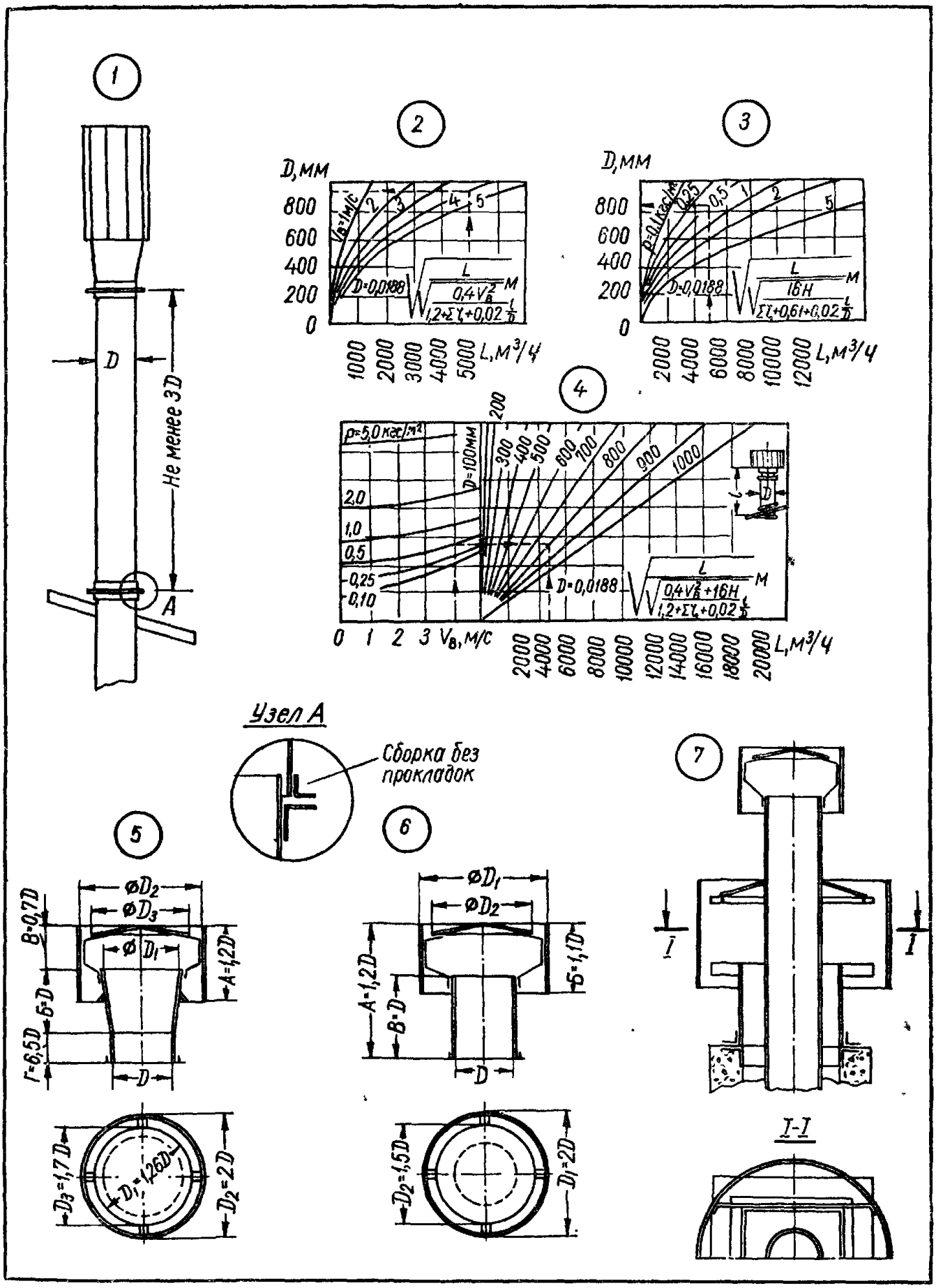
Внутренний диаметр, *мм*	Воздуховоды				Фланцы			Масса бандажа с болтом, *кг*	Масса пролета, равного 3 *м*, *кг*	
	площадь прохода, $м^2$	толщина листа, *мм*	масса 1 *м* листа, *кг*	масса 1 *м* воздуховода, *кг*	внутренний диаметр, *мм*	размер полосовой и угловой стали, *мм*	масса фланцев, *кг*		на бандажах	на фланцах
100	0,0078			1,36	103		0,64	0,35	4,5	4,8
110	0,0095			1,50	113		0,71	0,35	4,9	5,2
125	0,0123			1,70	128		0,76	0,38	5,5	5,9
140 *	0,0154			1,91	143		0,84	0,42	6,2	6,6
160	0,0200			2,18	163		0,94	0,48	7,0	7,5
180 *	0,0254			2,45	183		1,04	0,53	7,9	8,4
200	0,0314	0,55	4,33	2,73	203		1,14	0,58	8,7	9,3
225	0,0397			3,06	228		1,26	1,01	10,3	10,5
250	0,0490			3,40	254	25×4	1,39	1,15	11,6	11,8
280	0,0615			3,81	283		1,54	1,30	12,8	13,0
315	0,0775			4,28	318		1,71	1,42	14,3	14,6
355	0,0990			4,84	358		1,91	1,70	16,3	16,5
400	0,1260	0,55	4,33	5,45	404		2,24	1,92	18,3	18,6
450	0,1580			6,13	454	25×4	2,39	2,20	20,4	20,6
500	0,1960			8,65	504		2,64	—	—	28,6
560 *	0,2460			9,70	565		2,90	—	—	32,0
630	0,3120	0,70	5,50	10,90	635		4,94	—	—	37,7
710	0,3950			12,25	715		5,52	—	—	42,2
800	0,5000			13,80	805	30×5	6,2	—	—	47,6
900	0,6350			17,75	905		6,94	—	—	60,2
1000	0,7860	0,80	6,28	19,75	1005		7,43	—	—	66,5
1120	0,9850			27,70	1125		8,55	—	—	91,6
1250	1,2200			30,80	1255		15,50	—	—	108,0
1400	1,5400	1,00	7,85	34,55	1405	32×32×4	17,25	—	—	121,0
1600	2,0100			39,50	1605		19,65	—	—	131,1

Примечания 1. Воздуховоды с диаметрами, помеченными звездочкой, применяются только в системах аспирации 2. Диаметры приняты по нормам Госстроя СССР (№ 123 от 25 июля 1966 г.).



Лист VII.15. Дефлектор УкрНИИСТ ДВК-5 и установка его на крыше или шахте:

1 — построение суммарной характеристики дефлектора и графическое решение к примеру VII.14, *2* — каплеулавливающий поддон; *3* — естественная вытяжка над газовой плитой через складной колпак из несгораемого материала, *4* — дефлектор УкрНИИСТ ДВК-5; *5* — установка дефлектора на крыше; *6* — установка дефлектора на шахте.



Лист VII.16. Дефлекторы и номограмма А. Я. Мозгова для подбора дефлекторов ЦАГИ:

1 — каплеулавливающее устройство на трубе; *2* — подбор дефлекторов по скорости ветра; *3* — подбор дефлекторов по гравитационному давлению; *4* — подбор дефлекторов по совместному действию ветра и гравитационному давлению; *5* — конструктивные размеры дефлектора ЦАГИ; *6* — то же, типа «Цилиндрический»; *7* — объединение каналов в дефлекторах.

Если дефлектор устанавливают без учета влияния ветра, его размеры принимают по диаметру воздуховода, на котором он расположен. Размеры дефлекторов и их производительность даны в табл. VII.19—VII.22 и на листах VII.15—VII.18.

При организации вентиляции за счет энергии ветра подбор дефлекторов типа УкрНИИСТ ДВК-5 может быть произведен графически по аэродинамическим характеристикам (листы VII.17 и VII.18).

Производительность дефлектора зависит от его типа, скорости ветра, а также от сопротивлений до дефлектора. Производительность дефлекторов, указанная в табл. VII.22, дана для условий установки дефлекторов без воздуховодов, с минимальными сопротивлениями до дефлектора.

Произвольно задавшись производительностью, определяют сопротивление сети до дефлектора и по этим данным находят характеристику сети на диаграммах листов VII.17 и VII.18 (кривые из начала координат). Пересечение характеристики сети и характеристики дефлектора при заданной скорости ветра дает «рабочую точку», определяющую полное давление и производительность в патрубке дефлектора.

Аналитически подбирают дефлектор, совместно решая уравнения характеристик сети и дефлектора.

Характеристика сети может быть представлена в виде зависимости

$$H_c = 0{,}0825\left(\lambda\frac{l}{d} + \Sigma\zeta\right)\frac{L^2\gamma}{d^4}, \qquad \text{(VII.20)}$$

где L — секундный расход воздуха, $м^3/с$;
H_c — сопротивление сети, $кгс/м^2$;
λ — коэффициент сопротивления;
l — длина воздуховодов до дефлектора, $м$;
d — диаметр воздуховодов, $м$;
$\Sigma\zeta$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений до дефлектора;
γ — плотность воздуха в воздухопроводе до дефлектора.

В сумму $\Sigma\zeta$ вводят к. м. с. дефлектора только в том случае, если расчет ведется для режима безветрия и дефлектор является зонтом. Коэффициент местного сопротивления принимают по табл. VII.13 при отсутствии воздуховода до дефлектора — по условиям входа воздуха в патрубок дефлектора (табл. VII.13, п. 39—50).

Обозначив

$$K = 0{,}0825\left(\lambda\frac{l}{d} + \Sigma\zeta\right)\frac{\gamma}{d^4},$$

получим

$$H_c = KL^2. \qquad \text{(VII.21)}$$

Характеристики дефлекторов типа УкрНИИСТ ДВК-5 с достаточной точностью для практических расчетов описываются зависимостью

$$p = 0{,}0577\frac{v_в L}{d^2} - 0{,}64h_{дв}, \qquad \text{(VII.22)}$$

где p — полное давление в патрубке дефлектора, $кгс/м^2$;
$v_в$ — скорость ветра, $м/с$;
$h_{дв}$ — динамическое давление скорости ветра, $кгс/м^2$;
L — расход воздуха в патрубке дефлектора, $м^3/с$;
d — диаметр патрубка дефлектора, $м$.

В рабочей точке $H_c = -p$. Подставив значения H_c и p из уравнений (VII.20) и (VII.22) и преобразовав, получим производительность дефлектора

$$L = \frac{B - \sqrt{B^2 + 4KA}}{-2K}, \qquad \text{(VII.23)}$$

где

$$A = 0{,}64\,h_{дв}; \quad B = 0{,}0577\frac{v_в}{d^2}.$$

При совместном действии ветра и гравитационного давления оба вида побуждения работают последовательно и поэтому их давления суммируются. При аналитическом решении суммирование давлений производят в выражении (VII.23)

$$A = 0{,}64h_{дв} + p_{гр}, \qquad \text{(VII.24)}$$

Таблица VII.19. **Дефлекторы типа УкрНИИСТ ДВК-5** (лист VII.16, рис. 4)

Номер дефлектора	Патрубок		Размеры дефлектора, *мм*									Толщина листа, *мм*	Размеры уголков для фланцев, *мм*	Масса, *кг*
	диаметр *D*, *мм*	сечение, $м^2$	*A*	*b*	*C*	*e*	*l*	*f*	*r*	*K*	*O*			
1	100	0,0078	125	40	180	100	300	71	42	123	10	1		2,1
2	200	0,0314	250	80	360	200	600	142	84	245	20	1		7,0
3	300	0,0707	375	120	540	300	900	213	126	368	30	1,5	32×4	21,5
4	400	0,1260	500	160	720	400	1200	284	168	490	40	1,5		37
5	500	0,1960	625	200	900	500	1500	355	210	613	50	1,5		60
6	600	0,2830	750	240	1080	600	1800	426	262	735	60	1,5		90
7	700	0,3850	875	280	1260	700	2100	497	294	858	70	2		163
8	800	0,5020	1000	320	1440	800	2400	568	336	980	80	2	50×5	215
9	900	0,6360	1125	360	1620	900	2700	639	378	1103	90	2		260
10	1000	0,7850	1260	400	1800	1000	3000	710	420	1225	100	2		325

Таблица VII.20. **Дефлекторы круглые типа ЦАГИ** (лист VII.17, рис. 5)

Номер дефлектора	Патрубок		Размеры дефлектора, *мм*							Размеры уголков для фланцев	Масса, *кг*
	диаметр *D*, *мм*	сечение, $м^2$	D_1	D_2	D_3	*A*	*Б*	*В*	*Г*		
1	100	0,0078	126	200	170	120	100	70	50		2,8
2	200	0,0314	252	400	340	240	200	140	100		6,0
3	300	0,0707	378	600	510	360	300	210	150	32×4	11,5
4	400	0,1260	504	850	670	480	400	280	150		25,5
5	500	0,1860	630	1000	800	680	500	350	200		35,5
6	600	0,2830	756	1200	1020	720	600	420	200		52,1
7	700	0,3850	882	1400	1190	840	700	490	200		65,6
8	800	0,5020	1008	1600	1360	900	800	560	250	50×5	81,3
9	900	0,6360	1134	1800	1530	1080	900	630	250		98,0
10	1000	0,7820	1260	2000	1700	1200	1000	700	250		114,6

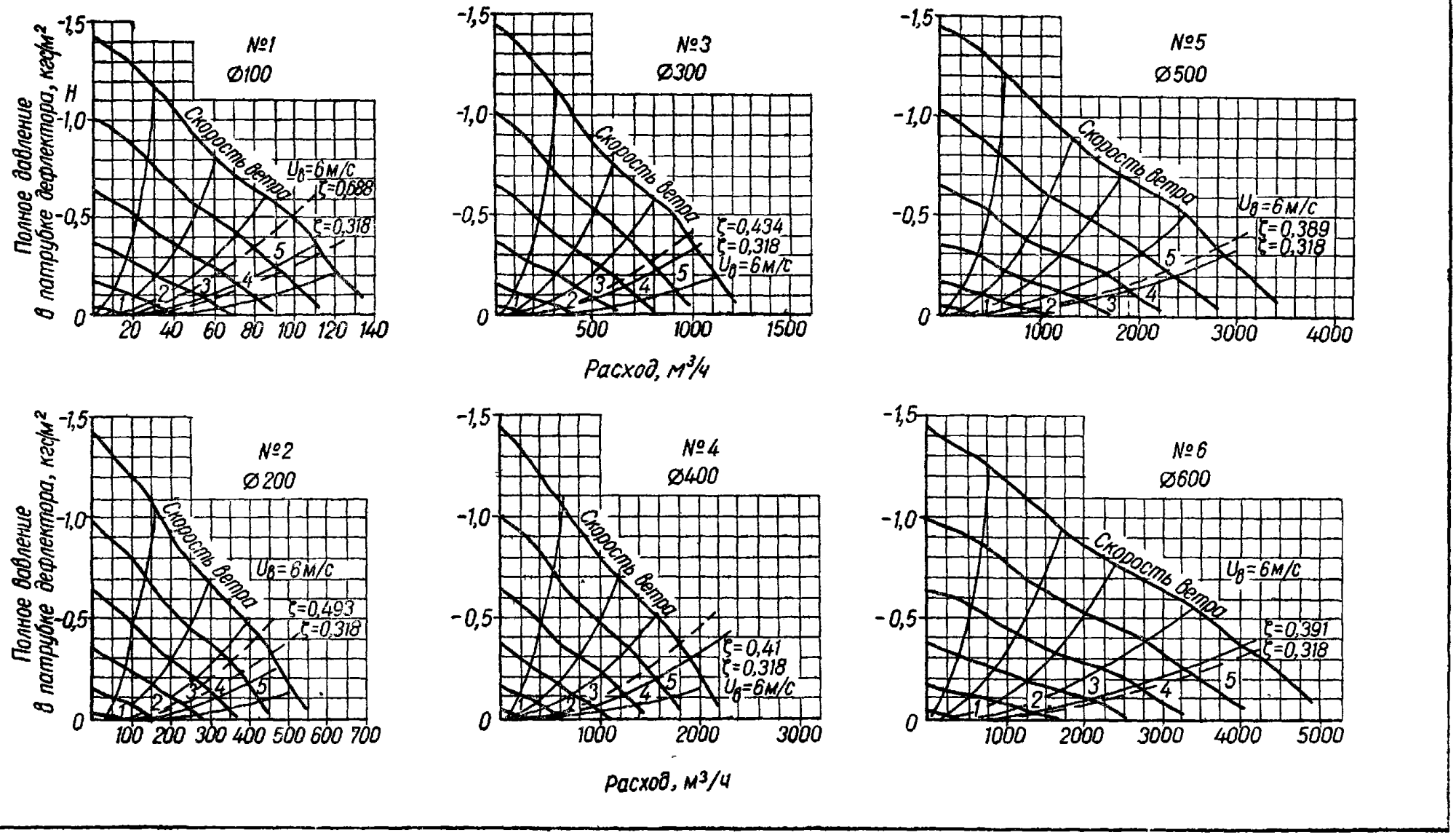
Таблица VII.21. **Размеры типовых дефлекторов ЦАГИ** (лист VII.16, рис. 5)

Тип	Площадь сечения патрубка, $м^2$	Размеры, *мм*					Общая масса, *кг*
		D	D_2	Б + В	Б	А	
Т17	0,0314	200	400	340	200	240	7,4
Т18	0,049	250	500	425	250	300	10,5
Т19	0,078	315	630	540	315	380	15,5
Т20	0,125	400	800	680	400	480	23,3
Т21	0,200	500	1000	850	500	600	36,1
Т22	0,312	630	1260	1075	630	760	54,9
Т23	0,500	800	1600	1360	800	960	86,2
Т24	0,785	1000	2000	1700	1000	1200	199,6
Т25	1,23	1250	2500	2125	1250	1500	302,5

Примечание. Данные по типовым чертежам строительного каталога М., Сантехпроект, 1973.

Таблица VII.22. **Производительность дефлекторов ($м^3/ч$) под действием ветра при установке без воздуховодов** (лист VII.15, рис. 5)

Номер дефлектора	Скорость ветра, *м/с*								
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
Дефлекторы типа УкрНИИСТ ДВК-5									
1	20	30	40	50	60	70	80	100	120
2	80	130	160	200	240	270	310	390	470
3	200	250	350	420	500	600	680	820	1020
4	300	450	620	800	930	1100	1260	1550	1900
5	600	800	1000	1200	1400	1650	1900	2350	2900
6	750	1000	1300	1750	2000	2300	2600	3250	4000
7	1000	1500	1900	2500	2750	3200	3600	4500	5400
8	1200	1800	2300	3000	3700	4100	4800	6000	7100
9	1500	2400	3000	3800	4600	5500	6100	7500	9000
10	2000	2800	3600	4800	5500	6500	7300	9100	11 000
Дефлекторы типа ЦАГИ									
3	—	—	240	300	360	420	480	—	—
4	—	—	380	475	570	660	760	—	—
5	—	—	670	850	1000	1180	1350	—	—
6	—	—	980	1230	1470	1720	1960	—	—
7	—	—	1330	1670	2000	2300	2670	—	—
8	—	—	1740	2170	2600	3050	3470	—	—
9	—	—	2210	2760	3320	3860	4420	—	—
10	—	—	2700	3370	4040	4720	5400	—	—
Дефлекторы типа «Цилиндрический»									
1	10	17	21	26	31	37	42	53	68
2	47	68	95	115	142	168	189	236	284
3	105	168	210	262	315	308	420	525	630
4	180	284	378	475	565	660	755	945	1130
5	294	440	590	735	880	1030	1210	1480	1780
6	424	635	850	1060	1265	1485	1740	2130	2560
7	575	880	1150	1440	1720	2020	2370	2900	3480
8	745	1120	1490	1870	2240	2630	3080	3770	4520
9	945	1420	1880	2360	2830	3300	3900	4750	5720
10	1180	1750	2310	2900	3480	4100	4800	5850	7050



Лист VII.17. Аэродинамические характеристики дефлекторов УкрНИИСТ ДВК-5 № 1—6.

где $p_{гр}$ — гравитационное давление, определяемое по уравнению (VII.6).

При графическом решении строят суммарную характеристику дефлектора и гравитационного давления, вычерчивая характеристику дефлектора из точки на оси ординат (давлений), определяемой уравнением (VII.24). Пользуясь сопротивлением системы воздуховодов при соответствующем расходе воздуха, по уравнению (VII.21), строят характеристику сети. Пересечение суммарной характеристики с характеристикой сети дает рабочую точку, определяющую производительность дефлектора при совместном действии ветра и гравитационного давления.

Дефлектор типа ЦАГИ подбирают по номограммам А. Я. Мозгова (лист VII.16, рис. 2—4). Эти номограммы составлены при сумме коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta = 0{,}5$ и длине воздуховода до дефлектора $l = 5$ *м*. Для значений $\Sigma\zeta$ более 0,5 полученные по номограммам диаметры патрубков следует умножать на поправочные коэффициенты K. При $\Sigma\zeta = 1$; 1,5; 2 коэффициенты соответственно равны 1,06; 1,2; 1,8.

Пример VII.13. Из помещения необходимо удалять дефлекторами 10 000 *м*³/*ч* воздуха. Необходимо определить количество и номера дефлекторов типа УкрНИИСТ ДВК-5. Расчетная скорость ветра 4 *м/с* принимается по табл. VII.5 в зависимости от населенного пункта и времени года.

Намечается конструктивное решение установки дефлекторов. В данном случае решено установить по коньку крыши 5—6 шт. дефлекторов (в соответствии с листом VII.15, рис. 5). Пользуясь характеристиками дефлекторов (листы VII.17 и VII.18) по производительности 2000 *м*³/*ч* (0,555 *м*³/*с*) и ориентировочному значению $p = 0{,}1$ *кгс/м*², принимаем дефлектор № 5 (диаметр патрубка 500 *мм*).

Определяем сумму коэффициентов местных сопротивлений до дефлектора по табл. VII.13:

для входа в патрубок	0,277
для клапана	0,05
для сопротивления трению $\lambda\frac{l}{d} = 0{,}015\frac{2{,}06}{0{,}5}$	0,062
	$\Sigma\zeta = 0{,}389$

Скорость в воздуховоде при расходе воздуха 2000 *м*³/*ч* и диаметре патрубка дефлектора 500 *мм* составляет $v = 2{,}83$ *м/с* (см. лист VII.8). Этой скорости соответствует динамическое давление 0,49 *кгс/м*². Тогда сопротивление воздуховода до дефлектора

$$H_c = 0{,}389 \cdot 0{,}49 = 0{,}179 \text{ кгс/м}^2.$$

По сопротивлению 0,179 *кг/м*² и расходу 2000 *м*³/*ч* находим характеристику сети на листе VII.17 для дефлектора № 5. На пересечении кривых характеристики сети и характеристики дефлектора при скорости ветра 4 *м/с* находим рабочую точку. Из этой точки, опускаясь вниз, находим расход 1860 *м*³/*ч* (см. пунктир на листе VII.17).

Это же решение может быть получено аналитически.

Находим коэффициент характеристики сети по уравнению (VII.21).

$$K = \frac{H_c}{L^2} = \frac{0{,}179}{0{,}555^2} = 0{,}58.$$

Динамическое давление при скорости ветра 4 *м/с* и $\gamma = 1{,}2$ равно 0,98. Находим $A = 0{,}64 \cdot 0{,}98 = 0{,}627$ и $B = 0{,}0577\ \frac{4}{0{,}5^2} = 0{,}92$.

Производительность дефлектора из уравнения (VII.23)

$$L = \frac{B - \sqrt{B^2 + 4KA}}{-2K} = \frac{0{,}92 - \sqrt{0{,}92^2 + 4 \cdot 0{,}58 \cdot 0{,}627}}{-2 \cdot 0{,}58} =$$

$$= 0{,}516 \text{ м}^3/\text{с}, \text{ или } 1860 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Таблица VII.23. **Расчет воздуховода**

Номер участка	L	l	$a \times b$	v	d_f	R
1	200	3	140×270	1,47	220	0,0155

Необходимое количество дефлекторов равно $\frac{10\,000}{1850} = 5{,}37$. Принимаем 6 шт.

При установке дефлекторов ЦАГИ диаметром 500 *мм* их производительность по номограмме А. Я. Мозгова составит 1440 *м³/ч* (лист VII.16, рис. 2). Для заданной производительности необходимо установить $\frac{10\,000}{1440} = 6{,}94$ шт. Принимаем 7 шт.

Пример VII.14. Определить производительность дефлектора при совместном действии ветра и гравитационного давления. Дефлектор установлен на вытяжном канале от колпака над газовой кухонной плитой (лист VII.15, рис. 3). Расчетная скорость ветра 4 *м/с*. Расчетные температуры: газов в канале 32°, наружного воздуха 24°. Размер канала 140 × 270 *мм* (1/2 × 1 кирпич). Этому прямоугольному каналу по площади соответствует круглый канал диаметром 220 *мм*. Принимаем дефлектор типа УкрНИИСТ ДВК-5 № 2, диаметр патрубка 200 *мм*.

Определяем гравитационное давление по уравнению (VII.6). Действующая высота горячего столба газов (по листу VII.15, рис. 3) равна 3 *м*; плотность воздуха при 24° по табл. VII.1 равна 1,189 *кг/м³*, при 32° — 1,157 *кг/м³*. Подставляя эти значения в уравнение (VII.6), получаем $p_{1\,р} = h(\gamma_н - \gamma_в) = 3\,(1{,}189 - 1{,}157) = 0{,}096$ *кгс/м²*.

Определяем сопротивление системы до дефлектора (табл. VII.23) по методике, изложенной на стр. 60.

К. м. с. приняты: для входа из колпака в канал с изменением сечения $f/F = 0{,}1$ (табл. VII.13, п. 8) $\zeta = 0{,}45$; для колена под углом 135° (табл. VII.13, п. 3 и 2)

$$\zeta = 0{,}35 \cdot 0{,}48 = 0{,}168; \quad \Sigma\zeta = 0{,}618.$$

Аналитическое решение следующее.

Характеристика воздуховода по уравнению (VII.21)

$$K = \frac{0{,}188}{0{,}0555^2} = 61.$$

Решая уравнение (VII 24), получим

$$A = 0{,}64\,\frac{v_в^2\gamma}{2g} + p_{гр} = 0{,}64\,\frac{4^2 \cdot 1{,}189}{19{,}62} + 0{,}096 = 0{,}716.$$

Из уравнения (VII.23)

$$B = 0{,}0577\,\frac{v_в}{d^2} = 0{,}0577\,\frac{4}{0{,}2^2} = 5{,}77;$$

$$L = \frac{5{,}77 - \sqrt{5{,}77^2 + 4 \cdot 61 \cdot 0{,}716}}{-2 \cdot 61} = 0{,}708\ м^2/с \text{ или } 255\ м^3/ч.$$

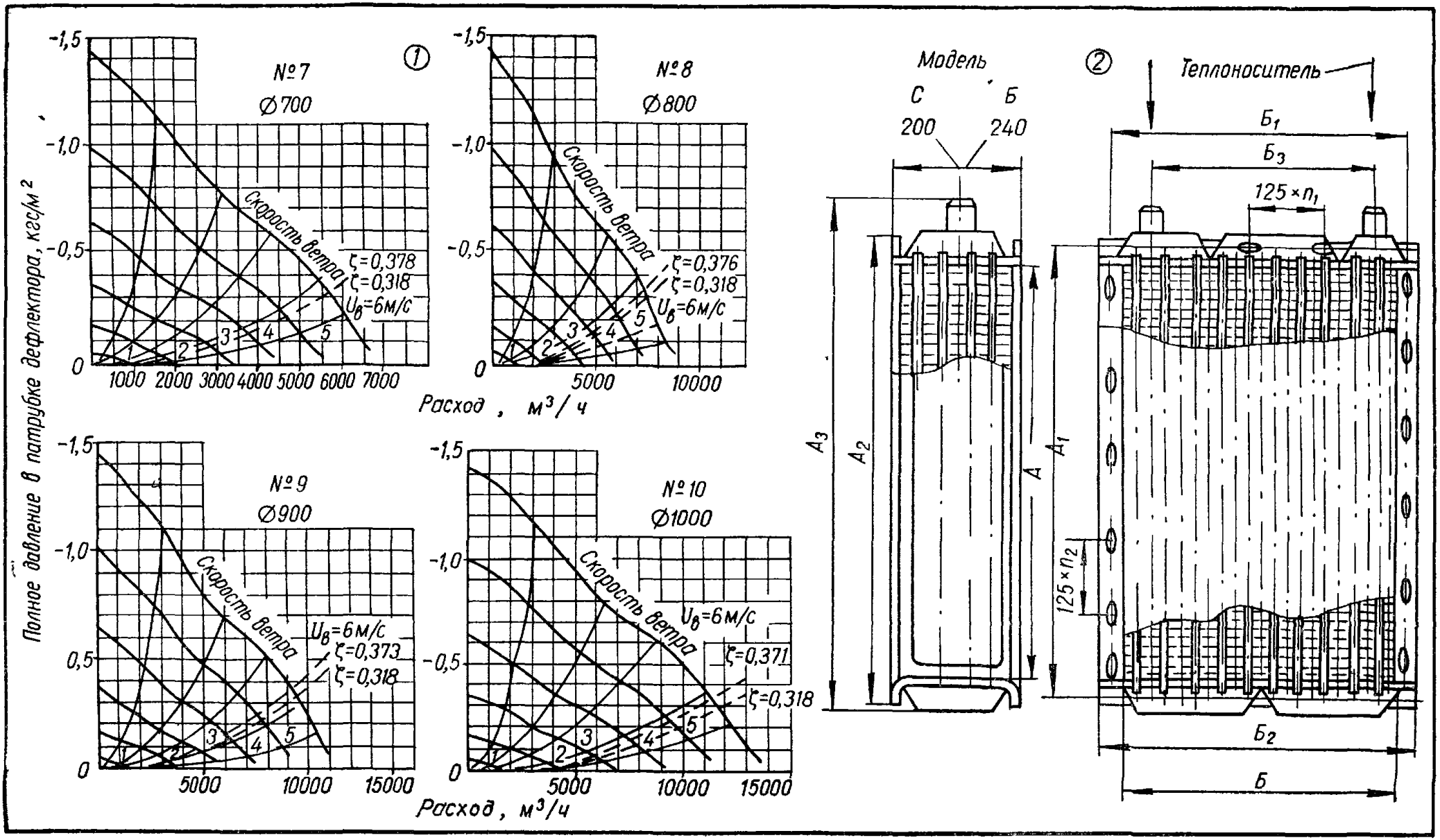
При безветрии дефлектор представляет гидравлическое сопротивление с к. м. с. $\zeta = 0{,}6$ (табл. VII.13, п. 32). Общее сопротивление системы возрастает до 0,263 *кгс/см²* (расчет по табл. VII.23 при $\Sigma\zeta = 1{,}218$). За счет гравитационного давления установится расход, определяемый из равенства

$$\frac{H_с}{p_{гр}} = \frac{L^2}{L_{гр}^2}, \qquad \text{(VII.25)}$$

откуда

$$L_{гр} = \sqrt{L^2\,\frac{p_{гр}}{H_с}} = \sqrt{200^2\,\frac{0{,}096}{0{,}263}} = 121\ м^3/ч.$$

m	K	n	$Rlmn$	$\Sigma\zeta$	$h_д$	Z	$Rl + Z$
1,19	5	1,9	0,105	0,618	0,13	0,083	0,188



Лист VII.18. Аэродинамические характеристики дефлекторов УкрНИИСТ ДВК-5 № 7—10 (рис. 1) **и многоходовых калориферов типа КВС, КВБ, КМС и КМБ** (рис. 2).

Графическое решение показано на листе VII.15, рис. 1. Гравитационное давление отложено в виде пунктирной прямой *1* при давлении $p_{1р} = 0{,}096$ *кгс/м²*. Характеристика дефлектора при скорости ветра 4 *м/с* в виде пунктирной прямой 2 перенесена с листа VII.17. На оси ординат отложена точка *6* на расстоянии $A = 0{,}716$, и из этой точки проведена прямая *3*, параллельная прямой *2*. Прямая *3* является суммарной характеристикой. По данным табл. VII.23 и уравнению (VII.25) построена характеристика сети 4. Пересечение характеристик 3 и 4 дает рабочую точку 5. Опускаясь из точки 5 на ось абсцисс, находим производительность 255 *м³/ч* при суммарном действии ветра и гравитационного давления.

Фильтры

В приточных вентиляционных установках жилых и общественных зданий фильтры устанавливаются для очистки наружного воздуха от пыли. При небольшой производительности установок применяют проницаемые (слойные) фильтры тонкой очистки с периодической очисткой фильтров от пыли. В центральных камерах систем вентиляции большой производительности и в системах кондиционирования применяют масляные самоочищающиеся фильтры домодедовского или харьковского заводов «Кондиционер».

Необходимую поверхность фильтра, *м²*, определяют по уравнению

$$F_ф = \frac{L}{q_ф}, \qquad \text{(VII.26)}$$

где $q_ф$ — удельная нагрузка фильтрующей поверхности фильтра, значения которой, *м³/м² · ч*, принимают по табл. VII.24;

L — часовой расход воздуха, *м³/ч*.

Основные технические показатели фильтров приведены в табл. VII.27. Большинство фильтров предназначается для начальной запыленности воздуха не более 20 *мг/м³*. О загрязнении фильтров судят по сопротивлению. Очистку фильтров производят при увеличении сопротивления вдвое. В таблице указаны сопротивления фильтров при максимальном загрязнении.

Очистку наружного воздуха для жилых и общественных зданий не следует предусматривать в приморских и горных районах с чистым воздухом, а также когда забор воздуха производится в зеленой зоне.

Фильтры устанавливаются, как правило, до калориферов (по ходу воздуха). Масляные фильтры могут быть установлены после калориферов при применении масел, застывающих при температуре выше расчетной наружной температуры холодного периода года, соответствующей параметрам Б. В схемах с рециркуляцией воздуха фильтры должны быть установлены так, чтобы наружный и рециркуляционный воздух проходил через фильтры.

В матерчатых рамочных фильтрах (лист VII.19, рис. 3 и 4) применяют ворсистые ткани типа вельветон, саржа, бумазея, шерстянка Мельстроя и др. Ворсистой стороной ткань располагают со стороны запыленного воздуха.

Фильтры клиновидные рамочные из пористой бумаги типа К-49 и К-53 предназначаются для тонкой очистки атмосферного воздуха от пыли при начальной запыленности 1—3 *мг/м³*. В качестве фильтрующего материала применяют пористую бумагу (алгинин и шелковку), натянутую в 6—10 слоев. Отдельные кассеты фильтра устанавливают в ячейки металлического каркаса, образуя группу требуемой поверхности. Производительность одной кассеты 1140 *м³/ч*, фильтрующая поверхность достигает 1,9 *м²*, удельная нагрузка до 600 *м³/м² · ч*.

Фильтры масляные ячейковые сетчатые конструкции Е. В. Рекка (лист VII.19, рис. 2, табл. VII.25) предназначаются для тонкой очистки наружного воздуха от пыли. Ячейки фильтра состоят из ряда гофрированных сеток, поставленных последовательно во взаимно перпендикулярном направлении гофров. Перед установкой ячейки фильтра промасливают веретенным маслом № 2 или 3. Промывают ячейки горячим 5%-ным содовым раствором при температуре 60—70°. Винипластовые гофрированные сетки выпускаются Охтинским химкомбинатом.

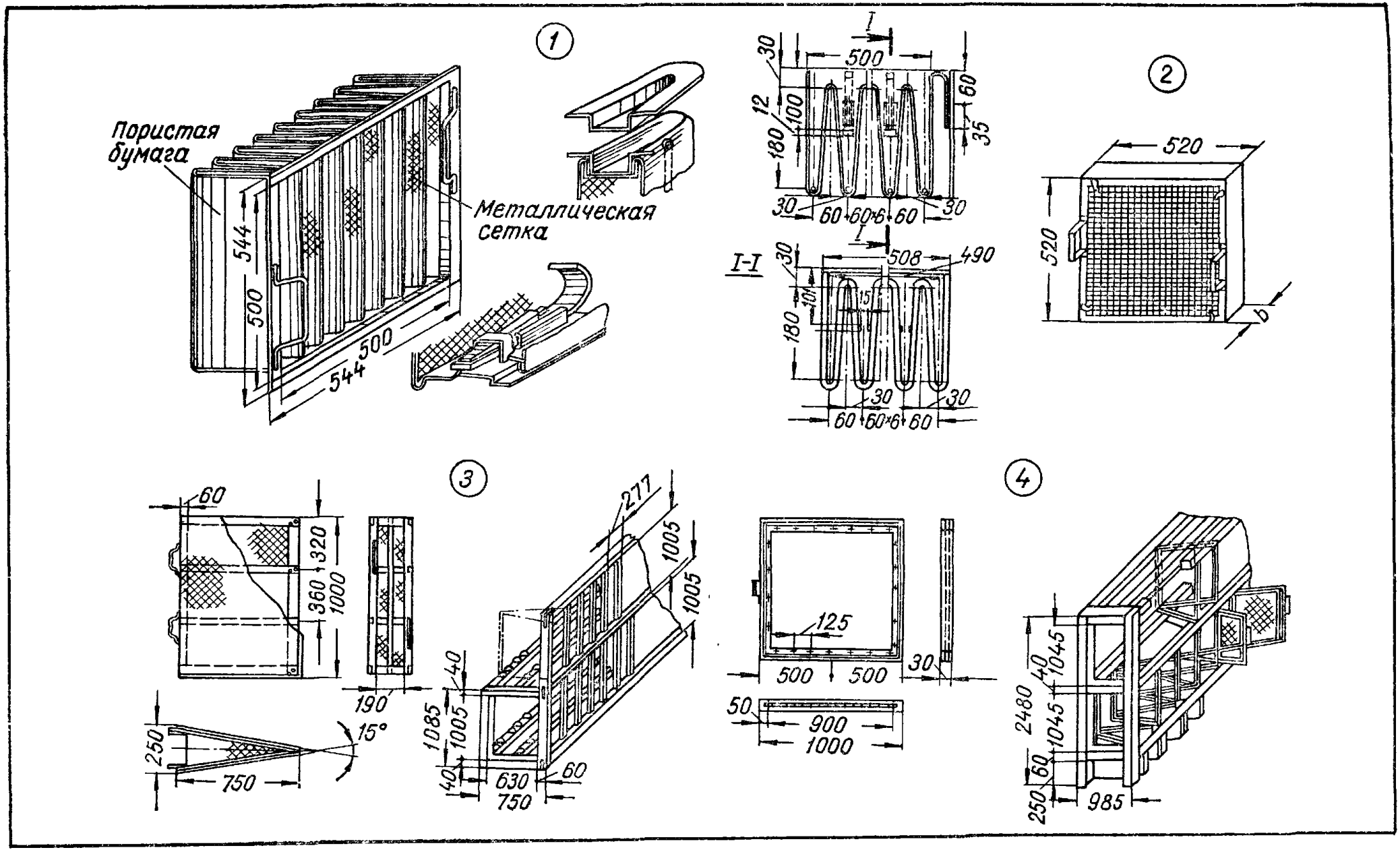
Фильтры изготовляются Крюковским вентиляторным заводом. Фильтры модели М набираются из 5 сеток с ячейкой 2,5 *мм*, 4 сеток с ячейкой 1,2 *мм* и 3 сеток с ячейкой 0,63 *мм*; фильтры модели *Б* набираются из 8 сеток с ячейкой 2,5 *мм*, 6 сеток с ячейкой 1,2 *мм* и 4 сеток с ячейкой 0,63 *мм*. Сопротивление фильтров,

Таблица VII.24. **Техническая характеристика фильтров тонкой очистки для атмосферного воздуха** (лист VII.19)

Тип фильтра	Начальное пылесодержание, *мг/м³* (до)	Нормальная удельная нагрузка, *м³/м²·ч*	Степень очистки по весу, проц	Фракционная степень очистки, проц. Размер фракций, *мк*				Сопротивление фильтра, *кгс/м²*
				до 5	10	20	40	
Рамочный:								
с фильтрующей тканью	500	40—50	95		—			50
бумажный К-49 конструкции МИОТ	3	600	84—96		—			10—15
бумажный К-53 модернизированный конструции ВЦНИИОТ	3	600	97	96,5	99	99,5	100	10—15
Ячейковый:								
сетчатый Е. В. Рекка модели М	5	6000	70—97	70	92	97	99	8
то же, модели Б	10	6000	86—98	72	94	98	99	12
с металлическими или керамическими кольцами диаметром и длиной 7 × 12 *мм*	20	4000	85—98	72	93	97	99	12
Масляный самоочищающийся конструкции Харьковского завода кондиционеров (индекс 06)	10	10 000	85		—			11 до 14

Таблица VII.25. **Техническая характеристика масляных ячейковых сетчатых фильтров конструкции Е. В. Рекка** (лист VII.19, рис. 2)

Модель фильтра	Начальное пылесодержание, *кг/м³* (до)	Количество сеток в ячейке	Расход масла на 1 ячейку, *г*	Пылеемкость одной ячейки, *г*			*b*, *мм*	Вес ячейки с рамой, *кг*
				литейная пыль	цементная пыль	зола		
М	5	12	120—200	700	500	700	70	10
Б	10	18	250—350	1200	800	1200	120	14,9



Лист VII.19. Фильтры тонкой очистки:

1 — рамочный бумажный типа К-49 конструкции МИОТ; *2* — масляный ячейковый сетчатый конструкции Е. В. Рекка; *3* — рамочный клинообразиый конструкции Промстройпроекта; *4* — рамочный конструкции Промстройпроекта.

в зависимости от типа модели и нагрузки, приведено в табл. VII.24 и на листе VII.11, рис. 3.

Для предохранения пола от загрязнения стекающим маслом под фильтрами устраивается поддон. В типовых деталях Института типового проектирования (серия ОВ-ОЗ-ОЗ, издание 1965 г.) вертикальный плоский фильтр ВФ набирается из 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 16, 20 ячеек в одной раме. Вертикальный зигзагообразный фильтр ЗФ с количеством ячеек 8, 12, 18, 24 и 32 собирается из отдельных рамок, имеющих по 2, 3 или 4 ячейки. Соединяют рамки на болтах.

Фильтры масляные самоочищающиеся предназначаются для очистки наружного воздуха от пыли. Фильтр состоит из подвижных сетчатых шторок, образующих фильтрующий слой. Скорость перемещения шторок регулируется в зависимости от концентрации пыли:

при содержании пыли в воздухе до 5 *мг/м*^{3} — около 8,6 *мм/мин*, чему соответствует работа электропривода в течение 1 *мин* и пауза в течение 110 *мин*;

при содержании пыли в воздухе более 10 *мг/м*^{3} — около 18 *мм/мин*, чему соответствует работа электропривода в течение 55 *мин*.

Фильтры собираются в группы панелей (не более трех). Для перемещения сетчатых шторок фильтра служит электродвигатель мощностью 0,27 *квт*, с числом оборотов 1400 (тип АОЛ-21-4). Для смачивания шторок применяется веретенное масло № 2 и 3.

Данные о самоочищающихся фильтрах Харьковского завода «Кондиционер» приведены на стр. 195.

Калориферы

В калориферах воздух для систем воздушного отопления или вентиляции нагревают паром или водой. По ГОСТ 7201—70 промышленность начала изготовлять калориферы средней (КВС-П) и большой (КВБ-П) моделей. Все модели имеют 12 номеров, но временно выпускаются только № 6 по 12. Оребрение калориферов пластинчатое, и они рассчитаны на рабочее давление теплоносителя до 12 *кг/см*^{2}.

Калориферы многоходовые имеют четыре хода по теплоносителю и по одному входному и выходному патрубку. Условный диаметр патрубков средней и большой моделей для № 1 по 10—32 *мм*, для № 11 и 12 — 50 *мм* (для КВБ-П 70 *мм*). Живое сечение калориферов то теплоносителю средней модели для № 1—5 — 0,000868 *м*^{2}; № 6—10—0,001159; № 11—0,0023; № 12—0,00347 *м*^{2} и большой: № 1—5 — 0,001159; № 6—10—0,00154; № 11 — 0,003; № 12 — 0,0046 *м*^{2}. Средняя модель имеет три ряда трубок, смещенных на 0,5 диаметра, большая — четыре ряда.

Съемные боковые щитки дают возможность образовать сплошную поверхность нагрева.

Калориферы предназначены для воды и устанавливаются горизонтально. Патрубки теплоносителя смещены у средних моделей № 1—10 на 48 *мм*; № 11, 12 на 28 *мм*, у больших— № 1—10 на 88; № 11 на 68; № 12 на 50 *мм*. Полное обозначение марки калорифера с его номером записывается, например, для № 8 средней модели «КВС8-П».

По данным заводов и ГПИ Сантехпроект, промышленность продолжает выпуск калориферов КФС и КФБ, КМС и КМБ, КФСО и КФБО. Все эти типы калориферов выпускаются от № 2 по 11. Калориферы КФС, КФБ, КФСО, КФБО по движению теплоносителя о д н о х о д о в ы е и присоединяются по схемам листа VII.20. Калориферы КМС, КМБ, КВС-П, КВБ-П м н о г о х о д о в ы е и устанавливаются, как правило, только горизонтально с присоединением к трубопроводам по схемам листа VII.20.

Калориферы КФСО, КФБО, КПС-СН, КПБ-СН оребренные, остальные—пластинчатые. Калориферы средней модели по направлению движения воздуха имеют три ряда параллельных труб, а калориферы большой модели четыре ряда. Калориферы оребренные имеют шахматное расположение труб. Пластины калориферов изготовляются из листовой стали толщиной 0,5 *мм*. Расстояние между пластинами в свету 5 *мм*. Модели калориферов по ГОСТ 7201—62 рассчитаны на рабочее давление до 6 *кг/см*^{2}.

Расчет и подбор калориферов производятся в следующем порядке.

Расход тепла, *ккал/ч*, на нагрев воздуха определяют по формуле

$$Q = Lc\gamma\,(t_к - t_н), \qquad \text{(VII.27)}$$

где L — количество нагреваемого воздуха, *м*^{3}/*ч*;

γ — плотность воздуха при температуре помещения, принимаемая по табл. VII.1;

c — весовая теплоемкость воздуха, равная 0,24 *ккал/кг* · °С.
$t_н$ — начальная температура воздуха, °С;
$t_к$ — конечная температура нагретого воздуха, °С.

Необходимое живое сечение в калорифере, $м^2$, для прохода воздуха

$$f = \frac{L\gamma}{3600v\gamma}, \qquad \text{(VII.28)}$$

где $v\gamma$ — массовая скорость воздуха, $кг/м^2 \cdot с$, принимаемая по экономическим соображениям в пределах 7—10 $кг/м^2 \cdot с$, для оребренных калориферов 3—5 $кг/м^2 \cdot с$.

Далее по живому сечению для прохода воздуха выбирают калориферы по табл. VII.27, VII.34, VII.36 и др. Дальнейший расчет ведут для каждой выбранной модели калорифера раздельно.

По действительному живому сечению калорифера $f_д$ данной модели уточняют весовую скорость воздуха $кг/м^2 \cdot с$

$$v\gamma = \frac{L\gamma}{3600f_д}; \qquad \text{(VII.29)}$$

скорость воды, $м/с$, в трубках калорифера

$$W = \frac{Q}{3600 \cdot 1000f_{гр}(t_г - t_0)}, \qquad \text{(VII.30)}$$

где $f_{гр}$ — живое сечение трубок калорифера для воды, $м^2$;
$t_г$ — температура горячей воды в подающей магистрали, °С;
t_0 — температура обратной воды, °С;
Q — расход тепла на нагрев воздуха, *ккал/ч*.

При установке нескольких калориферов количество тепла принимается в зависимости от схемы присоединения калориферов к трубопроводам. При параллельном присоединении трубопроводов (лист VII.20, рис. 5, 6, 9—12) принимается соответствующая часть общего расхода тепла, т. е. Q/m, где m — количество калориферов; при последовательной схеме (лист VII.20, рис. 7, 8, 13—16) принимается общий расход тепла на нагрев всего количества воздуха.

По табл. VII.28; VII.35 и др. для рассчитываемой модели калорифера определяют коэффициент теплопередачи и сопротивление.

Далее проверяют теплоотдачу калорифера по формуле

$$Q_к = F_к K (T_{ср} - t_{ср}), \qquad \text{(VII.31)}$$

где $F_к$ — поверхность нагрева калорифера, $м^2$, принимаемая по выбранному типу калорифера;
K — коэффициент теплопередачи, $ккал/м^2 \cdot С$;
$t_{ср}$ — средняя температура воздуха, проходящего через калорифер, °С

$$t_{ср} = \frac{t_н - t_к}{2};$$

$t_н$ и $t_к$ — температура воздуха до и после калорифера, °С;
$T_{ср}$ — средняя температура теплоносителя, °С.

Для воды $T_{ср} = \frac{t_г + t_0}{2}$. При насыщенном паре давлением до 0,3 *ат* $T_{ср} = 100°$, при давлении более 0,3 *ат* принимается температура пара по давлению пара из табл. III.5.

При расчете калориферов для нагревания вентиляционного наружного воздуха по параметрам А температура горячей воды в подающей магистрали и воды в обратной магистрали принимается по соответствующему графику температуры воды в наружной тепловой сети (см. лист VI. 1, рис. 3 в книге 1) по температуре наружного воздуха параметра А.

Теплоотдача калорифера должна быть больше необходимого расхода тепла на нагрев воздуха и составлять не менее *

$$Q_к = (1{,}15 \div 1{,}2)\, Q. \qquad \text{(VII.32)}$$

Если равенство не удовлетворяется, увеличивают номер принятой модели калорифера и повторяют расчет.

* Аналогичная надбавка на поверхность нагрева калориферов не эквивалентна запасу по теплопередаче калорифера.

Таблица VII.26. **Калориферы стальные пластинчатые мо**

Номер калорифера	Поверхность нагрева, $м^2$		Живое сечение по воздуху моделей С и Б, $м^2$	Масса, *кг*	
	КВС-П	КВБ-П		КВС-П	КВБ-П
1	8,55	11,38	0,1046	43,9	56,4
2	10,62	14,21	0,1292	51,0	66,0
3	12,70	16,86	0,1539	58,2	75,6
4	14,67	19,48	0,1786	65,2	84,7
5	18,81	25,00	0,2279	79,5	103,6
6	11,40	15,14	0,1392	56,2	72,7
7	14,16	18,81	0,1720	65,6	84,0
8	16,92	22,44	0,2048	74,8	96,6
9	19,56	26,00	0,2376	83,8	109,1
10	25,08	33,34	0,3032	102	134
11	72,00	95,63	0,8655	263	351
12	108,0	143,5	1,2984	390	518

Таблица VII.27. **Калориферы стальные пластинчатые сред**

Номер калорифера	Поверхность нагрева, $м^2$		Живое сечение, $м^2$			Масса, *кг*		Количество пластин, шт.	Количество трубок, шт.	
	КФС	КФБ	по воздуху	по теплоносителю КФС	по теплоносителю КФБ	КФС	КФБ		КФС	КФБ
1 *	7,25	9,3	0,0851	0,0046	0,0061	37,5	46,2	243	18	24
2	9,9	12,7	0,115	0,0046	0,0061	46,0	57,2	333	18	24
3	13,2	16,9	0,154	0,0061	0,0082	59,1	74,0	444	24	32
4	16,7	21,4	0,195	0,0061	0,0082	70,5	88,5	564	24	32
5	20,9	26,8	0,244	0,0076	0,0102	87,4	103,4	705	30	40
6	25,3	32,4	0,295	0,0076	0,0102	101,5	127,3	855	30	40
7	30,4	38,9	0,354	0,0092	0,0122	123,1	154,0	1026	36	48
8	35,7	45,7	0,416	0,0092	0,0122	139,7	175,2	1206	36	48
9	41,6	53,3	0,486	0,0107	0,0143	160,6	202,0	1407	42	56
10	47,8	61,2	0,558	0,0107	0,0143	170,7	226,5	1617	42	56
11	54,6	69,9	0,638	0,0122	0,0163	205,6	258,9	1848	48	64
12 *	61,6	79,0	0,720	0,0122	0,0163	227,0	286,2	2088	48	64
13 *	69,3	88,8	0,810	0,0138	0,0184	253,3	319,3	2349	54	72
14 *	77,3	99,0	0,903	0,0138	0,0184	277,7	350,4	2619	54	72

Примечания. 1. Штуцера калориферов имеют трубную резьбу. У калориферов КФБ четы
2. Калориферы, отмеченные звездочкой, не выпускаются промышленностью.

Таблица VII.28. **Коэффициент**

Скорость движения теплоносителя, м/с	Массовая скорость					
	2	3	4	5	6	7
					Теплоноситель Модель	
0,02	9,8	10,9	11,7	12,3	12,8	13,4
0,03	10,0	11,1	12,0	12,7	13,3	13,8
0,04	10,2	11,4	12,3	13,0	13,6	14,3
0,05	10,4	11,8	12,7	13,5	14,1	14,8

КВС-П и КВБ-П (ГОСТ 7201-70; лист VII.18, рис. 2)

Размеры для всех моделей, *мм*					
А	$А_1$	$А_3$	Б	$Б_1$	$Б_2$
530	578	675	378	426	450
655	703	800			
780	828	925			
905	953	1050			
1155	1203	1300			
530	578	675	503	551	575
655	703	730			
780	828	915			
905	953	1050			
1155	1203	1300			
1655	1703	1830	1003	1051	1075
1655	1703	1830	1503	1551	1575

ней модели КФС, КФБ (ГОСТ 7201—70, лист VII.23, рис. 2)

Размеры, *мм*										Диаметр штуцера *d*, дюймы	
А	$А_1$	$А_2$	$А_3$	Б	$Б_1$	$Б_2$	$Б_3$	n_1	n_2	КФС	КФБ
410	450	610	470	360	390	290	412	3	3	$1^1/_4$	$1^1/_2$
560	600	760	620	360	390	290	412	4	3	$1^1/_4$	$1^1/_2$
560	600	780	620	480	510	390	532	4	4	$1^1/_2$	2
710	750	930	770	480	510	390	532	5	4	$1^1/_2$	2
710	750	930	770	600	640	520	662	5	5	2	2
860	900	1080	920	600	640	520	662	6	5	2	2
860	900	1100	920	720	760	630	782	6	6	$2^1/_2$	$2^1/_2$
1010	1050	1250	1080	720	760	630	782	7	6	$2^1/_2$	$2^1/_2$
1010	1050	1250	1080	840	880	750	902	7	7	$2^1/_2$	3
1160	1200	1400	1230	840	880	750	902	9	7	$2^1/_2$	3
1160	1200	1420	1230	960	1010	870	1032	9	8	3	3
1310	1350	1570	1380	960	1010	870	1032	10	8	3	3
1310	1350	1570	1380	1080	1130	990	1152	10	9	3	3
1460	1500	1720	1530	1080	1130	990	1152	11	9	3	3

ре ряда труб, Г=240 *мм*; у калориферов КФС три ряда труб, Г=200 *мм*.

теплопередачи калориферов КФБ и КФС (Сантехпроект)

воздуха $v\gamma$, *кг/м²·с*							
8	9	10	11	12	13	14	15
вода КФС							
13,8	14,2	14,6	14,9	15,2	15,5	15,9	16,1
14,4	14,7	15,1	15,5	15,9	16,3	16,6	16,9
14,8	15,2	15,6	16,1	16,5	16,9	17,3	17,5
15,4	15,9	16,4	16,9	17,3	17,7	18,1	18,3

Скорость движения теплоносителя, м/с	Массовая скорость воздуха					
	2	3	4	5	6	7
0,06	10,6	12,0	13,0	13,9	14,5	15,2
0,07	10,8	12,3	13,3	14,2	14,9	15,7
0,08	11,0	12,6	13,7	14,6	15,3	16,1
0,09	11,2	12,8	14,0	14,9	15,7	16,6
0,10	11,4	13,1	14,3	15,3	16,1	17,0
0,20	12,6	14,7	16,4	17,6	18,7	19,9
0,30	13,2	15,5	17,3	18,7	19,8	21,1
0,40	13,5	16,0	17,8	19,5	20,6	22,2
0,50	13,7	16,2	18,1	19,8	21,0	22,4
0,60	13,8	16,4	18,4	20,1	21,5	22,9
0,80	14,0	16,6	18,8	20,6	22,1	23,5
						Модель
0,02	9,4	10,4	11,3	12,0	12,6	13,2
0,03	9,6	10,6	11,6	12,4	13,1	13,7
0,04	9,7	10,9	11,9	12,7	13,4	14,0
0,05	9,8	11,2	12,2	13,1	13,8	14,5
0,06	9,9	11,4	12,5	13,4	14,2	14,9
0,07	10,1	11,6	12,8	13,7	14,5	15,3
0,08	10,2	11,8	13,0	14,1	14,9	15,7
0,09	10,4	12,1	13,3	14,4	15,3	16,1
0,10	10,5	12,3	13,6	14,7	15,6	16,5
0,20	11,5	13,7	15,2	16,8	18,0	19,1
0,30	11,9	14,3	16,2	17,7	19,1	20,3
0,40	12,2	14,8	16,6	18,3	19,8	21,1
0,50	12,4	15,0	17,0	18,8	20,1	21,7
0,60	12,5	15,1	17,1	19,0	20,3	21,9
0,80	12,6	15,2	17,4	19,3	20,8	22,2
						Теплоноситель
						Модель
—	15,6	18,2	20,1	21,8	23,3	24,8
						Модель
—	13,4	15,7	17,9	19,5	21,2	22,5

При расчете калориферов, установленных последовательно, в уравнении (VII.31) ставится суммарная площадь нагрева калориферов по ходу воздуха (в одном ряду).

Таблица VII.29. **Сопротивление * калориферов КФС и КФБ движению воздуха H, кгс/м²**

Массовая скорость воздуха $v\gamma$, кг/м²·с	Модель		Массовая скорость воздуха $v\gamma$, кг/м²·с	Модель		Массовая скорость воздуха $v\gamma$, кг/м²·с	Модель	
	КФС	КФБ		КФС	КФБ		КФС	КФБ
2	0,4	0,6	7	3,8	5,0	12	9,7	12,7
3	0,9	1,2	8	4,8	6,2	13	11,1	14,6
4	1,4	1,9	9	5,8	7,7	14	12,8	16,3
5	2,1	2,8	10	7,0	9,2	15	14,4	18,2
6	2,9	3,8	11	8,3	10,8			

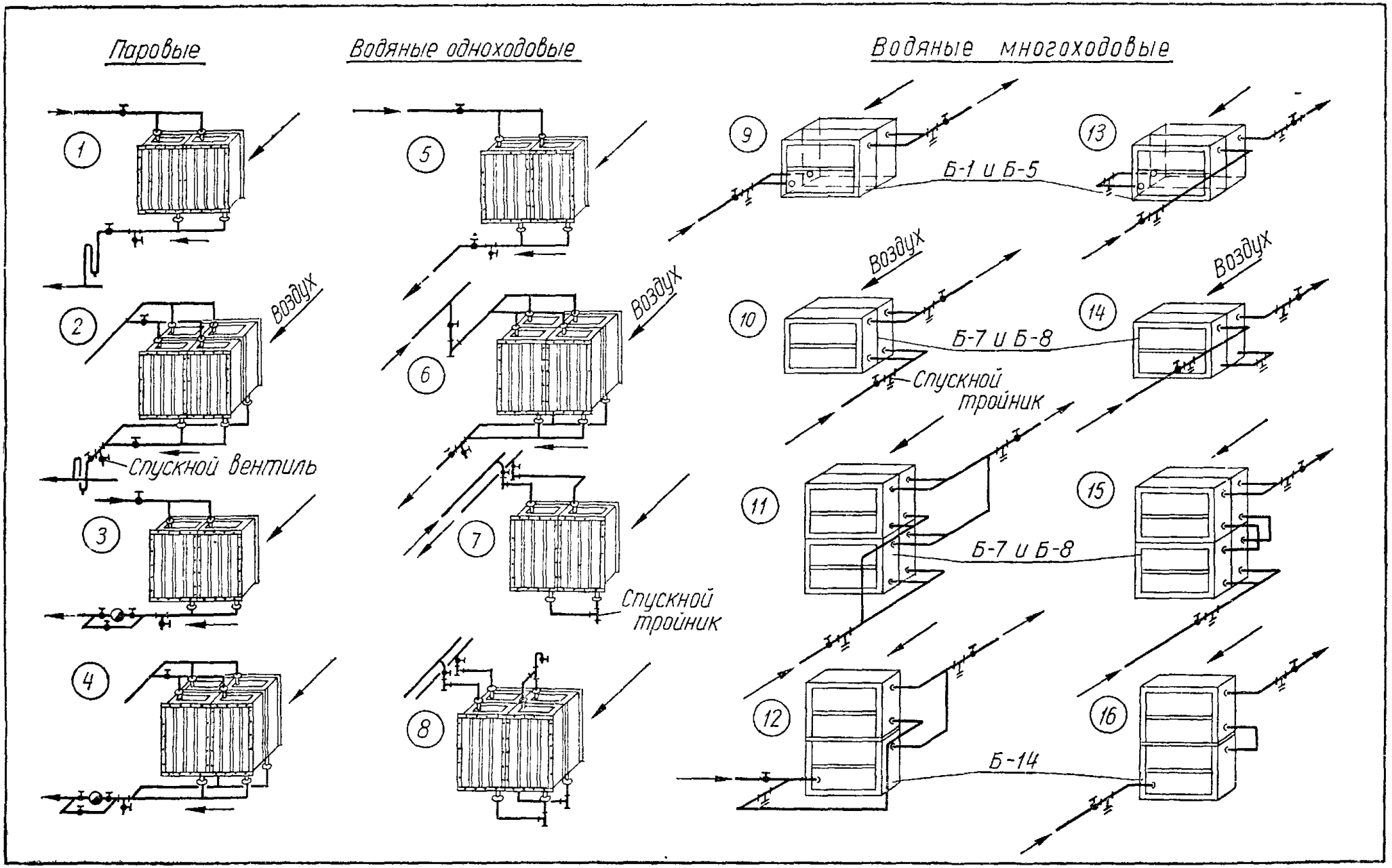
$v\gamma$, кг/м² · с							
8	9	10	11	12	13	14	15
15,9	16,4	16,9	17,5	17,9	18,3	18,8	18,9
16,4	16,9	17,4	18,0	18,5	19,0	19,4	19,7
16,8	17,6	18,1	18,6	19,1	19,6	20,1	20,3
17,3	18,1	18,6	19,1	19,7	20,2	20,7	21,0
17,8	18,6	19,1	19,7	23,2	20,8	21,4	21,7
20,9	21,7	22,5	23,3	24,0	24,9	25,6	26,1
22,2	23,2	24,0	24,9	25,7	26,7	27,4	28,0
23,2	24,2	25,1	26,0	26,9	28,0	28,7	29,4
23,7	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	29,8	30,6
24,2	25,4	26,6	27,7	28,8	29,8	30,5	31,3
25,0	26,1	27,4	28,2	29,7	30,5	31,6	32,3
КФБ							
13,7	14,2	14,6	15,0	15,4	15,7	16,0	16,4
14,3	14,8	15,2	15,6	16,1	16,5	16,9	17,2
14,7	15,1	15,6	16,1	16,6	17,0	17,5	17,9
15,1	15,6	16,2	16,7	17,2	17,5	18,1	18,5
15,5	16,1	16,7	17,2	17,8	18,1	18,8	19,1
16,0	16,5	17,2	17,8	18,4	18,7	19,4	19,8
16,5	17,0	17,7	18,3	19,0	19,4	20,1	20,5
16,9	17,5	18,2	18,9	19,6	20,0	20,7	21,2
17,3	18,0	18,8	19,4	20,2	20,6	21,4	21,8
20,3	21,1	22,1	23,0	24,0	24,6	25,6	26,1
21,5	22,5	23,6	24,5	25,7	26,4	27,4	28,0
22,2	23,4	24,6	25,6	26,9	27,6	28,1	29,3
22,9	24,1	25,4	26,5	27,6	28,5	29,7	30,4
23,1	24,5	25,7	26,8	27,9	28,9	29,9	30,9
23,8	25,1	26,4	27,4	28,8	29,9	30,8	31,9
пар КФС							
25,9	27,4	28,1	29,4	30,0	31,0	31,8	32,6
КФБ							
24,0	25,2	26,3	27,3	28,4	29,6	30,3	31,4

Необходимая поверхность нагрева по расчету определяет количество устанавливаемых калориферов последовательно по ходу воздуха.

Для принятых типов и рассчитанных моделей калориферов записывают по табл. VII.27, VII.34, VII.36 и др. габариты, вес и сопротивления по воздуху и воде. Калориферы, обладающие наименьшим весом и сопротивлением (по воздуху), являются экономически наиболее целесообразными для установки. Габаритные размеры в некото-

Таблица VII.30. **Сопротивление * калориферов КФС и КФБ движению воды** h, **кгс/м²**

Модель	Скорость воды в трубках W, м/с						
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
КФС	6,5	29,0	61,0	104,5	156,0	218,0	288,0
КФБ	4,3	17,0	37,0	66,0	106,0	146,6	198,0



Лист V11.20. Схемы присоединения калориферов к трубопроводам:

1, 2 —к паропроводам при $p \leqslant 0{,}3$ *am*; *3, 4* — то же, при $p \geqslant 0{,}3$ *am*; *5, 6, 9, 10, 11* и *13* — параллельное присоединение к водоводам; *7, 8, 13, 14, 15* и *16* — последовательное присоединение к водоводам.

чаях могут оказаться решающими при окончательном выборе типа и модели ифера.

сопротивление калориферов вводят запасы по воздуху 10% и по воде 20%.

Таблица VII.31 **Сопротивление * калориферов КФБО и КФСО движению воздуха H, кгс/м²**

овая скорость воздуха кг/м²·с	Модель		Массовая скорость воздуха $v\gamma$, кг/м²·с	Модель		Массовая скорость воздуха $v\gamma$, кг/м²·с	Модель	
	КФБО	КФСО		КФБО	КФСО		КФБО	КФСО
2	1,7	1,4	7	19,4	16,8	12	55,2	49,5
3	3,7	3,1	8	24,9	21,9	13	64,0	58,2
4	6,6	5,4	9	31,4	27,5	14	73,5	66,8
5	10,1	8,5	10	38,8	34,2	15	84,5	77,5
6	14,3	11,6	11	46,1	41,2	16	96,0	88,2

Таблица VII.32. **Сопротивление калориферов движению воды h, кгс/м²**

Модель	Скорость воды в трубках W, м/с						
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
КФБО	4,3	17,0	37,0	66,0	106,0	146,0	198,0
КФСО	2,5	29,0	61,0	104,5	156,0	218,0	288,0

При установке калориферов последовательно сопротивление калориферов по воздуху определяют из равенства

$$H_к = H'_к n', \qquad \text{(VII.33)}$$

где n' — количество рядов калориферов;

$H'_к$ — сопротивление одного калорифера, кгс/м².

При последовательном присоединении калориферов сопротивление группы калориферов по теплоносителю определяют по формуле

$$h = (h'_к + 40)\, n, \qquad \text{(VII.34)}$$

где n — число последовательно соединенных калориферов;

$h'_к$ — сопротивление одного калорифера (по воде), кгс/м².

При теплоносителе воде следует применять преимущественно многоходовые калориферы и последовательное соединение по теплоносителю как многоходовых, так и одноходовых калориферов. При теплоносителе паре предусматривается установка обводных клапанов; при теплоносителе воде необходимость в обводных клапанах определяется условиями работы калориферов и схемой их регулирования.

Для предупреждения замораживания калориферов, нагревающих наружный воздух, следует выбирать поверхность нагрева без излишних запасов и предусматривать последовательное соединение калориферов по теплоносителю воде. Следует также предусматривать необходимую блокировку их с вентиляторами и клапанами, обеспечивающими сначала прогрев калориферов, а затем пуск вентилятора; при остановке должен первым отключаться вентилятор, а затем калорифер. В схемах регулирования нагревания воздуха путем изменения расхода теплоносителя (воды) автоматическим клапаном, установленным на линии подачи теплоносителя, устанавливается датчик температуры воды в обратном трубопроводе, воздействующий на автоматический клапан подачи воды в калориферы.

Поверхность нагрева калориферов для систем воздушного отопления, совмещенных с вентиляцией или кондиционированием воздуха, если системы вентиляции рас-

* По материалам МИСИ, ВНИИГС и Сантехпроекта.

Таблица VII.33. **Коэффициенты теплопередачи и сопротивления по воздуху калориферов моделей КВС-П и КВБ-П**

Скорость воды, *м/с*	Массовая скорость воздуха $v\gamma$, *кгс/м²·с*											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Калориферы КВС-П												
0,2	21,2	22,5	24,3	25,7	27,0	28,2	29,3	30,3	31,2	32,1	32,9	33,7
0,3	21,7	23,8	25,7	27,0	28,5	29,8	30,9	32,0	32,9	33,8	34,7	35,4
0,4	22,6	24,8	26,6	28,2	29,6	30,9	32,0	33,1	34,1	35,0	36,0	36,8
0,5	23,2	25,5	27,3	28,9	30,4	31,8	33,0	34,0	35,0	36,1	37,0	37,8
0,6	23,8	26,2	26,0	29,7	31,1	32,6	33,9	34,9	36,0	37,0	37,9	38,7
0,7	24,4	26,6	28,7	30,4	31,9	33,3	34,5	35,7	36,7	37,8	38,7	39,5
0,8	24,9	27,1	29,2	31,0	32,3	33,9	35,1	36,3	37,4	38,5	39,3	40,1
0,9	25,3	27,5	29,5	31,5	32,9	34,3	35,6	36,8	37,8	38,9	39,9	40,7
1,0	25,6	28,0	30,1	32,0	33,3	34,7	36,2	37,3	38,4	39,4	40,5	41,5
Сопротивление по воздуху, *кгс/м²*												
	1,3	2,1	3,0	4,0	5,1	6,3	7,7	9,0	10,3	12,0	13,5	15,1
Калориферы КВБ-П												
0,2	20,3	22,2	24,0	25,2	26,4	27,6	28,7	29,6	30,5	31,4	32,1	33,0
0,3	20,9	22,9	24,6	26,0	27,3	28,6	29,7	30,7	31,6	32,5	33,2	34,3
0,4	21,6	23,7	25,3	26,8	28,1	29,4	30,5	31,6	32,5	33,3	34,2	35,2
0,5	22,1	24,4	26,0	27,7	29,0	30,4	31,6	32,7	33,6	34,7	35,4	36,4
0,6	22,8	24,9	26,7	28,4	29,8	31,0	32,3	33,3	34,4	35,3	36,0	37,1
0,7	23,2	25,3	27,2	28,9	30,4	31,7	32,9	34,0	35,0	36,0	36,9	38,0
0,8	23,6	25,7	27,7	29,4	31,0	32,2	33,5	34,6	35,6	36,7	37,5	38,6
0,9	23,9	26,0	28,1	29,9	31,5	32,7	34,1	35,2	36,1	37,3	38,2	39,3
1,0	24,3	26,5	28,6	30,4	31,9	33,1	34,5	35,7	36,9	37,9	38,8	40,0
Сопротивление по воздуху, *кгс/м²*												
	1,8	2,8	4,0	5,3	6,8	8,6	10,1	11,8	13,7	14,3	16,0	20,15

Таблица VII.34. **Калориферы стальные оребренные средней модели КФСО и большой модели КФБО** (лист VII.23, рис. 3)

Номер калорифера	Поверхность нагрева, $м^2$		Живое сечение, $м^2$				Размеры, *мм*												Трубная резьба штуцера, *дюймы*		Масса, *кг*	
			по воздуху	по теплоносителю	по воздуху	по теплоносителю																
	КФСО	КФБО	КФСО		КФБО		A	A_1	A_2	A_3	$Б$	$Б_1$	$Б_2$	$Б_3$	$Б_4$	a	b	n_1	n_2	КФСО	КФБО	КФСО	КФБО
2	9,77	13,02	0,0913	0,0061	0,091	0,0081	560	600	624	760	360	390	412	290	61	77,5	16	3	4	$1^1/_4$	$1^1/_2$	50,5	55,3
4	17,06	20,68	0,153	0,0084	0,143	0,0107	710	750	780	930	494	510	532	390	71	77,5	16	4	5	$1^1/_2$	2	73,3	88,3
5	21,71	26,68	0,167	0,0107	0,182	0,0135	710	750	780	930	624	640	662	520	71	77,5	18	5	5	2	2	96,1	110
6	26,29	32,65	0,227	0,0107	0,222	0,0135	860	900	924	1080	624	625	662	520	71	77,5	18	5	6	2	2	106	128
7	30,05	40,06	0,271	0,0122	0,271	0 0163	860	900	924	1100	722	760	782	630	71	77,5	18	6	6	$2^1/_2$	$2^1/_2$	123	152
8	35,28	47,00	0,318	0,0122	0,318	0,0165	1010	1050	1080	1250	710	760	782	626	76	102	16	6	7	$2^1/_2$	$2^1/_2$	140	175
9	41,89	53,86	0,375	0,0145	0,375	0,0193	1010	1050	1080	1250	840	880	902	746	77	102	14	7	7	$2^1/_2$	3	160	207
10	48,22	64,30	0,431	0,0145	0,431	0,0193	1160	1200	1230	1400	840	880	902	750	77	52,5	14	7	9	$2^1/_2$	3	178	230
11	55,84	71,00	0,497	0,0168	0,475	0,0213	1160	1200	1230	1420	970	1010	1032	870	81	52,5	16	8	9	3	3	206	258

Примечание. Размер $Б$ у калориферов КФБО для № 4 равен 454 *мм*, для № 5 и 6—584 *мм*, для № 11—926 *мм*

Таблица VII.35. Коэффициенты теплопередачи * калориферов КФСО и КФБО

Скорость движения теплоносителя, *м/с*	Массовая скорость воздуха $v\gamma$, *кг/м²·с*														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Теплоноситель вода. Модель КФСО															
0,02	13,2	14,9	16,4	17,6	18,6	19,4	20,2	20,8	21,5	22,2	22,8	23,5	24,0	24,6	25 1
0,06	14,6	17,0	18,8	20,3	21,6	22,8	24,0	25,0	26,0	26,8	27,8	28,6	29,4	30,1	30,8
0,08	15,3	17,8	19,8	21,5	23,0	24,5	25,7	26,8	27,9	28,9	30,1	30,9	31,8	32,7	33,5
0,10	15,9	18,7	20,8	22,7	24,4	25,9	27,3	28,5	29,8	30,8	32,0	33,1	34,0	35,0	35,7
0,14	17,0	20,0	22,3	24,5	26,4	28,1	29,6	31,0	32,4	33,6	34,9	36,0	37,0	38,1	39,1
0,20	17,7	21,1	23,8	26,2	28,4	30,3	32,2	33,8	35,3	36,7	38,3	39,5	40,7	42,0	43,1
0,30	18,3	22,0	25,3	28,0	30,5	32,0	35,0	36,9	38,8	40,5	42,3	43.9	45,5	47,1	48,4
0,40	18,7	22,8	26,2	29,4	32,2	34,7	37,0	39,2	41,4	43,3	45,3	47,2	48,9	50,5	52,2
0,60	19,0	23,5	27,2	30,6	33,6	36,4	39,0	41,4	43,9	46,1	48,4	50,3	52,3	54,2	56,0
1,00	19,2	24,0	28,0	31,6	35,0	38,0	40,7	43,5	46,3	48,6	51,2	53,4	55,4	57,7	59,8
Модель КФБО															
0,02	12,7	14,3	15,7	16,8	17,6	18,7	19,4	20,1	20,6	21,2	21,8	22,3	22,9	23,5	23,9
0,06	13,6	15,7	17,6	19,2	20,4	21,5	22,6	23,6	24,6	25,5	26,4	27,2	28,0	28,6	29,0
0,08	14,1	16,6	18,6	20,2	21,6	22,9	24,2	25,4	26,4	27,4	28,5	29,4	30,1	31,0	31,8
0,10	14,7	17,3	19,5	21,2	22,8	24,3	25,7	27,0	28,2	29,2	30,3	31,3	32,3	33,1	34,0
0,14	15,5	18,4	20,7	22,6	24,6	26,2	27,6	29,1	30,4	31,7	32,9	34,1	35,2	36,0	37,1
0,20	16,2	19,5	22,0	24,4	26.4	28,3	30,0	31,6	33,3	34,8	36,1	37,4	38,6	39,6	40,8
0,30	16,7	20,2	23,3	25,9	28,3	30,5	32,6	34,7	36,5	38,1	39,8	41,5	42,9	44,3	45,7
0,40	17,0	20,8	24,1	27,0	29,6	32,1	34,3	36,3	38,4	40,4	42,0	44,0	45,7	47,4	48,3
0,60	17,2	21,3	25,0	28,1	31,0	33,6	36,1	38,5	40,8	42,9	44,9	47,2	48,6	50,8	52,3
1,00	17,4	21,8	25,7	29,1	32,3	35,1	37,9	40,3	42,9	45,1	47,7	50,0	51,7	54,0	55,9
Теплоноситель пар. Модель КФСО															
—	21,6	25,8	29,3	32,4	35,0	37,5	39,7	41,8	43,8	45,7	47,5	49,2	50,9	52,5	54,0
Модель КФБО															
—	19,5	23,4	26,7	29,6	32,1	34,5	38,7	39,6	40,6	42,4	44,1	45,7	47,3	48,9	50,4

* По материалам МИСИ, ВНИИГС и Саитехпроекта.

Таблица VII.36. Калорифер стальной пластинчатый многоходовой средней и большой модели типа КМС и КМБ
(лист VII.18, рис. 2)

Номер калорифера	Поверхность нагрева, м²		Живое сечение, м²			Количество						Размеры, мм										Масса, кг	
	КМС	КМБ	по воздуху	по теплоносителю КМС	по теплоносителю КМБ	ходов	секций	труб КМС	труб КМБ	монтажных отверстий	пластин	A	A_1	A_2	A_3	$Б$	$Б_1$	$Б_2$	$Б_3$	n_1	n_2	КМС	КМБ
2	9,9	12,7	0,115	0,0023	0,0030	2	3	18	24	32	333	560	600	760	699	350	390	412	290	4	3	66	76
3	13,2	16,9	0,154	0,0015	0,0020	4	4	24	32	36	444	560	600	780	719	470	510	544	390	4	4	78	95
4	16,7	21,4	0,195	0,0015	0,0020	4	4	24	32	40	564	710	750	774	869	480	510	544	390	4	5	96	123
5	20,9	26,8	0,244	0,0019	0,0025	4	5	30	40	44	705	710	750	774	869	600	640	664	520	5	5	117	144
6	25,3	32,4	0,295	0,0019	0,0025	4	5	30	40	48	855	860	900	924	1009	600	640	664	520	5	6	139	169
7	30,4	38,9	0,354	0,0023	0,0030	4	6	36	48	52	1025	860	900	924	1019	720	760	784	630	6	6	160	202
8	35,7	45,7	0,415	0,0023	0,0030	4	6	36	48	56	1206	1010	1050	1074	1169	720	760	784	630	6	7	187	234
9	41,6	53,3	0,485	0,0018	0,0024	6	7	42	56	60	1407	1010	1050	1074	1169	840	880	904	750	7	7	217	272
10	47,8	61,2	0,558	0,0018	0,0024	6	7	42	56	64	1617	1160	1200	1224	1319	840	880	904	750	7	9	250	312
11	54,6	69,9	0,638	0,0020	0,0027	6	8	48	64	68	1848	1160	1200	1224	1339	966	1010	1024	870	8	9	260	329

Примечания. 1. При установке калориферов с вертикальным положением трубок в крышках калориферов должны быть выполнены отверстия и установлены пробковые краны для выпуска воздуха и спуска воды из каждого отсека калорифера.

2. В связи с ограничевными данными испытаний подбор калориферов КМС и КМБ времению может производится так же, как для калориферов КФС и КФБ, с увеличением коэффициента теплопередачи при температурах воды 95°/70° в 1,6 раза, а при 130°/70°— в 1,4 раза.

3. Диаметр штуцеров всех калориферов КМС $1^1/_2$″, а калориферов КМБ—2″, резьба штуцеров трубная.

4. У калориферов типа КМБ размер A для № 3 равеи 780 *мм*, размер A_3 для № 2 и 3 равен 620 *мм*.

Таблица VII.37. **Коэффициенты теплопередачи калориферов КМС при обогреве водой,** *ккал/м² · ч* °С

Скорость теплоносителя, *м/с*	Массовая скорость воздуха $\nu\gamma$, *кг/м² · с*							
	2	4	6	8	10	12	14	16
0,25	16,7	20,8	23,5	25,8	27,8	29,4	30,8	32,1
0,30	17,2	21,3	24,4	26,7	28,8	30,4	32,0	33,5
0,40	17,5	22,1	25,4	28,1	30,3	32,4	34,2	35,7
0,50	17,8	22,8	26,3	29,2	31,6	33,8	35,7	37,1
0,60	18,2	23,4	27,0	29,9	32,5	34,8	36,6	38,2
0,80	18,5	23,9	27,7	30,8	33,5	35,8	37,9	39,4
1,00	18,9	24,4	28,3	31,5	34,3	36,6	38,8	40,3

Примечания. 1. Данные приведены по материалам МИСИ и ВНИИГС.
2 .Сопротивление калориферов КМС и КМБ движению воздуха может быть принято по табл. VII.29.

Таблица VII.38. **Сопротивление калориферов КМБ и КМС по воде** *h, кгс/м²*

Номер калорифера	Среднее живое сечение труб для теплоносителя, *м²*		Средняя скорость воды $W_{ср}$, *м/с*							
	КМС	КМБ	0,01	0,035	0,05	0,10	0,20	0,50	0,80	1,0
2	0,0023	0,0030	0,114	1,10	2,45	9,45	37,2	233	595	930
3	0,0015	0,0020	0,144	1,16	6,67	10,38	40,4	252	645	1010
4	0,0015	0,0020	0,160	1,23	2,87	11,10	42,8	267	682	1070
5	0,0019	0,0025	0,168	1,49	3,10	12,00	46,1	288	737	1155
			(0,173)	(1,56)	(3,25)	(12,60)	(48,5)	(304)	(775)	(1215)
6	0,0019	0,0025	0,184	1,59	3,33	12,85	49,2	307	786	1230
			(0,189)	(1,66)	(3,48)	(13,40)	(51,2)	(321)	(820)	(1285)
7	0,0023	0,0030	0,172	1,24	2,96	14,40	43,4	271	682	1085
			(0,176)	(1,28)	(3,03)	(11,70)	(44,8)	(280)	(715)	(1120)
8	0,0023	0,0030	0,190	1,30	3,18	18,10	46,1	283	737	1155
			(0,193)	(1,33)	(3,25)	(12,40)	(47,3)	(296)	(756)	(1185)
9	0,0018	0,0024	0,305	2,59	5,32	20,00	78,0	487	1285	1950
10	0,0018	0,0024	0,334	2,70	5,62	21,10	82,4	515	1317	2060
11	0,0020	0,0027	0,328	2,50	5,45	20,60	79,2	495	1267	1980

Примечания. 1. Значения сопротивлений калориферов КМБ, отличные от значений для калориферов КМС, приведены в скобках.
2. Данные приведены по материалам НИИСТ и Сантехпроекта.

Таблица VII.39. **Техническая характеристика принятых калориферов**

Модель и номер калорифера	Живое сечение, м²		Поверхность нагрева, м²	Масса, *кг*
	для воды	для воздуха		
КФС-7	0,0092	0,354	30,4	123,1
КФБ-7	0,0122	0,354	38,9	154
КФСО-9	0,0145	0,375	41,89	160
КФБО-9	0,0193	0,375	53,86	207
КМС-7	0,0023	0,354	30,4	160
КМБ-7	0,0030	0,354	38,9	202

Таблица VII.40. **Коэффициенты теплопередачи и сопротивления калориферов**

Тип калорифера	Скорость воды, *м/с*	Коэффициент теплопередачи *K*, *ккал/м² · ч · °С*	Сопротивление движению воздуха *кгс/м²*	Теплоотдача, *ккал/ч*
КФС-7	0,063	15,94	4,64	46 600
КФБ-7	0,047	14,90	6,00	55 700
КФСО-9	0,040	17,09	4,71	68 600
КФБО-9	0,030	15,75	5,73	81 500
КМС-7	0,252	29,90	4,64	87 200
КМБ-7	0,193	28,00	6,00	105 000

Таблица VII.41. **Варианты установки калориферов**

Модель и номер калорифера	Количество, шт.	Тип установки	Суммарная теплоотдача, *ккал/ч*	Запас теплоотдачи, проц.	Общий вес, *кг*	Суммарное сопротивление по воздуху, *кгс/м²*	Габариты, *мм*
КФС-7	3	Последовательно	139 800	11,8	369,3	13,92	920 × 782 × (200 × 3)
КФБ-7	3	Последовательно	167 100	33,7	462,0	18,00	920 × 782 × (240 × 3)
КФСО-9	2	Параллельно	137 200	10,0	320,0	4,71	1080 × (902 × 2) 240
КФБО-9	2	Параллельно	163 000	30,0	417,0	5,73	1080 × (902 × 2) 240
КМС-7	2	Последовательно	174 400	39,5	320,0	9,28	924 × 784 × (200 × 2)
КМБ-7	2	Последовательно	210 000	68,0	404,0	12,00	924 × 784 × (240 × 2)
КМС-7	2	Параллельно	138 000	10,4	320,0	1,40	924 × (784 × 2) × 200
КМБ-7	2	Параллельно	157 000	25,6	404,0	1,90	924 × (784 × 2) × 240

считаны на температуру холодного периода года, соответствующую параметрам А, следует определять:

при теплоносителе паре — по суммарной потребности в тепле на отопление при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период, соответствующей параметрам Б, и на вентиляцию — соответствующей параметрам А;

при теплоносителе воде с качественным регулированием — по суммарной потребности в тепле на отопление при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период года, соответствующей параметрам Б, и на вентиляцию по условной потребности, определенной также при расчетной температуре для параметров Б при сохранении полного расхода наружного воздуха.

Действительное количество тепла, подводимого к калориферу, определяется суммой расходов тепла на отопление, соответствующее расходу при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период года по параметрам Б, и для вентиляции — соответственно по параметрам А; количество теплоносителя определяется с учетом условной потребности тепла на вентиляцию. Для сохранения постоянного расхода тепла на нагревание наружного воздуха при температурах ниже расчетной по параметрам А следует предусматривать уменьшение количества наружного воздуха, подаваемого системой, и регулирование теплопроизводительности калориферов обводным клапаном или изменением расхода теплоносителя.

Пример VII.15. Необходимо подобрать калориферы для нагревания 10 000 *кг/ч* наружного воздуха от —22 до +30°. Теплоноситель — перегретая вода с температурой в подающей магистрали 130° и в обратной 70°.

Расход тепла на нагревание воздуха определяем по уравнению (VII.27)

$$Q = Lc\gamma\,(t_к - t_н) = 10\,000 \cdot 0{,}24\,(30 + 22) = 125\,000\ ккал/ч.$$

Находим необходимое живое сечение для прохода воздуха через калорифер по уравнению (VII 28), приняв массовую скорость 8 *кг/м²* · *с* для пластинчатых калориферов и 4 *кг/м²* · *с* для оребренных калориферов

$$f = \frac{L\gamma}{3600v\gamma} = \frac{10\,000}{3600 \cdot 8} = 0{,}347\ м^2,$$

при $v\gamma = 4$; $f = 0{,}694\ м^2$.

По табл. VII.27, VII.34, VII.36 и необходимому живому сечению принимаем для расчета калориферы (табл. VII.39).

Уточняем массовую скорость для калорифера КФС-7 по уравнению (VII.29)

$$v\gamma = \frac{L\gamma}{3600f_д} = \frac{10\,000}{3600 \cdot 0{,}354} = 7{,}84\ кг/м^2 \cdot с.$$

Аналогично уточняем массовую скорость остальных калориферов, *кг/м² с*:

КФС-7, КМС-7, КФБ-7 и КМБ-7 — 7,84;
КФСО-9 и КФБО-9 (устанавливаются по 2 параллельно) — 3,70.

Скорость воды в трубках калорифера КФС-7 определяем по уравнению (VII.30)

$$W = \frac{Q}{3600 \cdot 1000 f_{гр}\,(t_г - t_о)} = \frac{125\,000}{3600 \cdot 1000 \cdot 0{,}0092\,(130 - 70)} = 0{,}063\ м/с.$$

Аналогично определяем скорость воды в остальных калориферах (табл. VII.40).

Пользуясь массовой скоростью воздуха, скоростью воды и данными табл. VII.28—VII.37, определяем коэффициенты теплопередачи и сопротивления (табл. VII.40).

Теплоотдача калорифера КФС-7 по уравнению (VII.31)

$$Q_к = F_к K\,(T_{ст} - t_{ср}) = 30{,}4 \cdot 15{,}94\left(\frac{130 + 70}{2} - \frac{30 - 22}{2}\right) = 46\,600\ ккал/ч.$$

Так же определяем теплоотдачу остальных калориферов (см. табл. VII 40).

Один калорифер не обеспечивает необходимой теплоотдачи, поэтому устанавливаем несколько калориферов. В предыдущем расчете принята установка по два калорифера КФСО-9 и КФБО-9 параллельно по воздуху для получения необходимого живого сечения, остальные калориферы — по одному. Чтобы не изменять весовой скорости воздуха и коэффициентов теплопередачи за счет увеличения числа установленных калориферов, монтируем их последовательно.

По воде калориферы устанавливаются во всех случаях последовательно для увеличения скорости воды и коэффициентов теплопередачи (см. табл. VII.41).

Анализируя данные табл. VII.39 и VII.40, приходим к выводу, что удовлетворительный запас по теплоотдаче, небольшой вес и минимальное гидравлическое сопротивление проходу воздуха дает калорифер КФСО-9. Но этот вариант имеет максимальные габариты по лобовой площади. Минимальные гидравлические потери давления по воздуху характеризуют максимальную экономичность установки калориферов при эксплуатации.

Калориферы КМС-7 и КМБ-7 обладают наибольшей теплоотдачей, поэтому проверяем вариант установки калориферов параллельно по движению воздуха. В этом случае весовая скорость воздуха уменьшится вдвое (табл. VII.41). Окончательно принимаем параллельную установку калориферов КМС-7.

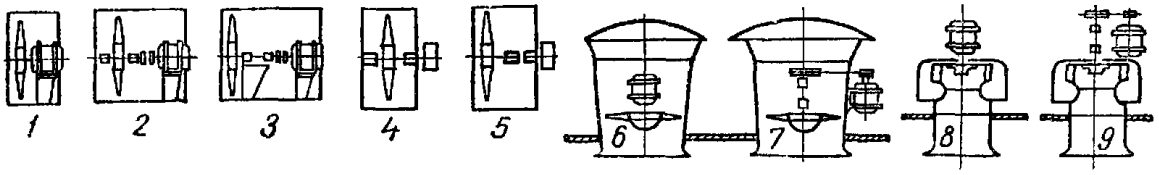
Вентиляторы

Современные типы центробежных вентиляторов по создаваемой ими разности полных давлений (при плотности воздуха на входе в вентилятор $\gamma = 1{,}2\ кг/м^3$) делятся на следующие группы: низкого давления — с разностью полных делений до 100 *кгс/м²*, среднего давления — до 300 *кгс/м²*, высокого давления — до 1200 *кгс/м²*.

По конструктивному оформлению вентиляторы одностороннего всасывания должны соответствовать схемам *1—6*, а двустороннего — схеме *7* листа VII.21, рис. 1.

В зависимости от направления выхода воздуха центробежные вентиляторы могут иметь семь положений правого (по часовой стрелке) и левого (против часовой стрелки) вращения, если смотреть со стороны привода или электродвигателя (лист VII.21, рис. 2). Правое и левое вращение осевых вентиляторов определяется со стороны нагнетания воздуха.

Таблица VII.42. **Принципиальные схемы исполнения осевых и крышных вентиляторов**



Исполнение и номер эскиза	Привод	Исполнение и номер эскиза	Привод
Осевые вентиляторы		Крышные вентиляторы	
1	От электродвигателя	6	От электродвигателя
2	То же	7	Клиноременный
3	»	Центробежные крышные вентиляторы	
4	Клиноременный	8	От электродвигателя
5	»	9	Клиноременный

Кожухи центробежных вентиляторов ВЛ, ВП, НП и НЛ имеют направление выхода воздуха под углом 45° к горизонтали.

Вентиляторы по схемам *4*, *5*, *6* и *7* по требованию заказчика изготовляют со шкивом для плоских или клиновых ремней или с эластичной муфтой (установка эластичной муфты не относится к вентилятору по схеме *3*); вентиляторы по схемам *1*, *2* и *3* выпускают в комплекте с электродвигателями.

Типы (серии) изготовляемых вентиляторов определяются аэродинамическими схемами. Аэродинамические качества вентиляторов должны соответствовать типовой аэродинамической характеристике данной серии.

Коэффициент полного давления в безразмерных величинах

$$\bar{H} = \frac{p}{\sigma u^2}, \qquad \text{(VII.35)}$$

где p — полное давление, развиваемое вентилятором при стандартном воздухе, *кгс/м²*;

σ — плотность воздуха, *кг · с²/м⁴*;

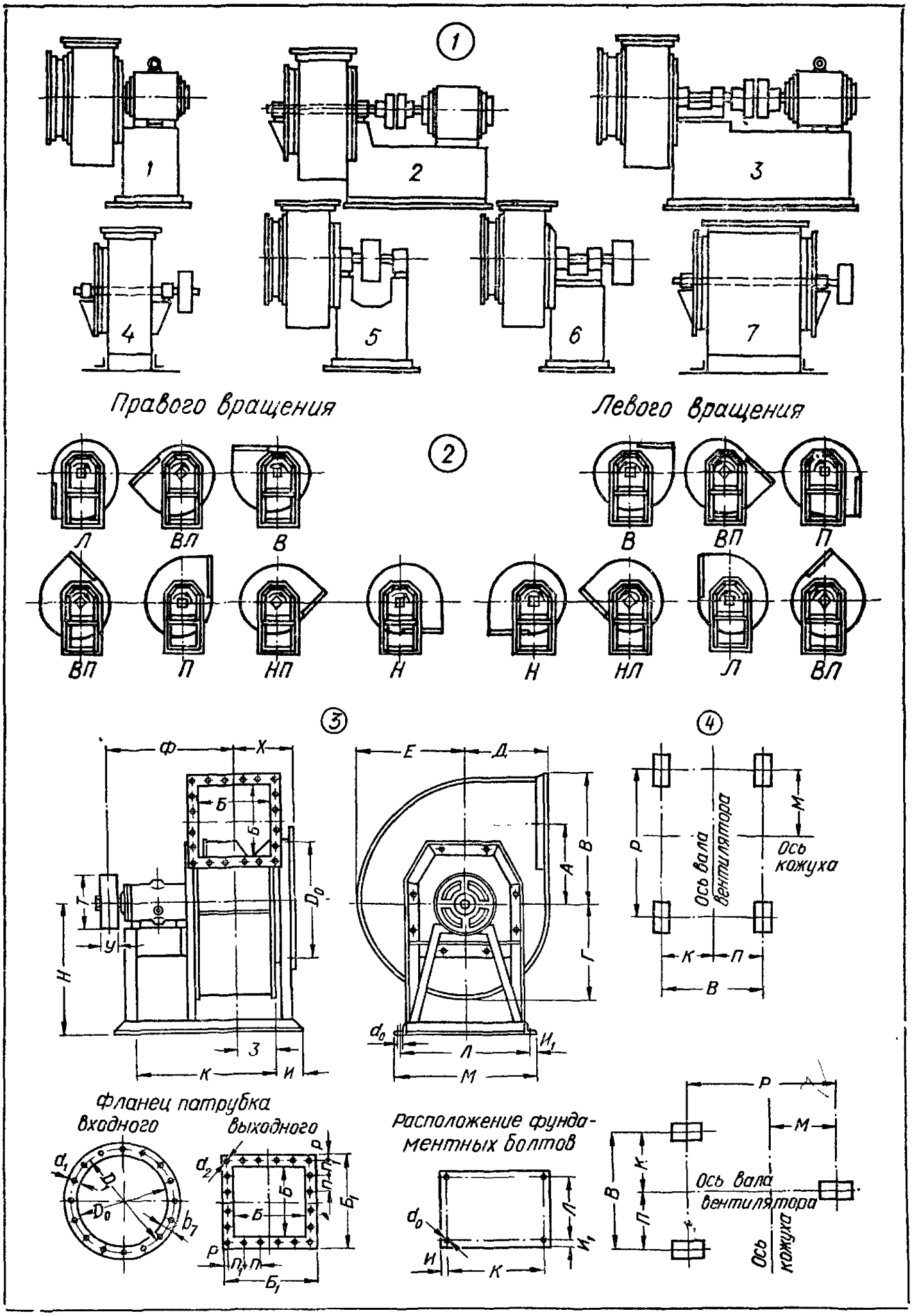
u — окружная скорость, *м/с*.

Минимальные значения полного коэффициента полезного действия $\eta_в$ для вентиляторов № 5—20 должны соответствовать следующим величинам:

$\bar{H}$	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
$\eta_в$	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70

Для вентиляторов № 2—4 допускается уменьшение к. п. д. против указанных выше значений до следующих $\eta_в$ в проц. от $\eta_{макс}$:

При вентиляторе № 1	80
То же, № 2,5	85
» 3	90
» 4	95



Лист V11.21. Принципиальные схемы конструктивного исполнения центробежных вентиляторов:

1 — схемы исполнения вентиляторов; *2* — схемы положения кожухов вентиляторов; *3* — центробежный вентилятор типа Ц4-70 № 8, 10 и 12 (к табл. V11.46); *4* — расположение виброизоляторов для вентиляторов Ц4-70.

Величина динамического давления вентиляторов на режиме $\eta_{макс}$ не должна превышать 25% от создаваемого ими полного давления.

Осевые вентиляторы применяют в системах приточно-вытяжной вентиляции при суммарных потерях полного давления в сети до 35 *кг/м²*. Максимальная окружная скорость колеса 60 *м/с*. Рабочие колеса вентиляторов серии 06—320 насажены непосредственно на валы электродвигателей, имеют 4 изогнутые лопатки, приваренные к диску ступицы. Вентиляторы 06 · 300 имеют 3 лопатки. Вентиляторы предназначены для воздуха и неагрессивных газов с температурой до 100°, не содержащих липких и динноволокнистых веществ. Осевые вентиляторы выбирают по табл. VII.48 и VII.49.

Центробежные вентиляторы общего назначения применяют в системах приточно-вытяжной вентиляции, воздушного отопления и в качестве дутьевых вентиляторов отопительных котельных установок. Вентиляторы предназначаются для воздуха и неагрессивных газов при температурах до 180°, не содержащих липких и длинноволокнистых веществ, но содержащих твердые примеси в количестве не более 150 *мг/м³*.

Центробежные вентиляторы по устройству привода от электродвигателя выпускаются в следующем исполнении (лист VII.21, рис. 1):

рабочее колесо (ротор непосредственно на валу электродвигателя (схема 1) — серия Ц4-70, № 2 $^1/_2$, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12;

рабочее колесо и шкив на консольных участках собственного вала с двумя подшипниками (или со сдвоенными подшипниками в одном корпусе) между ними (схема 6) — серия Ц4-70, № 8, 10 и 12; серия Ц4-76, № 8, 10, 16 и 20;

рабочее колесо между двумя подшипниками и шкив на консоли вала вентилятора (схема 7) — серия Ц4-100/2, № 16/2 и 20/2.

С целью унификации и сокращения типоразмеров вентиляторных установок и комплектующих их двигателей, клиноременных передач и виброизолирующих оснований промышленность переводится на комплектное изготовление вентиляционных установок с вентиляторами, обладающими высокими к. п. д. типа Ц4-70, Ц4-76 *.

Выпускаемые серии центробежных вентиляторов имеют следующие особенности.

Вентиляторы серии Ц4-70 (табл. VII.45 и VII.46) изготовляются № 2 $^1/_2$, 3, 4, 5, 6, 6,3, 8, 10, 12 и 16. Они отличаются высокими коэффициетами полезного действия и предназначаются для воздуха и газов температурой не более 180°. Развиваемое давление у вентиляторов 2$^1/_2$ —5 не превышает 100 *кгс/м²*. Рабочее колесо имеет 12 лопаток, загнутых назад, что несколько снижает шум, возникающий при работе вентилятора. Лопатки крепятся на заклепках. Максимальная окружная скорость колеса 60 *м/с*. Вентиляторы № 8, 10, 12 и 16 выполняются со шкивами для клиновых ремней. Кожухи вентиляторов до № 12 неразъемные; у вентилятора № 16 кожух разъемный и неповоротный. Вентиляторы крупных номеров развивают давление до 220 *кгс/м³*. Вентиляторы № 10 и 12 выполняются из нержавеющей стали, вентиляторы № 16 стальные и из нержавеющей стали.

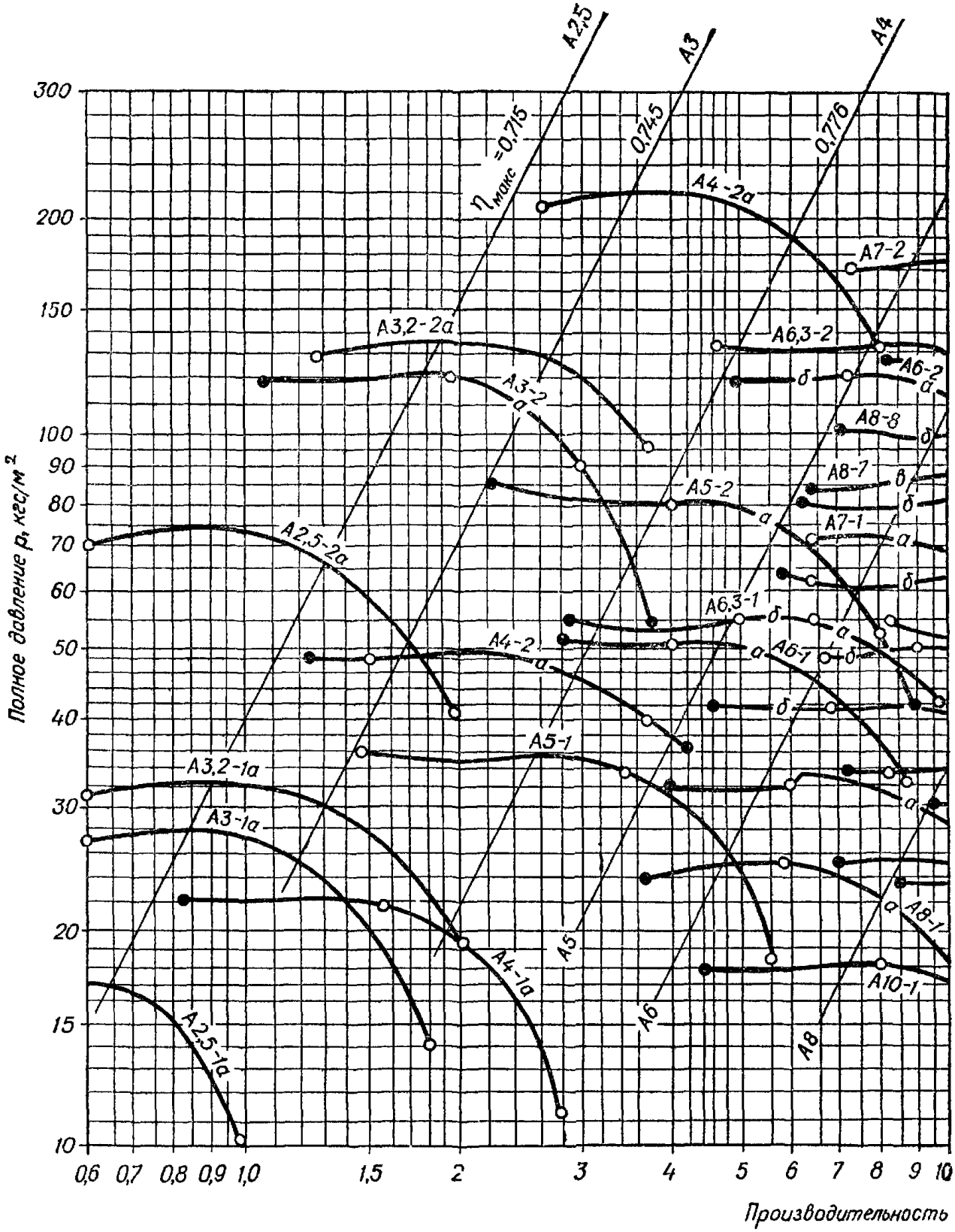
Вентиляторы серии Ц4-76 изготовляются № 12, 16, 20. Они отличаются высокими коэффициентами полезного действия и предназначаются для систем кондиционирования воздуха, систем вентиляции и воздушного отопления. Могут работать на чистом воздухе и неагрессивных газов с температурой не более 180°. Вентиляторы выполняются со шкивами для клиноременной передачи и развивают давление до 220 *кгс/м²*. Кожух вентилятора № 12 неразъемный, и вентилятор поставляется в собранном виде. Изготовляется на общей раме с виброизоляторами. Вентиляторы № 16 и 20 изготовляются с разъемным кожухом и поставляются в разобранном виде и без виброизоляторов.

Вентиляторы серии Ц4-100/2 изготовляются № 16/2 и 20/2; они двустороннего всасывания, обладают высокой производительностью и компактностью.

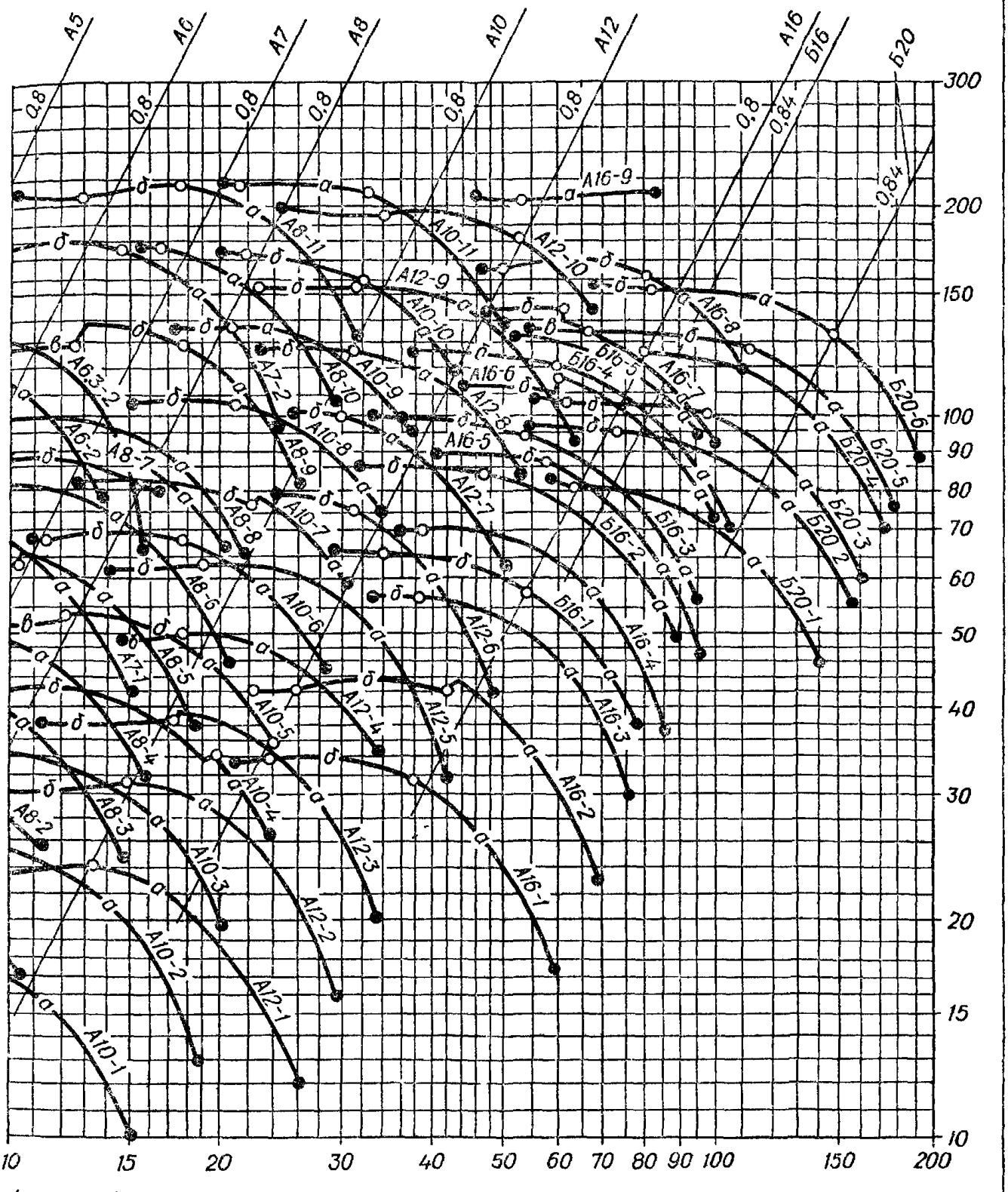
Подбор вентиляторов следует производить с учетом действительного режима эксплуатации. Предварительно уточняют значение расхода воздуха L и требуемого давления p.

---

* Технические характеристики устаревших типов вентиляторов ЭВР, Ц13—50, ВР, ВРС, ВРН, Ц9—55, снятых с производства, см. в 1 и 2-м изданиях справочника. Приведенные в справочнике материалы даны в соответствии с «Инструкцией по подбору центробежных вентиляторов общего назначения с электродвигателями серии А2 и АО2 для санитарно-технических систем». Госстрой СССР. М., Стройиздат, 1964.



Лист VII.22. Сводный график для подбора вентилято



ров с комплектацией электродвигателями А2 и АО2.

Количество воздуха, проходящего через систему вентиляции или вентилятор, определяют по формуле

$$L = L_в \frac{273 + t}{273 + t_в}, \quad \text{(VII.36)}$$

где $L_в$ — количество необходимого вентиляционного воздуха, $м^3/ч$;

$t_в$ — температура воздуха в рабочей зоне помещения, °С;

t — температура воздуха, проходящего через вентилятор, °С.

Приведенное давление p, которое должен дать вентилятор и по которому производится подбор вентилятора, определяют по формуле

$$p = H_с + H_{с_1} \frac{273 + t}{273 + t_1}, \quad \text{(VII.37)}$$

где $H_с$ — расчетное гидравлическое сопротивление (то таблицам или номограммам) участков системы, имеющих температуру воздуха одинаковую с температурой воздуха, проходящего через вентилятор, $кгс/м^2$;

$H_{с_1}$ — то же, отличную;

t_1 — температура воздуха в системе, °С.

Учитывая подсосы воздуха, производительность вентиляторов должна быть увеличена против расчетной (по СНиП II-Г. 7—62): при стальных, пластмассовых и асбестоцементных воздухопроводах длиной до 50 $м$—на 10, в остальных случаях— на 15%.

По приведенному давлению p и действительной производительности вентилятора L, пользуясь характеристиками вентиляторов, подбирают вентилятор и определяют число оборотов, коэффициент полезного действия вентилятора $\eta_в$ или расходуемую мощность.

Рекомендуется проверять расходуемую мощность. Для этого уточняют действительное сопротивление системы по формуле

$$H_д = H_с \frac{293}{273 + t_1} \cdot \frac{Б}{760}, \quad \text{(VII.38)}$$

где Б — барометрическое давление воздуха, *мм рт. ст.* (табл. VII.5).

Если температура воздуха в различных участках системы неодинакова, сопротивление уточняют по участкам.

Расходуемая мощность на валу электродвигателя

$$N_э = \frac{Lp}{3600 \cdot 102 \eta_в \eta_п \eta_{р.п}}, \quad \text{(VII.39)}$$

где $\eta_в$ — к. п. д. вентилятора;

$\eta_п$ — к. п. д. подшипников, принимаемый равным 0,95—0,98;

$\eta_{р\,п}$ — к. п. д. ременной передачи, принимаемый для плоских ремней равным 0,85—0,90, для клиновых 0,90—0,95.

Давление вентилятора p определяют по формуле (VII.37); при контрольном расчете $p = H_д$ и определяется по формуле (VII.38). Для подбора электродвигателя принимается большее значение.

Установочная мощность электродвигателей $N_у$ с учетом запаса

$$N_у = KN_э, \quad \text{(VII.40)}$$

где K — коэффициент запаса мощности на пусковой момент (табл. VII.43).

Окончательно установочную мощность электродвигателя принимают по каталогам, ближайшую большую по сравнению с подсчитанной со всеми запасами.

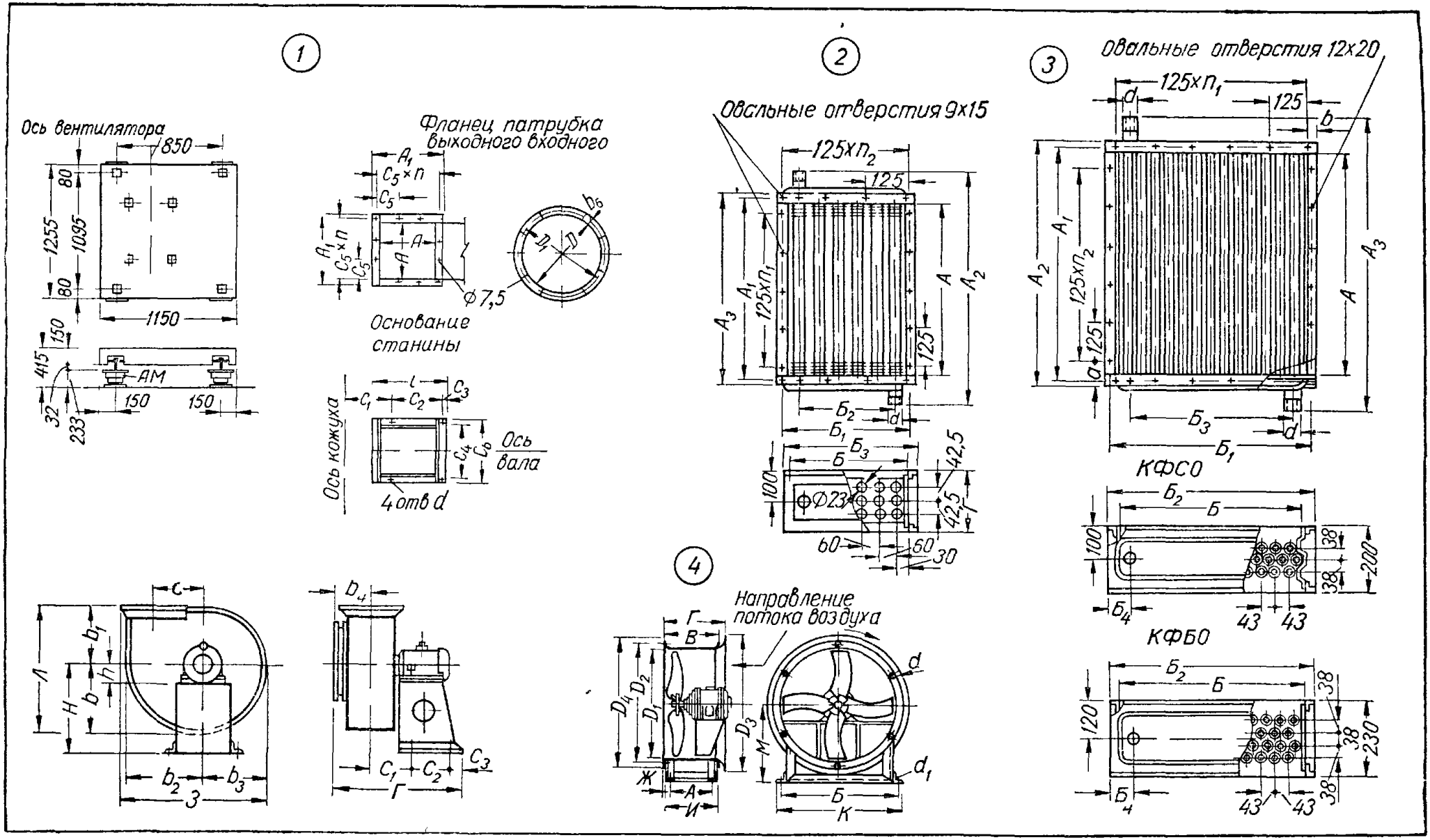
При установке электродвигателей в помещении с температурой 40° их установочную мощность необходимо увеличивать на 10, при 50° — на 25%.

Установочная мощность электродвигателей, указанная на графиках для подбора вентиляторов, подсчитана для стандартного чистого воздуха при $\gamma = 1{,}2\ кг/м^3$ по уравнению

$$N_у = \frac{LH_д K}{3600 \cdot 102 \cdot 0{,}9\eta_1}\ квт. \quad \text{(VII.41)}$$

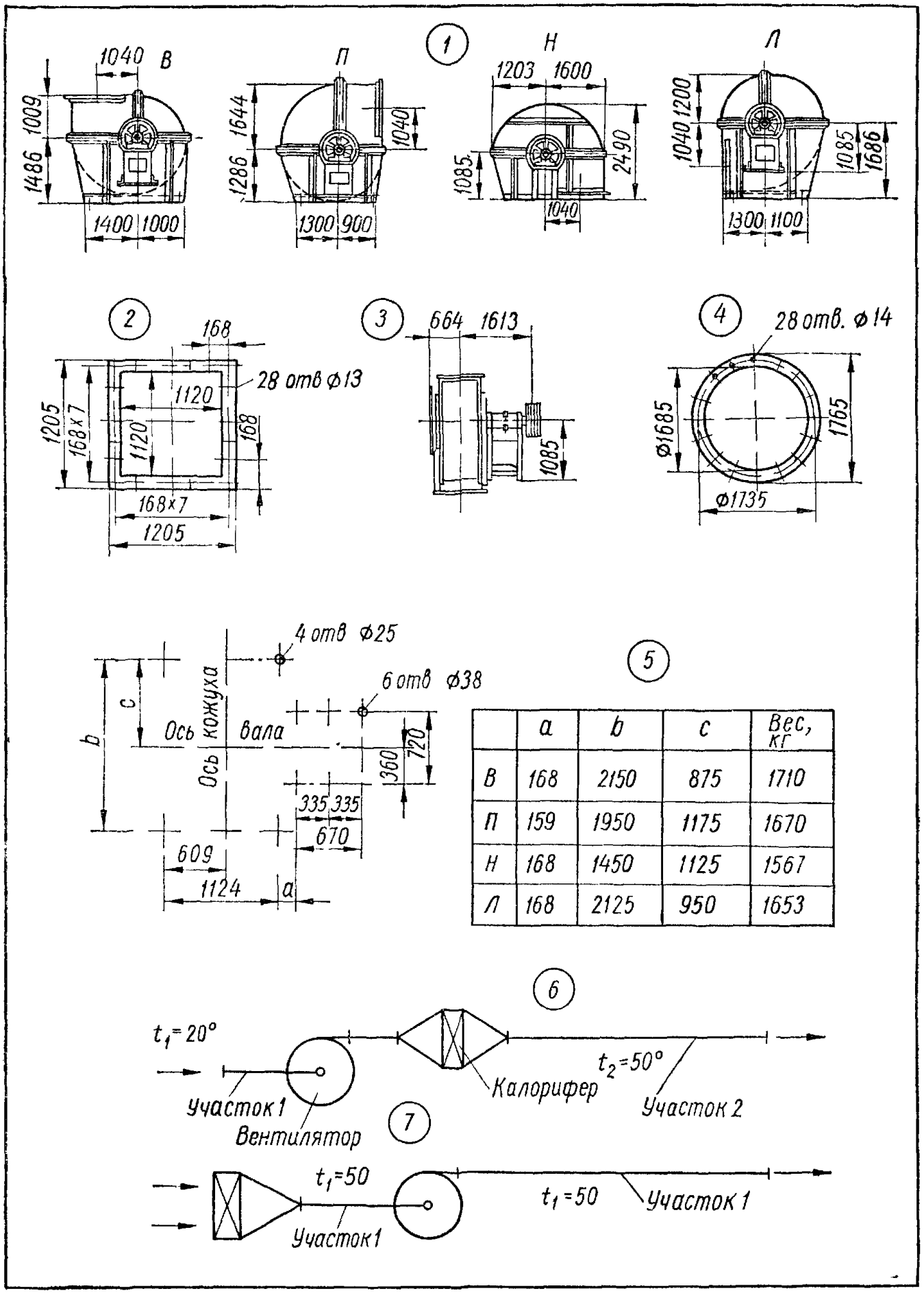
Таблица VII.43. **Коэффициент запаса мощности K**

Мощность на валу электродвигателя, *квт*	Тип вентилятора	
	центробежные	осевые
До 0,5	1,5	1,2
0,51—1,0	1,3	1,15
0,01—2,0	1,2	1,10
2,01—5,0	1,15	1,05
Более 5,0	1,10	1,05



Лист VII.23. Калориферы и вентиляторы:

1 — центробежные электровентиляторы Ц4 70 (к табл VII 45 и VII 47), *2* — калориферы КФС (к табл VII 27), *3* — калориферы КФСО и КФБО (к табл VII 34), *4* — осевые вентиляторы 06 300 (к табл VII 48)



	a	b	c	Вес, кг
В	168	2150	875	1710
П	159	1950	1175	1670
Н	168	1450	1125	1567
Л	168	2125	950	1653

Лист VII.24. Вентилятор Ц4-70 № 16, исполнение 6:

1 — различные положения кожуха, *2* — фланцы выходных отверстий; *3* — боковой вид; *4* — фланцы входного патрубка; *5* — расположение фундаментных болтов; *6* и *7* — схемы вентиляционных установок.

Более экономичные решения по расходу электроэнергии и габаритам (номеру) вентилятора получаются при установке вентилятора до воздухонагревателей, при работе на холодном воздухе.

Наиболее просто подбор вентилятора и электродвигателя производится по сводному графику (лист VII.22) и индивидуальным характеристикам вентиляторов, а необходимые узлы вентиляторной установки для спецификации — по табл. VII.44.

Последовательность подбора следующая.

1. По заданным значениям производительности и давления вентилятора на сводном графике (лист VII.22) находят точку пересечения координат L — p. Если эта точка располагается между рабочими характеристиками, ее сносят по прямой параллельно линии к. п. д. вентилятора на нижележащую рабочую характеристику. Полученная точка будет рабочей точкой вентилятора для данной сети.

2. Расстояние между первоначально найденной точкой пересечения координат L — p и рабочей точкой дает уменьшение производительности вентилятора. Для вентиляторов номеров 2,6 до 6 возможно применение машин с промежуточными диаметрами колес, которые могут дать лучшее соответствие рабочей точки заданным L — p. По полученному номеру вентилятора в сводном графике проверяют рабочие точки по индивидуальным характеристикам и выбирают оптимальное решение. Если эта разница производительности окажется больше допустимой для данной установки, следует скорректировать сеть, уменьшив ее сопротивление.

Выбор рабочей точки на вышерасположенной рабочей характеристике вентилятора, как правило, экономически нецелесообразен и может быть применен в исключительных случаях.

3. По рабочей точке находят полное обозначение участка рабочей характеристики, соответствующее обозначению комплекта в табл. VII.44 В условном обозначении комплекта первый знак обозначает тип вентилятора (А — для типа Ц4-70; Б — для типа Ц4-76), второй — номер вентилятора, третий — порядковый номер рабочей харатеристики на листе индивидуальных характеристик рабочие характеристики делятся на участки (*а*, *б* и т. д.), отличающиеся установочной мощностью электродвигателя. Границы между участками отмечены кружками; буквенное обозначение участков входит в полное обозначение рабочей характеристики, например, А16-3а (вентилятор Ц4-70, № 16, цифра 3 — характеристика, а — участок). Для вентиляторов с промежуточными диаметрами колес третий знак обозначает диаметр колеса в процентах от номинального диаметра, четвертый — порядковый номер характеристики, пятый — участок характеристики, например, А2,5095-1а.

По обозначению комплекта в табл. VII. 44 находят тип и номер вентилятора, размеры шкивов и ремней клиноременной передачи, тип электродвигателя и обозначение виброизолирующего основания.

Для отдельных узлов комплекта приняты следующие обозначения: шкив 2А160 обозначает шкив с двумя канавками профиля А и расчетным диаметром 160 *мм*, ремень В-4250 — профиль ремня В, длина 4250 *мм*.

Если приведено несколько строк обозначений, их значение следующее:

1-я строка — для положения кожуха П вентилятора правого вращения и Л — левого вращения;

2-я — для положения кожуха Л вентилятора правого вращения и П — левого вращения;

3-я для положения кожуха В вентиляторов правого и левого вращения;

4-я для положения кожуха Н вентиляторов правого и левого вращения.

Виброизолирующее основание имеет следующие обозначения:

для вентиляторов № 2,5 ÷ 7 при схеме исполнения 1 — для всех положений кожуха, кроме Н. В скобках — для положения кожуха Н, вентиляторов типа Ц4-70 № 10 и 13, изготовляемых Московским вентиляторным заводом. Индексы *а*, *б* и *в* указывают, что в типовый чертеж виброоснования должны быть внесены поправки на присоединительные размеры электродвигателя серии А2 или АО2.

Подбор вентилятора по сводному графику дает оптимальные результаты по расходу электроэнергии, чего следует, как правило, придерживаться.

При заказе в спецификации должны указываться тип и номер вентилятора, направление вращения и положение кожуха, тип, мощность и число оборотов электродвигателя, тип и размеры шкивов, тип, количество и длина ремней, необходимость в виброосновании.

Таблица VII 44. **Рекомендуемые комплектации центробежных вентиляторов общего назначения**

Обозначение комплекта	Вентилятор			Клиноременная передача			Электродвигатель			Виброизолирующее основание
				Шкивы						
	номер	схема исполнения	$n_э$, об/мин	вентилятора	электродвигателя	Сечение и стандартная длина ремня	$N_у$, квт	Тип	$n_э$, об/мин	
А2, 5095-1а	2,5	1	1460	Вентилятор Ц4-70			0,12	А0Л-11-4	1460	Электровентиляторы с промежуточными диаметрами колес № 2,5 до 6,3 комплектуются (по заказу) и поставляются с виброизолирующими основаниями
А2, 5095-2а			2800				0,6	А0Л-22-2	2800	
А2, 5095-2Б			2800				0,4	А0Л-21-2	2800	
А2, 5100-1а			1400	—	—	—	0,12	А0Л-11-4	1400	
А2, 5100-2а			2800				0,6	А0Л-22-2	2800	
А2, 5105-1а			1400				0,12	А0Л-11-4	1400	
А2, 5105-2а			2830				0,8	А0Л2-11-2	2830	
А3-1а	3	1	1400	—	—	—	0,27	А0Л-21-4	1400	1Д047а / (2Д047а)
А3-2а			2840				1,5	А0Л2-21-2	2840	
А3, 2095-1а	3,2	1	1400	—	—	—	0,27	А0Л-21-4	1400	Электровентиляторы с промежуточными диаметрами колес № 2,5 до 6,3 комплектуются и поставляются (по заказу) с виброизолирующими основаниями
А3, 2095-2а			2840				1,5	А0Л2-21-2	2840	
А3, 2100-1а			1400				0,27	А0Л2-21-4	1400	
А3, 2100-2а			2840				2,2	А0Л2-22-2	2840	
А3, 2100-2Б			2840				1,5	А0Л2-21-2	2840	
А3, 2105-1а			1400				0,4	А0Л2-22-4	1400	
А3, 2105-2а	4	1	2840	—	—	—	2,2	А0Л2-22-2	2840	—
А4095-1а			915				0,4	А02-11-6	915	
А4095-2а			1360				0,6	А02-11-4	1360	
А4095-3а			2880				4,0	А02-32-2	2880	
А4100-1а			915				0,4	А02-11-6	915	
А4100-2а			1400				0,8	А02-12-4	1400	
А4100-3а			2900				5,5	А02-41-2	2900	
А4105-1а			915				0,4	А02-11-6	915	
А4105-2а			1400				1,1	А02-21-4	1400	

А4105-3а			2900				7,5	А02-42-2	2900	
А5090-1а			915				0,6	А02-12-6	915	
А5090-2а			1400				1,5	А02-22-4	1400	
А5095-1а			915				0,6	А02-12-6	915	
А5095-2а			1430				2,2	А02-31-4	1430	
А5095-2б			1400				1,5	А02-22-4	1400	
А5100-1а	5	1	930	—	—	—	0,8	А02-21-6	930	—
А5100-2а			1430				2,2	А02-31-4	1430	
А5106-2б			1400				1,5	А02-22-4	1400	
А5105-1а			930				0,8	А02-21-6	930	
А5105-2а			1430				3,0	А02-32-4	1430	
А5105-2б			1430				2,2	А02-31-4	1430	
А6-1а			930				1,5	А02-31-6	930	1Д050а / (2Д050а)
А6-2а	6	1	1440	—	—	—	5,5	А02-42-4	1440	
А6-2б			1440				4,0	А02-41-4	1440	
А6, 3095-1а			950				1,5	А02-31-6	950	Электровентиляторы с промежуточными диаметрами колес №№ 2,5 до 6,3 комплектуются и поставляются (по заказу) с виброизолирующими основаниями
А6, 3095-2а			1440				5,5	А02-42-4	1440	
А6, 3095-2б			1440				4,0	А02-41-4	1440	
А6, 3100-1а	6,3	1	950	—	—	—	2,2	А02-32-6	950	
А6, 3100-2а			1440				7,5	А02-51-4	1440	
А6, 3100-2б			1440				5,5	А02-42-4	1440	
А6, 3105-1а			950				2,2	А02-32-6	960	
А6, 3105-2а			1440				7,5	А02-51-4	1440	
А7-1а	7	1	950	—	—	—	3,0	А02-41-6	950	1Д051а / (2Д051а)
А8-1а	8	6	494	3Б400	2Б140	Б-3000	1,1	А02-21-4	1410	1Д053а
А8-2а	8	6	568	—	2Б160	Б-3000	1,5	А02-22-4	1420	2Д053а
А8-3а			639		2Б180	Б-3000	2,2	А02-31-4	1420	3Д053а

Продолжение табл. VII.44

Обозначение комплекта	Вентилятор			Клиноременная передача			Электродвигатель			Виброизолирующее основание
				Шкивы						
	номер	схема исполнения	$n_э$, об/мин	вентилятора	электродвигателя	Сечение и стандартная длина ремня	$N_у$, квт	Тип	$n_э$, об/мин	
А8-3б	8	6	639		2Б180	Б-3000	1,5	А02-22-4	1420	2Д053а
А8-4а			710		2Б200	Б-3150	3,0	А02-32-4	1420	3Д053б
А8-4б			710		2Б200		2,2	А02-31-4	1420	3Д053а
А8-5а			808		2Б224		4,0	А02-41-4	1440	4Д053а
А8-5б			795		2Б224		3,0	А02-32-4	1420	3Д053б
А8-6а			900		3Б250		5,5	А02-42-4	1440	5Д053а
А8-6б			900		2Б250		4,0	А02-41-4	1440	4Д053а
А8-7а		1	980	—	—	—	7,5	А02-52-6	980	1Д052а
А8-7б			950				5,5	А02-51-6	950	1Д052а
А8-8а			1008	3Б400	3Б280	Б-3150	7,5	А02-51-4	1440	5Д053б
А8-8б							5,5	А02-42-4	1440	5Д053а
А8-9а			1159	4В315	3В250	В-3150	13,0	А02-61-4 / А2-61-4	1460 / 1450	6Д053б
А8-9б			1159		3В250	Б-3150	10,0	А02-52-4	1460	6Д053а
А8-9в			1143		2В250	В-3000	7,5	А02-51-4	1440	5Д053б
А8-10а			1299		4Б280	В-3150	17,0	А02-62-4	1460	7Д053а
А8-11а		6	1460	4В315	4В315	В-3350	22,0	А02-71-4 / А2-71-5	1460 / 1450	7Д053б
А8-11б			1460				17,0	А02-62-4 / А2-62-4	1460 / 1450	7Д053а

А10-1а			335		2Б180	Б-3750	1,1	А02-22-6	930	2Д101а * / (2Д054а *)	
А10-2а			398		2Б140	Б-3550	1,5	А02-22-4	1420	2Д101а / (2Д054а)	
А10-3а			455		2Б160		2,2	А02-31-4	1420	3Д101а	(3Д054а)
А10-4а			519		2Б180		4,0	А02-41-4	1440	4Д101а	(4Д054а)
А10-4Б			512		2Б180		3,0	А02-32-4	1420	3Д101б	(3Д054б)
А10-5а			576		3Б200	Б-3750	5,5	А02-42-4	1440	5Д101а	(5Д054а)
А10-5б			576		3Б200		4,0	А02-41-4	1440	4Д101а	(4Д054а)
А10-5в			568		2Б200		3,0	А02-32-4	1420	3Д101б	(3Д054б)
А10-6а			645		3Б224		7,5	А02-51-4	1440	5Д101б	(5Д054б)
А10-6б	10	6	645		3Б224		5,5	А02-42-4	1440	5Д101а	(5Д054а)
А10-7а			730		3В250		10	А02-52-4	1460	6Д101а	(6Д054а)
А10-7б			720		2В250		7,5	А02-51-4	1440	5Д101б	(5Д054б)
А10-8а			818		3В280		13	А02-61-4	1460	6Д101б	(6Д054б)
								А2-61-4	1450		
А10-8б			818		3В280		10	А02-52-4	1460	6Д101а	(6Д054а)
А10-9а			920		3В315	В-4000	17	А02-62-4	1460	7Д101а	(7Д054а)
								А2-52-4	1450		
А10-9б			920		3В315		13	А02-61-4	1460	6Д101б	(6Д054б)
								А2-61-4	1450		
А10-10а			1022		5В280		30	А02-72-4	1460	7Д101в	(7Д054в)
								А2-72-4	1450		
А10-10б			1022	6В400	5В280	В-3750	22	А02-71-4	1460	7Д101б	(7Д054б)
								А2-71-4	1450		
А10-11а			1150		6В315		30	А02-72-4	1460	7Д101в	(7Д054в)
								А2-72-4	1450		
А12-1а			315		2Б140	Б-4250	2,2	А02-31-4	1420	3Д102а *	(3Д055а) *

Продолжение табл. VII.44

Обозначение комплекта	Вентилятор			Клиноременная передача			Электродвигатель			Виброизолирующее осиование	
	номер	схема исполнения	$n_э$, об/мин	Шкивы: вентилятора	Шкивы: электродвигателя	Сечение и стандартная длина	$N_у$, квт	Тип	$n_э$, об/мин		
А12-2а			360		2Б160		3,0	А02-32-4	1420	3Д102б *	(3Д055б) *
А12-2б			360		2Б160		2,2	А02-31-4	1420	3Д102а *	(3Д055а) *
А12-3а			411		3Б180		4,0	А02-41-4	1440	4Д102а *	(4Д055а) *
А12-3б			406		2Б180	Б-4500	3,0	А02-32-4	1420	3Д102б *	(3Д055б) *
А12-4а			457	3Б630	3Б200		5,5	А02-42-4	1440	5Д102а	(5Д055а)
А12-4б			457		3Б200		4,0	А02-41-4	1440	4Д102а	(4Д055а)
А12-5а			513		3В224		7,5	А02-51-4	1440	5Д102б	(5Д055б)
А12-5б			513		3В224		5,5	А02-42-4	1440	5Д102а	(5Д055а)
А12-6а			579		3В250	В-4500	13	А02-61-4	1460	6Д102б	(6Д055б)
А12-6б			579	4В630	3В250		10	А02-52-4	1460	6Д102а	(6Д055а)
А12-7а	12	6	649		4В280	В-4750	17	А02-62-4	1460	7Д102а	(7Д055а)
								А2-62-4	1450		
А12-7б			649		4В280	В-4750	13	А02-61-4	1460	6Д102б	(6Д055б)
								А2-61-4	1450		
А12-8а			730		6В250		22	А02-71-4	1460	7Д102б	(7Д055б)
								А2-71-4	1450		
А12-8б			730		6В250		17	А02-62-4	1460	7Д102а	(7Д055а)
								А2-62-4	1450		
А12-9а			818	6В500	6В280	В-4250	30	А02-72-4	1460	7Д102а	(7Д055в)
								А2-72-4	1450		
А12-9б			818		5В280		22	А02-71-4	1460	7Д102б	(7Д055б)

								А2-71-4	1450	
А16-1а			284	7Б710	5Б140	Б-4000 Б-4750 Б-4500 Б-4000	7,5	А02-51-4	1440	5Д106б * 5Д105б * 5Д103б * 5Д104б *
А16-1б			284		5Б140	Б-4000 Б-4750	5,5	А02-42-4	1440	5Д106а * 5Д105а *
А16-1б			284		5Б140	Б-4500 Б-4000	5,5	А02-42-4	1440	5Д103а * 5Д104а *
А16-2а			329		6Б160	Б-4250 Б-4750 Б-4500 Б-4000	10	А02-52-4	1460	6Д106а * 6Д105а * 6Д103а * 6Д104а *
А16-2б	16	6	324	7Б710	5Б160	Б-4000 Б-4750 Б-4500 Б-4000	7,5	А02-51-4	1440	5Д106б * 5Д105б * 5Д103б * 5Д104б *
А16-3а			370		7Б180	Б-4250 Б-4750 Б-4500 Б-4000	13	А02-61-4 А2-61-4	1460 1450	6Д106б 6Д103б 6Д103б 6Д104б
А16-3б			370		6Б180	Б-4250 Б-4750 Б-4500 Б-4000	10	А02-52-4	1460	6Д106а 6Д105а 6Д103а 6Д104а

Продолжение табл. VII.44

Обозначение комплекта	Вентилятор			Клиноременная передача			Электродвигатель			Виброизолирующее основание
				Шкивы						
	номер	схема исполнения	$n_в$, об/мин	вентилятора	электродвигателя	Сечение и стандартная длина ремня	$N_у$, квт	Тип	$n_с$, об/мин	
А16-4а			411	8Б710	7Б200	Б-4250 Б-4750 Б-4500 Б-4000	17	А02-62-4 А2-62-4	1460 1450	7Д106а 7Д105а 7Д103а 7Д104а
А16-5а			462		7В224	В-4250 В-4750 В-4500 В-4000	30	А02-72-4 А2-72-4	1460 1450	7Д106в 7Д105в 7Д103в 7Д104в
А16-5б			462		7В224	В-4250 В-4750 В-4500 В-4000	22	А02-71-4 А2-71-4	1460 1450	7Д106б 7Д105б 7Д103б 7Д104б
А16-6а			518		8В250	В-4250 В-4750 В-4500 В-4000	40	А02-81-4 А2-81-4	1470 1460	8Д106а 8Д105а 8Д103а 8Д104а
А16-6б			514		8В250	В-4250				7Д106в

						В-4750 В-4500 В-4000	30	А02-72-4 А2-72-4	1460 1450	7Д105в 7Д103в 7Д104в
А16-7а			554	6Г710	5Г400	Г-5300 Г-6300 Г-6000 Г-5600	55	А02-91-6 А-291-6	935 980	9Д106а 9Д105а 9Д103а 9Д104а
А16-7б	16	6	580	8В710	8В280	В-4250 В-4750 В-4500 В-4000	40	А02-81-4 А2-81-4	1470 1460	8Д106а 8Д105а 8Д103а 8Д104а
А16-8а			625	6Г710	6Г450	Г-5300 Г-6300 Г-6000 Г-5600	75	А02-92-6 А2-92-6	985 980	9Д106б 9Д105б 9Д103б 9Д104б
А16-8б			625	6Г710	6Г450	Г-5300 Г-6300 Г-6000 Г-5600	55	А02-91-6 А2-91-6	985 980	9Д106а 9Д105а 9Д103а 9Д204а
А16-9а	16	6	694	8Г710	8Г500	Г-5300 Г-6300 Г-6000 Г-5600	75	А02-92-6 А2-92-6	985 980	9Д106а 9Д105а 9Д103а 9Д104а

Примечание. Основание (рама) не имеет виброизоляторов вследствие малого числа оборотов вентилятора.

Таблица VII.45. **Центробежные электровентиляторы Ц4-70 № 2,5; 3 ÷ 10,**

Номер вентилятора	Тип электродвигателя	Размеры, *мм*											
		Г	*З*	*Л*	*Н*	*h*	*b*	b_1	b_2	b_3	b_4	*С*	C_1
2,5	А0Л12-4 А0Л22-2	450	471	420	287	90 100	232	188	251	200	109	162	129
3	А0Л21-4 А02-21-2	528	565	505	350	100	277	228	300	240	136	194	162
4	А02-11-6 А02-12-4	683	743	653	435	90	365	288	403	315	181	258	197
5	А02-21-6 А02-31-4	850	922	813	575	100 112	455	358	502	390	221	323	2 5
6	А02-31-6 А02-42-4 А02-41-4	1013	1098	962	645	112 132 132	541	421	602	466	270	389	290
7	А02-41-6 А02-61-4 А02-52-4	1200	1278	1117	775 785 775	132 180 132	613	504	707	541	311	453	344
8	А02-52-6 А02-51-6	1786	1460	1242	890	160	720	522	820	620	406	524	350
10	А02-72-6	1958	1811	1542	1100	200	893	649	1042	768	433	650	325

Примечания 1. Вентиляторы правого вращения изготовляются с положениями кожуха Л,
2. Характеристику электродвигателей см. VII.44
3. Угловая сталь принимается следующих профилей: для вентилятора № 2,5—32×4, для № 3—

Таблица VII.46. **Центробежные вентиляторы Ц4-70 со шкивами № 8, 10, 12,**

Номер вентилятора	Размер										
	Диаметр колеса	*А*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*	*З*	*И*	$И_1$	*К*	*Л*	*М*
8	800	520	830	616	518	718	350	74	28	1040	870	926
10	1000	650	1042	768	643	893	325	100	30	1100	1200	1260
12	1200	780	1242	918	768	1062	350	150	35	1200	1400	1470

Примечания 1 Отверстия для болтов во фланцах вентиляторов № 8, 10 и 12: $d_1=d_2=12$ *мм*;
2 У всех вентиляторов по 4 фундаментных болта: $d_0=24$ *мм* для № 8, 10; $d=28$ *мм* для № 12.

исполнение 1 (лист VII.23, рис. 1)

C_2	C_3	Фланец выходного патрубка: Размеры, *мм* A	A_1	C_5	n	Количество отверстий	Фланец входного патрубка: Размеры, *мм* D	D_1	b_6	Количество отверстий	Основание станины, *мм* d	C_6	C_4	l	Вес с электродвигателем, *кг*
175	37	178	218	101	2	8	250	270	17,5	8	15	250	225	227	27 33
210	20	214	264	122	2	8	300	325	25	12	19	300	270	255	37 42
280	25	285	335	158	2	8	400	425	25	12	19	300	270	255	66 68
360	24	356	416	98	4	16	500	535	30	16	22	490	450	416	105 120
420	33	426	486	92	4	16	600	635	30	16	22	600	540	495	169 203 192
490	65	496	566	134	4	16	700	735	30	16	25	690	630	605	260 341 311
960	70	560	632	150	4	16	804	844	36	16	24	576	544	1110	524 504
1100	100	700	786	150	5	20	904	944	36	16	24	1260	1200	1300	685

ВЛ, ВП, П, НП, Н; вентиляторы левого вращения — П, ВП, В, ВЛ, НЛ, Л, Н.

45×4; для № 4 и 5—50×5; для № 6, 7 и 8—70×5; для № 10— 70×7.

исполнение 6 (лист VII.21, рис. 3)

ры, *мм* H	T	$У$	$Ф$	$Х$	$Б$	D_a	D_1	a	n_1	P	$Б_1$	Вес вентилятора, *кг*
890	400	110	776	365	560	720	760		150		636	340
1110	500	112	895	415	700	904	944	150	150	18	786	480
1300	600	150	1050	485	840	1024	1124		145		926	732

на входном патрубке — 16 шт., на выходном — соответственно 16, 20, 24 шт.

Таблица VII.47. **Вентиляторы Ц4-70 №№ 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3 с промежуточными диаметрами колес** (исполнение 1, лист VII.23, рис. 1)

Номер вентилятора	Размеры, *мм*												
	вентилятора							патрубка выходного		патрубка входного		Болтов шт.	*d*, *мм*
	b	b_1	b_2	b_3	b_4	C	Г	A	C_5	*D*	D_1		
2,5	231,5	170	276	200,5	156	162	560	175	105	250	280	8	7
3,2	292	213	346	252	181	208	660	224	129,5	323	360	8	7
4	363	264	426	313	220	260	756	280	157,5	403	445	8	9
5	450	321	535	388	253	325	862	350	98	503	575	16	11
6,3	564,5	407	672	485,5	303	410	1210	441	122	633	700	16	11

Примечание. Диаметр отверстий для болтов выходного патрубка d=7 *мм*.

Таблица VII.48. **Конструктивные размеры осевых вентиляторов 06-300** (лист VII.23, рис. 4)

Номер вентилятора	Диаметр рабочего колеса, *мм*	Размер, *мм*									Количество отверстий под болты на фланцах, шт.	Масса (без электродвигателей), *кг*
		D_1	D_2	D_4	В	И	Б	А	М	*d*		
4	400	403	430	460	200	—	—	—	—	7×14	8	8
5	500	503	530	560	250	—	—	—	—	7×14	16	13,2
6,3	630	633	660	690	315	—	—	—	—	7×14	16	24
8	800	805	830	860	320	315	750	250	550	10	16	57
10	1000	1006	1035	1060	400	394	900	330	670	12	16	102
12,5	1250	1258	1258	1320	500	494	1100	400	850	12	24	157

Примечание. В отличие от осевых вентиляторов 06-320 вентиляторы 06-300 имеют три лопасти и крепятся в обечайке на трех радиальных растяжках.

Таблица VII.49. **Характеристики осевых вентиляторов 06-300**

Номер вентилятора	Производительность, *м³/ч*	Полное давление, *кгс/м²*	Частота вращения, *об/мин*	к. п. д.	Расходуемая мощность, *квт*
4	2900	6,4	1410	0,65	0,075
	6000	25,0	2850	0,65	0,58
5	560	9,7	1410	0,67	0,2
6,3	7300	6,4	930	0,75	0,2
	11 000	15,6	1410	0,75	0,7
8	15 500	12,0	930	0,78	0,65
	24 000	24,5	1410	0,78	2,2
10	30 000	17,2	950	0,78	2,0
12,5	46 000	15,6	730	0,78	2,5

VIII. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Системы кондиционирования воздуха (СКВ) предназначаются для создания и автоматического поддержания требуемых параметров воздушной среды в помещениях независимо от метеорологических условий и переменных поступлений тепла и влаги в помещения.

Основными нормируемыми параметрами являются температура, относительная влажность и скорость движения воздуха в помещениях. Эти параметры могут быть как постоянными, так и изменяющимися по заданной программе. Дополнительно предъявляются требования по очистке воздуха от пыли, а в специальных помещениях (больницах, операционных и др.) предусматривается очистка от бактериальных загрязнений.

Все большее распространение кондиционирование воздуха получает в административных, гостиничных, зрелищных и спортивных зданиях, универсальных магазинах, ресторанах, автовокзалах, библиотеках, архивах, музеях и т. п.

В состав системы кондиционирования входит: комплекс технических средств, осуществляющих требуемую обработку воздуха (фильтрацию, охлаждение, подогрев, осушку и увлажнение); транспортирование его, распределение в обслуживаемых помещениях; источники тепло- и холодоснабжения; средства автоматического регулирования, управления, контроля, а также вспомогательное оборудование.

Основное оборудование для обработки и перемещения воздуха обычно компонуется в одном агрегате — кондиционере. В качестве дополнительного оборудования используются местные подогреватели, доводчики и смесители.

По полному давлению, развиваемому вентилятором, СКВ делятся на системы низкого давления — до 100, среднего — 100—300 и высокого — выше 300 *кгс/м*^{2}.

В жилищно-гражданском строительстве применяются преимущественно системы низкого и среднего давления.

В зависимости от места расположения кондиционеров различают центральные и местные СКВ.

Центральные системы, наиболее распространенные в практике отечественного строительства, оборудуются, как правило, неавтономными кондиционерами секционного или блочно-секционного типа.

Местные СКВ могут быть оборудованы как автономными, так и неавтономными кондиционерами, устанавливаемыми, в большинстве случаев, в обслуживаемых помещениях.

В последние годы для многоэтажных зданий гостиниц, административных учреждений, научно-исследовательских институтов и др. широко применяются центральные водовоздушные СКВ.

СКВ могут работать только на наружном воздухе, а также с применением рециркуляции с постоянным или переменным объемом. СКВ, предназначенные для круглогодовой работы и выполняющие функции системы отопления, оборудуются не менее чем двумя кондиционерами производительностью по 50% от общей.

В связи с тем, что в поперечных сечениях кондиционеров наблюдается значительная неравномерность параметров обрабатываемого воздуха, в кондиционерах, регулируемых по температуре точки росы, рекомендуется калориферы второго подогрева устанавливать после вентилятора. Фильтры для общей очистки воздуха рекомендуется располагать до калориферов первого подогрева после присоединения рециркуляционных воздуховодов. При масляных фильтрах температура застывания применяемого масла должна быть на 5° С ниже минимальной температуры очищаемого воздуха.

Расчетные параметры воздуха в обслуживаемой зоне жилых и общественных зданий определяются по указаниям соответствующих глав СНиП.

Установлены допускаемые и оптимальные температуры, относительная влажность и скорость движения воздуха в обслуживаемой зоне жилых и общественных зданий в холодный, переходный и теплый периоды года. СКВ, как правило, рассчитываются на поддержание оптимальных параметров. Поддержание оптимальных параметров обязательно в следующих помещениях общественных и жилых зданий: операционных, послеоперационных, родильных отделениях, палатах для новорожденных и для больных, нуждающихся в специальных метеорологических условиях, в больницах 1, 2 и 3-й категорий; зрительных залах и фойе театров; зрительных залах кинотеатров, клубов и дворцов культуры на 600 мест и более; обеденных залах ресторанов 1-го разряда и столовых на 250 посадочных мест и более; торговых залах крупных магазинов с числом рабочих мест 75 и более; части номеров гостиниц на 500 мест и более.

В картинных галереях, музеях, книгохранилищах, архивах общесоюзного значения для сохранения ценностей и произведений искусства, при отсутствии особых требований к внутреннему режиму, следует также выбирать оптимальные параметры в качестве расчетных условий. Во время кратковременного пребывания людей (кафе, рестораны, магазины и др.) в летнее время при температурах наружного воздуха выше 30° С температура воздуха в этих помещениях определяется по формулам:

при длительности пребывания до 3 *ч*

$$t_{3ч} = t_в + 0{,}3\,(t_н - 30); \qquad \text{(VIII.1)}$$

при длительности пребывания до 1 *ч*

$$t_{1ч} = 1{,}04 t_{3ч}, \qquad \text{(VIII.2)}$$

где $t_в$ — оптимальная температура внутреннего воздуха при длительном пребывании людей, ° С;

$t_н$ — расчетная температура наружного воздуха в теплый период года, °С.

Для комфортных систем кондиционирования воздуха в жилых и общественных зданиях, как правило, следует принимать расчетные параметры наружного воздуха Б. Для зданий и помещений, эксплуатируемых в течение части суток (например, только в вечерние часы), допускаются обоснованные отступления от этих параметров.

В СКВ комфортного назначения предусматривается точность поддержания внутренних параметров воздуха в помещениях ± 1° С по температуре и ±7% по относительной влажности. В качестве теплоносителя для этих СКВ, как правило, применяется вода.

ЦЕНТРАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

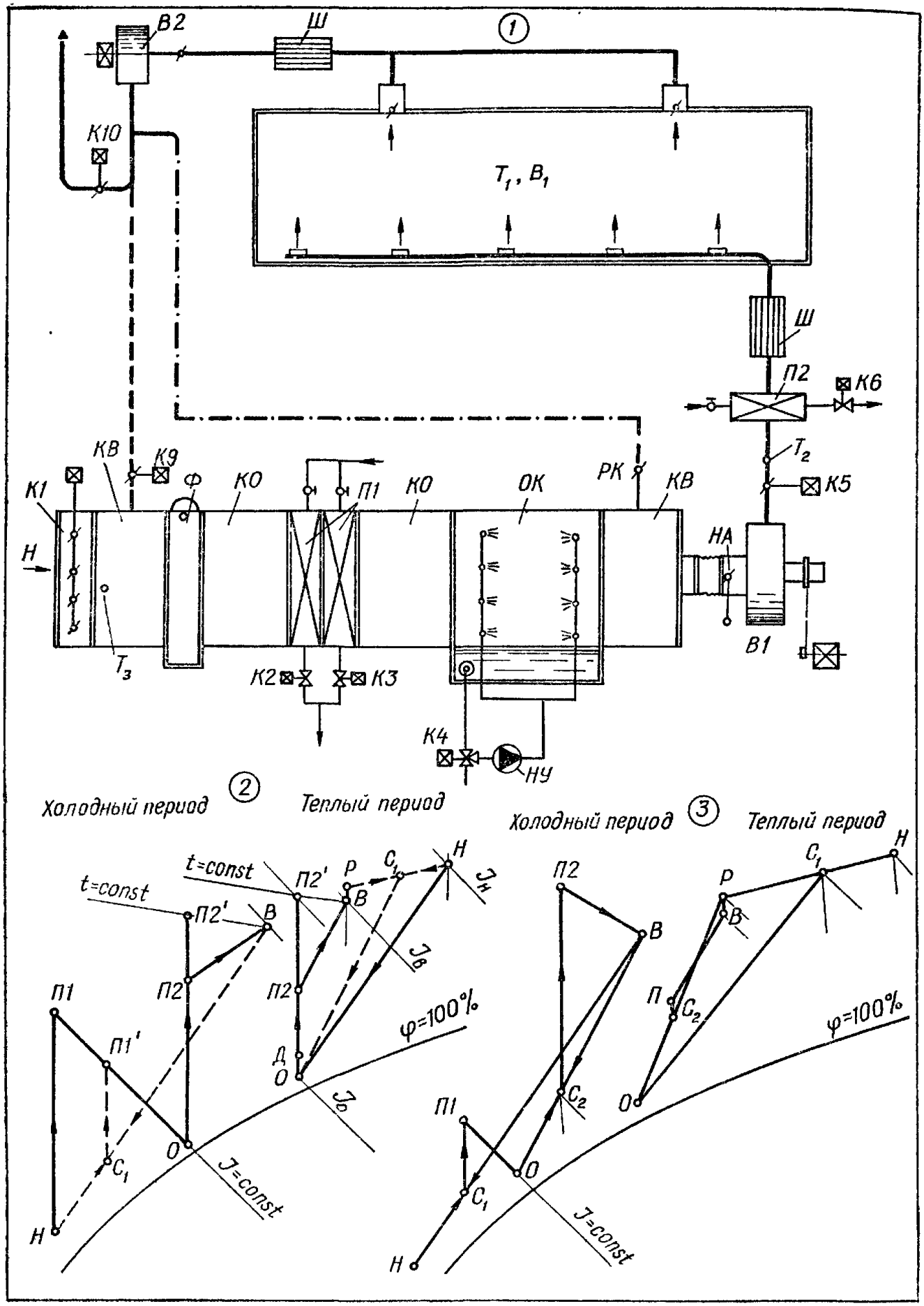
Центральные однозональные прямоточные системы

Центральные однозональные СКВ рекомендуется применять для обслуживания одного помещения площадью не более 2500 $м^2$ или такой же части большего помещения. Допускается применение такой же системы для нескольких помещений, с общим регулированием, при условии, что в отдельных помещениях допускаются различные отклонения от заданных параметров воздуха.

На листе VIII.1, рис. 1 (сплошные линии воздуховодов) изображена схема СКВ, работающей на наружном воздухе (прямоточная). Эти системы проектируют в тех случаях, когда по санитарно-гигиеническим соображениям недопустима рециркуляция воздуха. Объем воздуха, подаваемого в помещение, постоянный. В теплый период года наружный воздух за счет разрежения, создаваемого приточным вентилятором, поступает в кондиционер через приемный клапан *К1*, очищается в фильтре *Ф*, охлаждается в камере орошения *ОК* и нагнетается в обслуживаемое помещение. В случае необходимости воздух подогревается в калориферах второго подогрева *П2*. Тепловая нагрузка этих воздухонагревателей не зависит от температуры наружного воздуха. Поэтому их снабжают теплоносителем с постоянными параметрами *.

К форсункам камеры орошения насосом *НУ* подводится холодная вода от внешнего источника, смешиваемая с отработанной водой при помощи клапана *К4*. Между рабочими секциями устанавливаются камеры обслуживания *КО* и камеры воздушные (смесительные) *КВ*. Удаление воздуха производится вытяжной системой с вентилятором *В2*. Глушители шума *Ш* выполняются по акустическому расчету.

* См. главу «Теплоснабжение воздухонагревателей СКВ».



Лист VIII.1. Центральная однозональная система кондиционирования воздуха: *1* — принципиальная схема системы, работающей полностью на наружном воздухе (сплошные линии) и с рециркуляцией с дополнительными каналами (пунктирная линия); *2* — построение процессов на *I* — *d*-диаграмме при прямоточной схеме (сплошные линии) и при рециркуляции (с дополнительными линиями, показанными пунктиром); *3* — то же, при работе с двумя рециркуляционными каналами.

В холодный период года наружный воздух подогревается в калориферах первого одогрева *П1*, увлажняется в камере орошения *ОК*, работающей зимой на рециркуяционной воде, и догревается в калориферах второго подогрева *П2*.

На листе VIII.1, рис. 2, приведены схемы процесса обработки воздуха на *I — d*-иаграмме в холодный и теплый периоды года.

В теплый период года наружный воздух с параметрами точки *Н* охлаждается и сушается в камере орошения до параметров точки *О*, затем подогревается в вентиляоре до параметров точки *Д* и, если необходимо, в калорифере второго подогрева о параметров точки *П2*. Процесс ассимиляции тепла и влаги в помещении изображен ропой *П2—В*. В том случае, когда в помещении отсутствует тепло- и влаговыия, воздух подогревается в калорифере второго подогрева до параметров *П2'*.

условиях холодного периода года наружный воздух с параметрами точки *Н* нается до параметров точки *П1*, увлажняется в камере орошения до параметров *О*, подогревается в вентиляторе и калориферах второго подогрева до параметочки *П2* и, ассимилируя в помещении тепло и влагу, приобретает параметры, геризуемые точкой *В*. При отсутствии в помещении тепло- и влаговыделений х нагревается в калорифере второго подогрева до параметров точки *П2'*.

ecто камер орошения возможна установка поверхностных орошаемых воздухоителей с применением закрытой системы циркуляции, что значительно упрощамы холодоснабжения. В настоящее время изготавливаются только неорошаемые хностные воздухоохладители. При экономически обоснованной необходимости йства закрытой схемы холодоснабжения может быть предусмотрена установка рхностных воздухоохладителей и камеры орошения, работающей по адиабатичекому режиму *. При установке поверхностных воздухоохладителей часть из них холодный период года используют в качестве воздухонагревателей.

Регулирование параметров воздушной среды в помещении, обслуживаемом СКВ, осуществляется по следующей схеме. Температура воздуха поддерживается терморегулятором T_1, устанавливаемым в помещении, который управляет клапаном *К6*, регулирующим количество подаваемого теплоносителя в калорифер второго подогрева.

Влажность воздуха в помещении поддерживается терморегулятором T_2, который устанавливается в воздуховоде после вентилятора и управляет в теплый период года клапаном *К4*, регулирующим температуру воды, поступающей в камеру орошения (путем смешения), или количество воды, циркулирующей через поверхностный воздухоохладитель.

В холодный период года терморегулятор T_2 воздействует на клапаны *К2* и *К3*, регулирующие количество теплоносителя, подаваемого в воздухонагреватели первого подогрева.

При значительных колебаниях влаговыделений вместо терморегулятора T_2 устанавливается влагорегулятор B_1, управляющий теми же клапанами, что и терморегулятор T_2.

Защита калориферов первого подогрева от замораживания при работающем кондиционере производится терморегулятором, датчик которого устанавливается в приточном воздуховоде и настраивается на аварийную температуру на 5—10° С ниже нормальной, но не ниже + 2° С. При снижении температуры приточного воздуха до аварийной датчик подает импульс на терморегулятор, который выключает вентилятор, открывает клапаны *К2* и *К3* и подает аварийный сигнал.

При неработающем кондиционере рекомендуется автоматическое включение подачи теплоносителя клапаном *К2* на 40—60 *с* через каждые 2—4 *мин*, при этом автоматическая защита включается специальным терморегулятором только при температуре наружного воздуха +2° С и ниже.

Центральные однозональные системы, работающие с рециркуляцией

Центральные однозональные СКВ, работающие с рециркуляцией (в тех случаях, когда она допускается), применяются для обслуживания одного помещения площадью не более 2500 $м^2$ или такой же части большего помещения. Эти системы могут

* См. главу «Холодоснабжение СКВ».

применяться и для обслуживания группы помещений, но при условии отсутствия жестких требований к точности поддержания всех заданных параметров воздуха, поскольку регулирование параметров подаваемого воздуха осуществляется терморегулятором, датчик которого устанавливается в одном из обслуживаемых помещений. СКВ, работающие с рециркуляцией, как правило, проектируют с переменными объемами рециркулируемого и наружного воздуха, с целью сокращения расходов холода в теплый и тепла — в холодный периоды года. Минимальное количество наружного воздуха принимается по расчету (см. стр. 166).

На листе VIII.1, рис. 1 (с дополнениями пунктиром к прямоточной схеме) изображена принципиальная схема двухвентиляторной СКВ, работающей с рециркуляцией воздуха. В этих системах вытяжка воздуха и подача рециркуляционного с целью поддержания повышенного давления в обслуживаемых помещениях, осуществляется специальным вентилятором, работающим с производительностью несколько меньшей, чем производительность кондиционера. Подачу воздуха на рециркуляцию можно также производить вентилятором кондиционера, т. е. применять одновентиляторную схему. Однако преимущественное применение имеют двухвентиляторные схемы. Расход электроэнергии на перемещение воздуха при двухвентиляторной схеме уменьшается, поскольку производительность рециркуляционного вентилятора всегда меньше производительности вентилятора кондиционера. Кроме этого, при одновентиляторной схеме необходима установка специального вытяжного вентилятора для удаления воздуха из помещения. Производительность этого вентилятора должна быть равна производительности рециркуляционного вентилятора, так как кондиционер в отдельные периоды может работать полностью на наружном воздухе. В то же время вытяжной вентилятор должен работать с переменным расходом воздуха, изменяющимся от максимального, равного производительности кондиционера за вычетом расхода воздуха на поддержание повышенного давления в помещении, до минимального, равного минимальной подаче наружного воздуха с вычетом той же величины.

Регулирование производительности вытяжного вентилятора в таких широких пределах (в зависимости от количества наружного воздуха, забираемого кондиционером) усложняет систему автоматического регулирования, так как при этом нужно устанавливать сложные регуляторы для поддержания постоянной разности между давлением воздуха в помещении и снаружи.

Устройство естественной вытяжки из помещений также ведет к усложнению системы автоматического регулирования, поскольку управление воздушными клапанами больших размеров требует сложных приборов для обеспечения нужной стабилизации избыточного давления в кондиционируемом помещении.

При двухвентиляторных схемах все управление и регулирование обычно сосредоточивается в одном помещении, что улучшает условия эксплуатации.

Изображенная на листе VIII.1, рис. 1 (с дополнениями пунктирной линией) система имеет один рециркуляционный канал и применяется в тех случаях, когда предъявляются повышенные требования к точности регулирования влажности в помещениях, так как весь воздух подвергается обработке в камере орошения или поверхностном воздухоохладителе.

В этой системе при расчетном режиме для теплого периода года воздух, подаваемый рециркуляционным вентилятором, подогревается в вентиляторе и воздуховодах от параметров точки B до параметров точки P, и затем смешивается с наружным воздухом (параметры точки H). В результате получается смесь с параметрами точки C_1 (см. лист VIII.1, рис. 2 с дополнениями пунктирной линией). Дальнейшее приготовление воздуха для расчетного теплого периода года аналогично описанному для систем, работающих без рециркуляции.

При расчетном режиме для холодного периода года система засасывает наружный воздух (точка H) и смешивает его с рециркуляционным (точка B). Полученная смесь (точка C_1) нагревается в калориферах первого подогрева до температуры, соответствующей точке $П1'$, а затем увлажняется до состояния, определяемого точкой O. Увлажненный воздух нагревается в калориферах второго подогрева до параметров точки $П2$ или $П2'$ и вводится в обслуживаемое помещение.

Терморегулятор T_1, устанавливаемый в помещении, управляет клапаном, регулирующим подачу теплоносителя в калорифер второго подогрева. В тех случаях, когда влаговыделения в помещении не изменяются, требуемая влажность воздуха в помещении поддерживается при помощи терморегулятора T_2, устанавливаемого за камерой орошения (или орошаемым поверхностным воздухоохладителем), который в режимах охлаждения (в теплый период года) управляет подачей холодной воды в камеру оро-

шения или поверхностный воздухоохладитель, поддерживая на заданном уровне температуру точки росы.

При значительных колебаниях влаговыделений влажность в помещениях регулируется влагорегулятором B_1.

Регуляторы T_2 или T_1 в теплый период года работают совместно с терморегулятором T_3, датчиком которого является мокрый термометр, измеряющий теплосодержание наружного воздуха и работающий по следующей программе:

при теплосодержании наружного воздуха $I_н > I_в$ терморегулятор T_3 устанавливает клапаны *К1*, *К9* и *К10* на режим подачи минимальных количеств наружного воздуха и выброса;

при теплосодержании наружного воздуха в пределах $I_0 < I_н < I_в$ терморегулятор T_3 устанавливает клапаны на режим подачи максимального количества наружного воздуха и максимального выброса и подключает управление этими клапанами непосредственно к терморегулятору T_2 или влагорегулятору B_1. В холодный период года регуляторы T_2 или B_1 последовательно управляют этими клапанами. При понижении теплосодержания наружного воздуха до минимума клапаны сокращают его подачу и выброс внутреннего воздуха до минимума, после чего регуляторы T_2 или B_1 переключаются на управление клапанами, регулирующими подачу теплоносителя в калориферы второго подогрева.

При наличии второй рециркуляции (лист VIII.1, рис. 1—показана штрих-пунктиром) регулирование количества рециркуляционного воздуха, подаваемого за воздухоохладителем (камерой орошения), производится ручным клапаном *РК*. Построение процесса приведено на листе VIII.1, рис. 3.

Центральные многозональные одноканальные системы, прямоточные и работающие с рециркуляцией

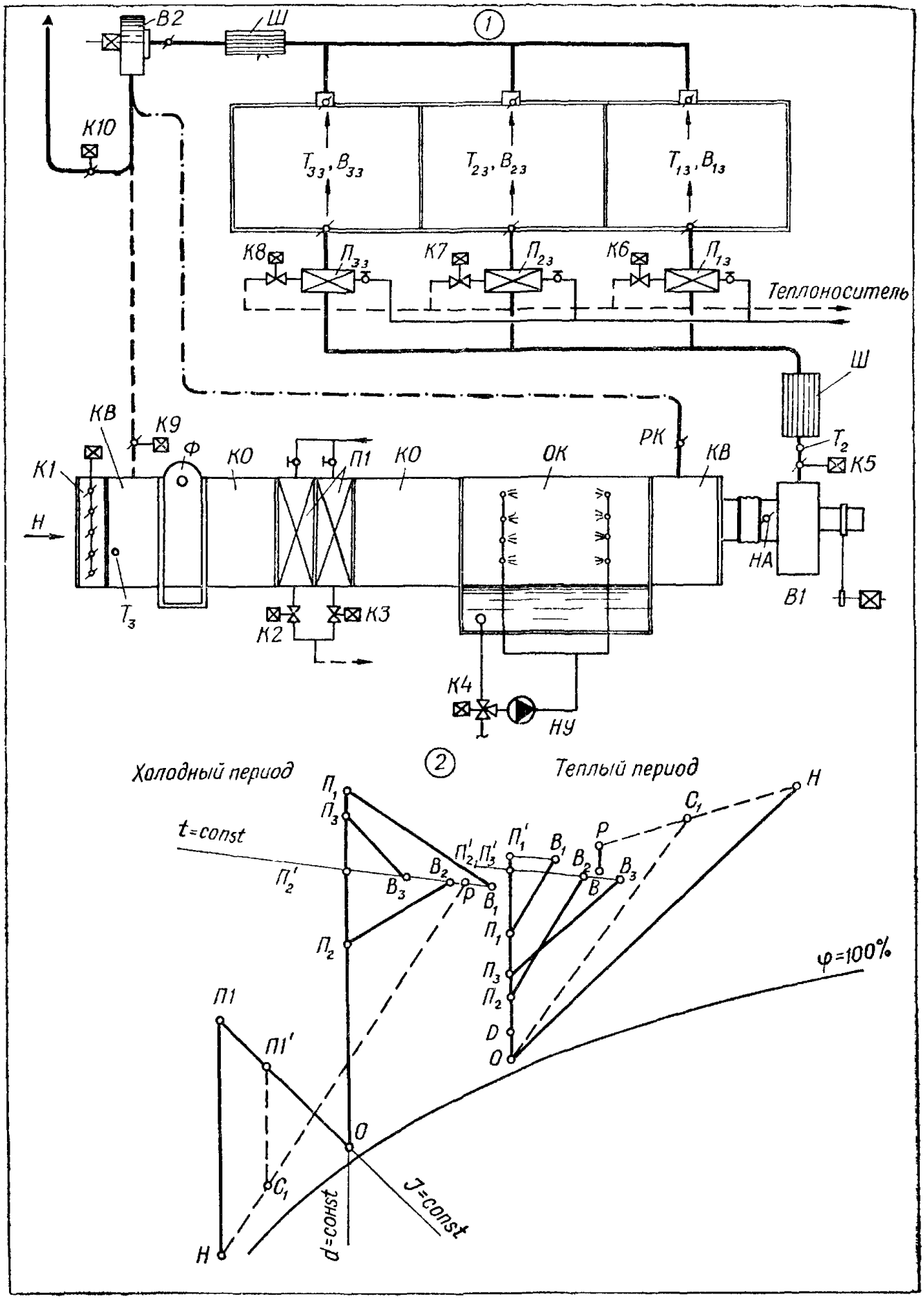
Для кондиционирования воздуха в больших помещениях с неравномерно расположенными источниками тепло- и влаговыделений, а также для обслуживания группы небольших помещений применяют, как правило, центральные многозональные СКВ. Если рециркуляция воздуха недопустима, то работу этих систем предусматривают только на наружном воздухе. Применение многозональных систем более экономично, чем устройство индивидуальных систем для каждого из обслуживаемых помещений. Однако эти системы могут поддерживать с заданной точностью только один из параметров воздуха: температуру или относительную влажность.

Основное отличие многозональной одноканальной СКВ от однозональной состоит в том, что вместо одного центрального воздухонагревателя второго подогрева в многозональных СКВ для каждого из помещений (или для каждой зоны большого помещения) устанавливается индивидуальный подогреватель. Теплоотдача индивидуальных (зональных) подогревателей изменяется терморегуляторами, установленными в обслуживаемых помещениях. Зональные подогреватели не изменяют влагосодержание приточного воздуха, а поэтому при отклонении влаговыделений от расчетных значений будет изменяться относительная влажность воздуха в помещениях.

При жестких требованиях к поддержанию на заданном уровне относительной влажности в помещениях терморегулятор может быть заменен влагорегулятором, который, путем воздействия на зональный подогреватель, изменяет температуру воздуха и, следовательно, относительную влажность в помещении до заданного значения с точностью, зависящей от характеристики влагорегулятора. В многозональных СКВ, применяемых для общественных зданий, обычно поддерживают температуру воздуха на заданном уровне, допуская изменение относительной влажности с отклонением от расчетных значений.

Принципиальная схема центральной многозональной одноканальной СКВ, работающей на наружном воздухе, и построение процессов на *I—d*-диаграмме приведены на листе VIII.2.

В теплый период года кондиционер забирает наружный воздух (точка *Н*), очищает его в фильтре и охлаждает в камере орошения или в поверхностном охладителе до параметров, характеризуемых точкой *О*. Затем воздух подогревается в вентиляторе и воздуховодах до параметров точки *D* и поступает к зональным воздухонагревателям $П_{1з}$, $П_{2з}$ и т. д., где, в случае необходимости, догревается до требуемых параметров (точки $П_1$, $П_2$, $П_3$) для разных помещений (точки B_1, B_2, B_3). Если отсутствуют



Лист. VIII.2. Центральные многозональные системы кондиционирования воздуха: *1* — принципиальная схема системы, работающей полностью на наружном воздухе (сплошные линии) и с рециркуляцией (дополнительные каналы, показанные пунктиром); *2* — построение процессов кондиционирования воздуха на *1* — *d*-диаграмме для схемы без рециркуляции (сплошные линии) и при рециркуляции (дополнительные пунктирные линии). При работе с двумя рециркуляциями построение процесса аналогично приведенному на листе VIII.1.

влаго- и тепловыделения, воздух нагревается до параметров, характеризуемых точками $П_1'$, $П_2'$, $П_3'$ (лист VIII.2, рис. 2).

Так как в зональные воздухонагреватели подается только теплоноситель, температура воздуха за кондиционером в процессе эксплуатации должна поддерживаться на уровне, определяемом потребностями того помещения, в котором отношение фактической величины избытка тепла к расчетной имеет наибольшую величину.

В холодный период года, при расчетном режиме, наружный воздух (точка *Н*) подогревается в калориферах первого подогрева до параметров точки *П1*, увлажняется в камере орошения, работающей по адиабатическому режиму, и приобретает параметры точки *О*. Затем воздух подогревается в вентиляторе и воздуховодах (в холодный период года это не учитывается) и поступает к местным подогревателям, в которых нагревается до температуры, требуемой для каждого помещения (точки $П_1$, $П_2$, $П_3$). Терморегуляторы, установленные в каждом помещении, управляют работой подогревателей, воздействуя на клапаны *К6*, *К7*, *К8*, регулирующие подачу теплоносителя в соответствующий зональный подогреватель ($П_{1з}$, $П_{2з}$, $П_{3з}$), с поддержанием требуемых параметров воздуха в помещениях (точки $В_1$, $В_2$ и $В_3$). Влажность приточного воздуха регулируется по методу точки росы терморегулятором, установленным на воздуховоде после вентилятора. В теплый период терморегулятор воздействует на клапан *К4*, регулирующий подачу воды в камеру орошения или поверхностный воздухоохладитель.

В холодный период терморегулятор управляет клапанами *К2* и *К3*, регулирующими подачу теплоносителя в калориферы первого подогрева. Защита калориферов от замораживания выполняется по той же схеме, что и для центральных однозональных СКВ, работающих на наружном воздухе.

Центральные многозональные СКВ, работающие с рециркуляцией воздуха, применяются в тех же случаях, что и многозональные системы, работающие на наружном воздухе, но с использованием переменного объема наружного и рециркуляционного воздуха, с одним или двумя рециркуляционными каналами (см. лист VIII.2, рис. 1, 2 с дополнениями пунктирной линией). Работают эти системы по принципу однозональных схем СКВ с рециркуляцией и работающих на наружном воздухе многозональных СКВ с местными калориферами второго подогрева.

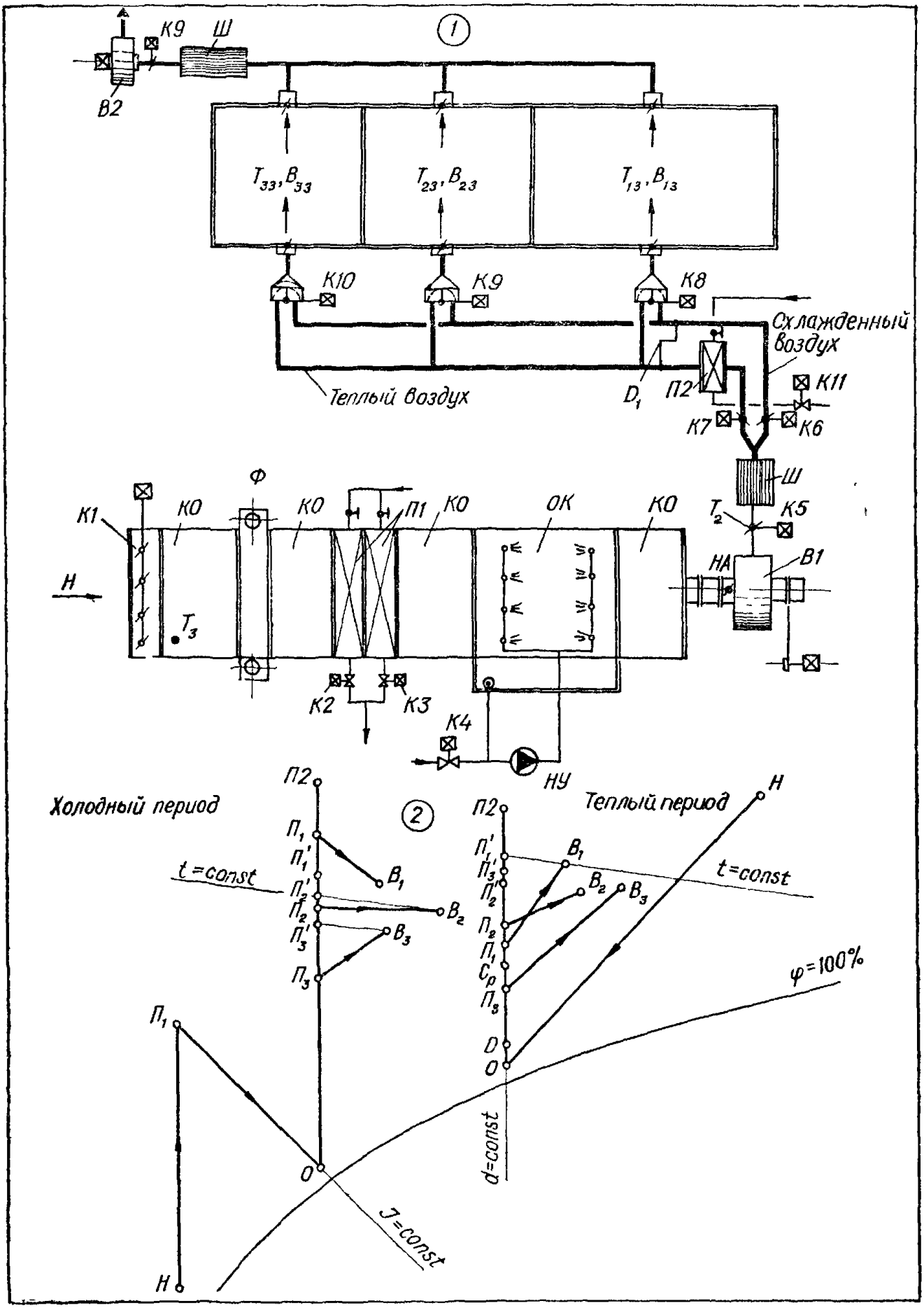
При дополнении систем кондиционирования воздуха, работающих с рециркуляцией, каналом и клапаном второй рециркуляции, могут быть получены СКВ с двумя рециркуляциями (дополнительный канал, показанный штрих-пунктиром), причем вторая рециркуляция, как правило, выполняется с ручным клапаном *РК* вследствие сложности одновременного автоматического управления тремя клапанами: наружного воздуха, первой и второй рециркуляции.

Центральные многозональные двухканальные системы

Центральные многозональные двухканальные СКВ применяют для обслуживания группы помещений, в которых требуется поддержать условия, аналогичные указанным для одноканальных СКВ с местными калориферами второго подогрева.

Кондиционеры двухканальных СКВ (лист VIII.3, рис. 1) подают к обслуживаемым помещениям (зонам) по двум параллельным каналам горячий и холодный воздух. Температура воздуха в каждом помещении регулируется комнатным терморегулятором, управляющим смесительными клапанами *К8*, *К9*, *К10*, которые изменяют соотношение количества горячего и холодного воздуха в подаваемой смеси для каждого помещения. Преимущества двухканальных СКВ по сравнению с одноканальными многозональными заключаются в отсутствии вблизи помещений теплообменников, трубопроводов теплоносителя, в возможности максимального использования холода наружного воздуха в переходное время года, а также хорошего сочетания с работой систем водяного отопления, что особенно важно при оборудовании СКВ существующих зданий. К недостаткам двухканальных СКВ относятся повышенные затраты на устройство и тепловую изоляцию параллельных воздуховодов и затруднительность их прокладки как во вновь проектируемых, так и в существующих зданиях. Определенные трудности возникают также в связи с необходимостью обеспечения тепловой и аэродинамической устойчивости системы.

Двухканальные СКВ бывают прямоточными и с использованием рециркуляции. Приводим описание схемы работы прямоточной СКВ (лист VIII.3, рис. 1, 2). При



Лист VIII.3. Центральная многозональная двухканальная система кондиционирования воздуха:

1 — принципиальная схема системы; *2* — процессы кондиционирования воздуха, построенные на *I* — *d*-диаграмме.

расчетных наружных условиях для теплого периода года СКВ засасывает наружный воздух при параметрах, соответствующих точке *Н*, фильтрует его, а затем охлаждает в камере орошения или в поверхностном воздухоохладителе до состояния, соответствующего точке *О*. При проходе через вентилятор и воздуховоды воздух нагревается до параметров точки *D* и при этих же параметрах поступает в канал холодного воздуха и к калориферу второго подогрева, установленного в канале теплого воздуха, где он нагревается до параметров точки *П2*. В смесительных клапанах *К8*, *К9*, *К10* холодный и подогретый воздух смешиваются до параметров, соответствующих точкам $П_1$, $П_2$ и $П_3$, с которыми он поступает в помещения, где, ассимилируя избытки тепла и влаги, приобретает параметры $В_1$, $В_2$ и $В_3$. Смесители двухканальной СКВ при полном открытии клапана на проход холодного водуха пропускают 5—10% подогретого воздуха за счет неплотности клапана. Поэтому минимальную температуру воздуха в каналах после смесителя следует определять по формуле

$$t_{см} = (1 - n)\, t_D + n t_{П2}, \qquad \text{(VIII.3)}$$

где n — неплотность закрытого клапана на проход подогретого воздуха в долях от суммарного поступления через клапан (от 0,05 до 0,1 — уточняется по данным завода-изготовителя);

t_D и $t_{П2}$ — температуры воздуха соответственно в каналах холодного и теплого воздуха.

При расчетных условиях холодного периода года наружный воздух с параметрами точки *Н* подогревается до параметров точки *П1*, увлажняется и приобретает параметры точки *О*. Затем часть воздуха подогревается в калорифере второго подогрева до параметров точки *П2* и поступает в канал теплого воздуха, а остальная часть— в канал холодного воздуха. Приготовленный в смесительных клапанах воздух с параметрами $П_1$, $П_2$ и $П_3$ поступает в помещения, где он приобретает параметры, соответствующие точкам $В_1$, $В_2$ и $В_3$.

Двухканальная СКВ с рециркуляцией воздуха работает по аналогичной схеме, но с использованием переменного объема наружного и рециркуляционного воздуха.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Различаются полезная и полная производительности систем кондиционирования воздуха. Полезная производительность — это количество воздуха, поступающее в помещение и обеспечивающее требуемые параметры внутренней воздушной среды, полная производительность — количество воздуха, приготовляемое в кондиционере и подаваемое в сеть воздуховодов с учетом утечки через неплотности в воздуховодах.

Полная производительность определяется по формуле

$$L_п = k_{пот} L, \qquad \text{(VIII.4)}$$

где L — полезная производительность, *м³/ч*;

$k_{пот}$ — коэффициент, учитывающий утечку воздуха.

Для стальных, пластмассовых и асбоцементных воздуховодов длиной до 50 *м* $k_{пот} = 1{,}1$. При длине больше 50 *м* коэффициент потери можно определить по формуле $k_{пот} = 1 + 0{,}002l$, где l — длина воздуховода от вентилятора до помещения, *м*.

Полезная производительность одноканальных СКВ при расчете на удаление теплоизбытков определяется по формуле

$$L = \frac{mQ_я}{0{,}24 \Delta t_р \gamma}, \qquad \text{(VIII.5)}$$

где $Q_я$ — избытки явного тепла, *ккал/ч*;

γ — объемная масса воздуха, *кг/м³*;

$m = \dfrac{\Delta t_р}{\Delta t_у}$ — коэффициент, учитывающий долю тепла, влияющего на повышение температуры в рабочей зоне;

$$\Delta t_у = t_у - t_0;$$

$t_у$ — температура воздуха в той зоне, из которой удаляют воздух, °С;

t_0 — температура подаваемого воздуха, ° С.

Рабочая разность температур

$$\Delta t_р = t_{р.з} - t_о, \qquad \text{(VIII.6)}$$

где $t_{р.з}$ — температура воздуха в рабочей или обслуживаемой зоне, °С.

Рабочую разность температур с целью экономичности СКВ следует принимать возможно большей (уменьшая t_0). Одновременно с этим необходимо правильно выбрать и рассчитать воздухораспределительные устройства для обеспечения в рабочей или обслуживаемой зоне нормативных (по СНиП) разностей температур и оптимальной скорости воздуха.

В общественных зданиях высотой до 4 *м* подача воздуха проводится, как правило, в верхнюю зону. В этом случае следует принимать $m = 1$. При высоте помещения $H > >4$ *м*, подаче воздуха в нижнюю или среднюю зону и удалении из верхней зоны, в случае отсутствия данных по аналогичным объектам, допускается принимать для общественных зданий

$$m = \frac{1}{1 + 0{,}2\dfrac{H-2}{\Delta t_р}}. \qquad \text{(VIII.7)}$$

Если воздух удаляется из рабочей (обслуживаемой) зоны в количестве $L_{р.з}$ и $t_{р.з} \neq t_у$, полезная производительность СКВ может быть найдена по формуле

$$L = L_{р.з}(1 - m) + \frac{mQ_я}{0{,}24\Delta t_р \gamma}. \qquad \text{(VIII.8)}$$

Если воздух удаляется из верхней зоны в количестве $L_{в.з}$ и $t_{р.з} \neq t_у$, то

$$L = L_{в.з}\left(1 - \frac{1}{m}\right) + \frac{Q_я}{0{,}24\Delta t_р \gamma}. \qquad \text{(VIII.9)}$$

Полезная производительность СКВ уточняется по минимальному количеству наружного воздуха, определяемому из условия обеспечения подпора, санитарно-гигиенических требований и компенсации воздуха, удаляемого местными отсосами и технологическим оборудованием.

Производительность двухканальных СКВ определяется отдельно для расчетных условий теплого периода года, когда подается только охлажденный воздух, и отдельно для расчетных условий холодного периода года, когда весь воздух подогревается; при этом должно быть удовлетворено требование подачи необходимого количества наружного воздуха. В соответствии с результатами расчетов находится соотношение сечений каналов горячего и холодного воздуха *.

Расчет количества наружного воздуха производится с учетом необходимости сокращения расходов холода и тепла в СКВ. Это достигается путем уменьшения подачи наружного воздуха за счет применения частичной рециркуляции. Минимальное количество наружного воздуха принимается по наибольшим значениям, обеспечивающим следующие требования: подачу санитарной нормы воздуха на одного человека; удаление пылевых и газовых вредностей; компенсацию воздуха, удаляемого местными отсосами (по данным раздела VII), а также создание избыточного давления в помещении, препятствующего прониканию воздуха снаружи и из соседних помещений.

Кроме того, необходима проверка количества наружного воздуха, проникающего через неплотности воздухоприемных клапанов, принимаемого 10% от полного наибольшего количества воздуха, проходящего через клапан.

Количество наружного воздуха, вводимого на одного человека в общественных зданиях, рекомендуется принимать по соответствующим СНиП (например, в спортивных залах — 80 $м^3/ч$ на одного спортсмена и 20 $м^3/ч$ на одного зрителя).

В помещениях, где разрешается курить, нормы подачи воздуха при кондиционировании следует принимать повышенными. Учитывается также количество воздуха для уменьшения интенсивности запахов, связанных с пребыванием в помещении людей.

---

* Б. В. Баркалов, Е. Е. Карпис. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. М., Стройиздат, 1971.

Кратность воздухообмена в 1/*ч* для создания повышенного давления в помещениях в зависимости от количества окон и дверей составляет следующие величины:

Помещение без окон и наружных дверей	0,5—0,75
Помещение с окнами:	
на одну сторону	1,0
на две стороны	1,5
на три и четыре стороны	2
Вестибюль	2—3

Открывание дверей учитывается по данным табл. VIII.1

Таблица VIII.1. **Ориентировочное количество воздуха, $м^3/ч$ на 1 чел., для создания повышенного давления в помещении**

Количество людей, проходящих через двери за 1 *ч*	Обычная дверь		Дверь с тамбуром		Вращающаяся дверь	
	одна	более одной	одна	более одной	одна	более одной
До 100	3	4,75	2,5	3,5	0,8	1
100—700	3	4,75	2,5	3,5	0,7	0,9
700—1400	3	4,75	2,25	3,5	0,5	0,6
1400—2100	2,75	4,0	2,25	3,25	0,3	0,3

Количество наружного воздуха, поступающего в кондиционер, необходимо определять с учетом утечки

$$L_{н.п} = k_{пот} L_{н}. \qquad \text{(VIII.10)}$$

Экономически выгодно применять СКВ с переменным количеством наружного воздуха. Если теплосодержание наружного воздуха $I_н$ меньше теплосодержания внутреннего воздуха $I_в$ и больше теплосодержания воздуха после камеры орошения I_0, то применение рециркуляции экономически нецелесообразно и следует подавать только наружный воздух. Когда $I_н > I_в$, следует подавать минимальное количество наружного воздуха, определяемое по приведенным выше данным. При уменьшении теплосодержания наружного воздуха ниже I_0 количество его уменьшается и доводится до минимально допустимого при расчетных зимних параметрах наружного воздуха.

Во избежание нарушения гидравлической устойчивости системы смешивание наружного и рециркуляционного воздуха целесообразно производить до калориферов первого подогрева.

Во избежание замерзания влаги, выпадающей из воздуха, в камере смешения, в рециркуляционном канале устанавливается калорифер для доведения теплосодержания рециркуляционного воздуха до величины, при которой $I_{см} > 2{,}5$ *ккал/ч*.

ТИПОВЫЕ ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ ТИПА Кт

Основные особенности

Центральные секционные кондиционеры производительностью 31,5—250 тыс. $м^3/ч$ входят в единый параметрический ряд кондиционеров общего назначения, разработанный ВНИИкондвентмашем и ХМЗК *.

Эти кондиционеры характеризуются высокой степенью унификации и могут быть полностью заводского или смешанного изготовления. При смешанном исполнении поставляются только технологические секции (камеры орошения, фильтры, вентиляторные агрегаты и т. д.). Конструктивные секции в этом исполнении изготовляются

* Кондиционеростроение. Труды ВНИИкондвентмаша. Вып. 1 и 2. М., 1971, 1973.

на месте из железобетона и других строительных материалов. В проектах и при заказе секции необходимо обозначать при помощи цифровых индексов, приведенных в каталоге.

Технологические секции кондиционеров (камеры орошения, воздухонагреватели, воздушные фильтры, воздухоохладители, воздушные клапаны, вентиляторные агрегаты) соединяются при помощи конструктивных секций (камер обслуживания, приточных рециркуляционных и выравнивающих камер, присоединительных и переходных секций, вставок, контрфланцев, опор, рам жесткости). Эти секции служат для доступа к технологическим секциям, а также для соединения их, выравнивания поля скоростей и других вспомогательных операций.

Камеры орошения

В камерах орошения могут быть осуществлены следующие процессы тепловлажностной обработки воздуха: охлаждение и осушение; охлаждение без изменения влагосодержания; одновременное охлаждение и увлажнение; изоэнтальпическое охлаждение и увлажнение; одновременное охлаждение и увлажнение с повышением теплосодержания; изотермическое увлажнение; повышение температуры, теплосодержания и влагосодержания.

Камера орошения (лист VIII.4, рис. 1 и табл. VIII.2) состоит из следующих основных узлов: бака (поддона), корпуса, каплеуловителей, гребенок с форсунками и др.

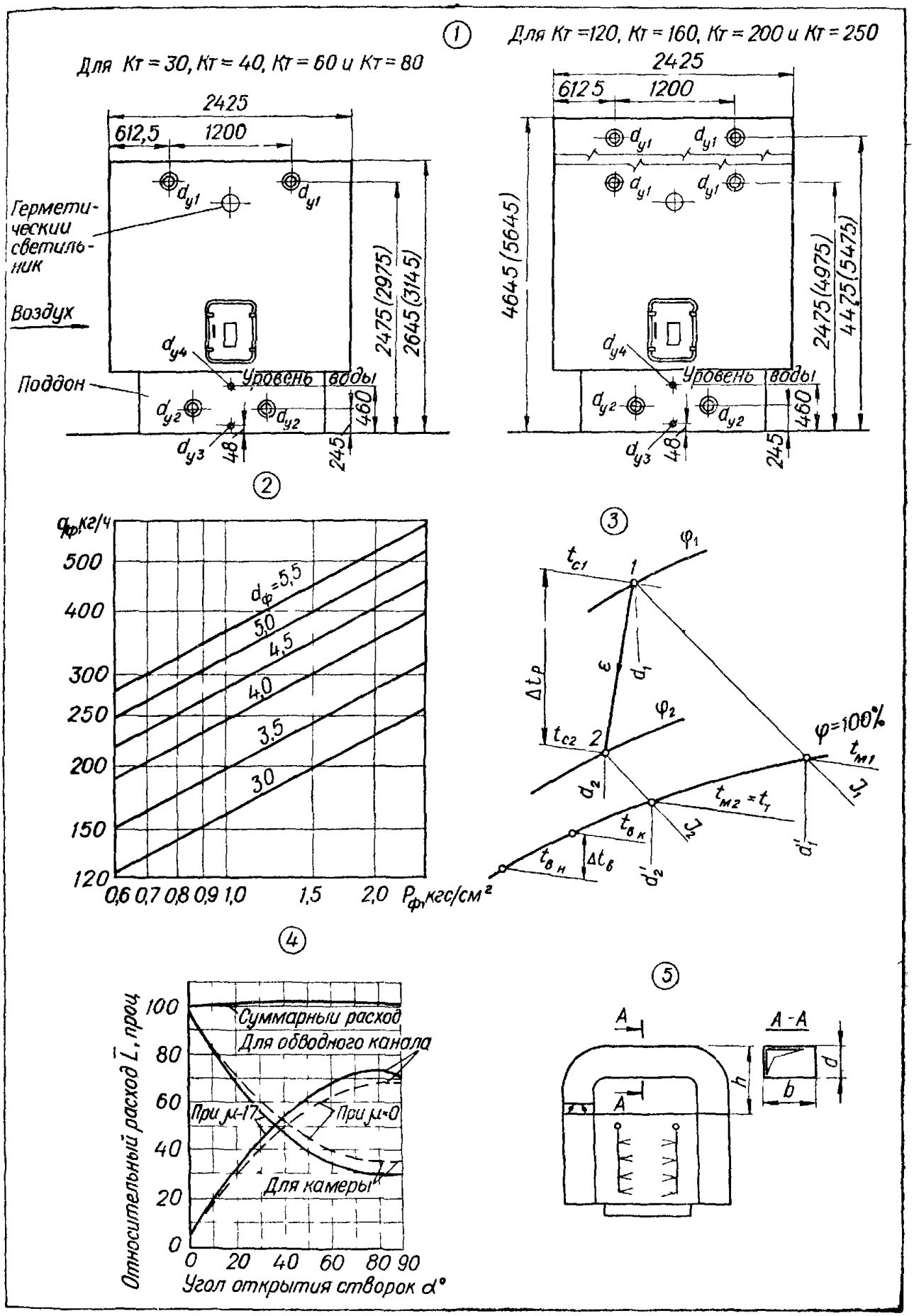
Таблица VIII.2. **Основные технические показатели камер орошения**

Кондиционер	Номинальная производительность по воздуху, $м^3/ч \cdot 10^{-3}$	Размеры сечения для прохода воздуха, *мм*		Площадь поперечного сечения, $F_к$, $м^2$	Номинальная массовая скорость воздуха в поперечном сечении, $кг/м^2 \cdot с$	Общее количество форсунок при плотности, $шт/м^2 \cdot ряд$		Масса, *кг*
		высота	ширина			18	24	
Кт-30	31,5	2003	1665	3,34	3,14	108	144	1534
Кт-40	40	2503	1665	4,17	3,2	144	192	1733
Кт-60	63	2003	3405	6,81	3,09	234	312	2713
Кт-80	80	2503	3405	8,52	3,14	312	416	3031
Кт-120	125	4003	3405	13,65	3,06	468	624	4042
Кт-160	160	5003	3405	17,05	3,14	624	832	5213
Кт-200	200	4003	5155	20,8	3,2	720	960	5829
Кт-250	250	5003	5155	25,8	3,24	960	1280	6826

Примечания. 1. Все камеры двухрядные длиной 2425 *мм*.
2. Данные о камерах кондиционеров Кд-10 и Кд-20 приведены в третьем издании настоящего «Справочника».

В баке (поддоне) установлены фильтр сетчатый для очистки рециркуляционной (отработанной) воды, клапан шаровой для пополнения убыли воды, переливное устройство, штуцер сливного трубопровода. Переливное устройство и фильтр при монтаже можно менять местами в соответствии с проектом. На бак в средней части уложена ходовая решетка.

Корпус камеры устанавливается на бак. В корпусе располагаются (по ходу воздуха): воздухораспределитель двухповоротный на входе; два ряда форсунок на стояках, выходящих из коллекторов; каплеуловитель шестиповоротный на выходе. В камерах Кт-30, Кт-40, Кт-60, Кт-80 каждый ряд форсунок снабжается водой через один коллектор. В камерах Кт-120, Кт-160, Кт-200 и Кт-250 по высоте каждого ряда располагается два коллектора с подводом воды к ним в верхней и средней части камеры. Присоединение трубопроводов к коллекторам может осуществляться как с передней, так и с задней стороны камеры. Факелы воды первого ряда форсунок направлены по движению воздуха, второго — против движения. Скорость движения воздуха в поперечном сечении камеры не более 3 *м/с*. Для данных камер возможно при-



Лист VIII. 4. Оросительные камеры, расчетные графики и схемы:

1 — расположение подводок к камерам орошения кондиционеров типа Кт (размеры в скобках для Кт-40, Кт-80, Кт-160 и Кт-250), *2* — график для определения производительности тангенциальных капроновых форсунок с латунными вкладышами, *3* — схема для определения коэффициента эффективности при расчете камер орошения по методу Е. Е Карписа, *4* — регулировочная характеристика расходов воздуха, проходящего по обводному каналу и через камеру орошения, *5* — схема обвода камеры орошения с одним клапаном (в обводном канале).

менение коэффициентов орошения 0,6—2,5 *кг/кг*. Камеры выполняются с шипами или без шипов для крепления теплоизоляции.

Форсунки применяются тангенциальные из капрона с латунными вкладышами (шайбами) с выходными отверстиями диаметром 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5 *мм*. Для осушения и охлаждения рекомендуется применять средний и грубый распыл (диаметр отверстий 4—5,5 *мм* при давлении 1,0—1,5 *кгс/см*^{2}).

Производительность таких форсунок в *кг/ч* в зависимости от диаметра выходного отверстия $d_ф$ и давления воды $p_ф$ перед ними может быть найдена по графику (лист VIII. 4, рис. 2) или рассчитана по формуле

$$q_ф = 38{,}8 d_ф^{1{,}3} p_ф^{0{,}52}. \qquad \text{(VIII.11)}$$

Во избежание подсоса воздуха насосом при непосредственном соединении его с баком оросительной камеры объем соединительных трубопроводов не должен превышать следующих значений, *м*^{3}:

Кт-30, Кт-40	0,8
Кт-60, Кт-80	1,6
Кт-120, Кт-160	1,4
Кт-200, Кт-250	2,1

Максимальное допустимое давление перед шаровым клапаном 3 *кгс/см*^{2}.

Условные диаметры $d_у$ отверстий для присоединения трубопроводов к оросительным камерам (лист VIII.4, рис. 1) предусмотрены следующие, *мм*:

Подвод воды к коллекторам $d_{у1}$	125, 100 *
Отвод воды из бака и перелив $d_{у2}$	250, 125 *, 300**
Слив $d_{у3}$	80
Подвод воды к шаровому клапану $d_{у4}$	25

Расчет режимов обработки воздуха в камерах орошения производится по экспериментальным данным. Тепловой баланс между воздухом и водой в камере орошения при охлаждении и осушении воздуха определяется по формуле

$$Q = L(I_1 - I_2) = W(t_{в.к} - t_{в.н}), \qquad \text{(VIII.12)}$$

где Q — количество передаваемого тепла (полного), *ккал/ч*;
L — количество воздуха, проходящее через камеру орошения, *кг/ч*;
W — количество распыляемой воды, *кг/ч*;
I_1 и I_2 — начальное и конечное теплосодержание воздуха, *ккал/кг*;
$t_{в.н}$ и $t_{в.к}$ —начальная и конечная температуры воды, °С.

Из выражения (VIII.12) следует, что

$$\mu = \frac{W}{L} = \frac{I_1 - I_2}{t_{в.к} - t_{в.и}}, \qquad \text{(VIII.13)}$$

где μ — коэффициент орошения, *кг/кг*.

Формулу (VIII.13) можно представить в следующем виде:

$$\mu = \frac{m_1 t_{м1} - m_2 t_{м2}}{t_{в.к} - t_{в.и}}, \qquad \text{(VIII.14)}$$

где $t_{м1}$ и $t_{м2}$ — температуры по мокрому термометру, °С, соответствующие значениям теплосодержаний;
m_1 и m_2 — коэффициенты пропорциональности, зависящие от значений $t_м$ и барометрического давления $p_б$ (табл. VIII.3).

Расчет камер орошения производится с использованием экспериментальных безразмерных показателей, характеризующих отношение реальных процессов теплообмена к идеальным. Эти показатели называются коэффициентами эффективности.

Выражения для коэффициентов эффективности теплообмена применяются различными в зависимости от метода теплотехнического расчета.

---

* Для Кт-30 и Кт-10.
** Для Кт-200 и Кт-250.

Метод Промстройпроекта разработан Б. В. Баркаловым на основании ряда экспериментальных исследований, получил широкое распространение в проектной практике и приведен во многих книгах по кондиционированию воздуха.

Расчет по методу Е. Е. Карписа приведен ниже. Этот метод базируется на экспериментальных исследованиях типовых камер в НИИсантехники. Здесь принято, что при идеальном процессе конечная температура воздуха по мокрому термометру $t_{м2}$ равна конечной температуре воды $t_{в.к} = t_т$ (лист VIII.4, рис. 3). При этом применяются следующие безразмерные коэффициенты эффективности полного теплообмена при процессах:

Таблица VIII.3. **Коэффициенты пропорциональности m**

$p_б$, мм рт. ст.	Значение m при $t_м$, °С					
	5	10	15	20	25	28
760	0,89	0,698	0,67	0,685	0,73	0,764
745	0,90	0,71	0,678	0,692	0,735	0,77
730	0,83	0,718	0,693	0,708	0,75	0,782
715	0,94	0,73	0,70	0,71	0,756	0,79

политропических

$$E = 1 - \frac{t_{м2} - t_{в.к}}{t_{м1} - t_{в.н}}, \qquad \text{(VIII.15)}$$

изоэнтальпических

$$E_A = 1 - \frac{t_{с2} - t_{м1}}{t_{с1} - t_{м1}} = \frac{t_{с1} - t_{с2}}{t_{с1} - t_{м1}}. \qquad \text{(VIII.16)}$$

Одновременно с этим используется так называемый универсальный, пригодный для любых процессов, коэффициент эффективности

$$E' = 1 - \frac{t_{с2} - t_{м2}}{t_{с1} - t_{м1}}. \qquad \text{(VIII.17)}$$

Для изоэнтальпических процессов $E' \approx E_A$.

Уравнения для коэффициентов эффективности в зависимости от массовой скорости $v\gamma$ и коэффициентов орошения установлены следующие:

$$E = A\,(v\gamma)^r\,\mu^l; \qquad \text{(VIII.18)}$$

$$E' = A_1\,(v\gamma)^{r_1}\,\mu^{l_1}; \qquad \text{(VIII.19)}$$

$$E_A = A_2\,(v\gamma)^{r_2}\,\mu^{l_2}. \qquad \text{(VIII.20)}$$

Коэффициенты и показатели степени в формулах (VIII.18) — (VIII.20) зависят от числа рядов форсунок z, диаметра форсунок $d_ф$, плотности их расположения и характера процесса обработки воздуха.

Массовая скорость воздуха определяется по формуле

$$v\gamma = \frac{L}{3600F_к}. \qquad \text{(VIII.21)}$$

Для типовых камер значения E, E_A и E' приведены в табл. VIII.4.

При расчете типовых камер заданной производительности по воздуху применяют совместное решение уравнений по формулам (VIII.15) — (VIII.17), (VIII.18) — (VIII.20) и (VIII.12) — (VIII.14). При этом используют значения величин из табл. VIII.4.

Необходимая производительность форсунки в *кг/ч* при известном количестве их n и расчетном количестве воды W

$$q_ф = \frac{W}{n}. \qquad \text{(VIII.22)}$$

Таблица VIII.4. **Коэффициенты эффективности теплообмена для типовых двух- и трехрядных камер орошения при $v\gamma \geqslant 3$ кг/м²·с и $n = 18 \div 24$ шт/м²·ряд**

Процессы обработки воздуха	Коэффициенты эффективности теплообмена	Диаметр отверстия форсунки $d_ф$, мм	Значения E, E_A и E' при величине коэффициента орошения μ, кг/кг										
			0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8 и более
Изоэнтальпическое увлажнение	$E_A = E'$	3,5	0,82	0,86	0,89	0,91	0,935	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
		> 3,5 до 5	0,75	0,77	0,79	0,82	0,84	0,85	0,865	0,89	0,89	0,9	0,92
Одновременное охлаждение и осушение, охлаждение без изменения влагосодержания, одновременное охлаждение и увлажнение с понижением энтальпии	E	3,5	0,78	0,81	0,84	0,87	0,9	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	E'		0,79	0,82	0,86	0,89	0,92	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	E	> 3,5 до 5	0,68	0,7	0,72	0,74	0,76	0,77	0,79	0,81	0,82	0 83	0,84
	E'		0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,9
Одновременное охлаждение и увлажнение с повышением энтальпии, изотермическое увлажнение, одновременный подогрев и увлажнение	E	3,5	0,81	0,82	0,84	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	E'		0,86	0,87	0,89	0,9	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	E	> 3,5 до 5	0,8	0,82	0,83	0,84	0,85	0,85	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88
	E'		0,78	0,79	0,81	0.82	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89
Охлаждение и осушение в двух двухрядных камерах, соединенных между собой по противоточной схеме	E	> 3,5 до 5	0,87	0,91	0,94	0,97	1,01	1,04	1,07	1,08	1,12	1,14	1,17
	E'		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Примечания. 1. При $v\gamma < 2$ кг/м²·с к величинам коэффициентов эффективности принимаются следующие поправочные множители:

$v\gamma$ кг/м²·с	2	2,2	2,4	2,6	2,8
$k_{попр}$	0,925	0,93	0,94	0,95	0,955

2. Для изоэнтальпического увлажнения при $d_ф$=3,5 мм в зависимости от величины коэффициента орошения принимаются следующие значения $E_A = E'$:

μ кг/кг	0,5	0,6	0,7
$E_A = E'$	0,71	0,76	0,8

Расход воды, поступающей извне W_x (например, из холодильной станции), при процессах охлаждения составляет

$$W_x = \frac{Q}{t_{в.к} - t_x}. \qquad \text{(VIII.23)}$$

Последовательность расчета камер орошения при различных исходных данных приведена в табл. VIII.5.

Таблица VIII.5. **Схемы расчета камер орошения при политропических процессах с охлаждением и осушением воздуха**

Исходные данные	Искомая величина	Формула	Лист, рисунок	Таблица
Схема 1				
Барометрическое давление $p_{бар}$; начальное состояние воздуха: $t_{с1}$, I_1, $t_{м1}$; конечное состояние воздуха: $t_{с2}$, I_2, $t_{м2}$; количество воздуха L, в *кг/ч*, температура воды, подаваемой из холодильной станции, t_x; конструктивные показатели: z, n, $d_ф$	Q	(VIII.12)	—	—
	$F_к$	—	VIII.4, рис. 1	VIII.2
	$v\gamma$	(VIII.21)		—
	E'	(VIII.17)	—	—
	E, μ	—	—	VIII.4
	$t_{в.к}$	(VIII.13) и	—	—
	и $t_{в.н}$	(VIII.15)	—	—
	W	(VIII.13)	—	—
	$q_ф$	(VIII.22)	XVIII.4, рис. 2	—
	$p_ф$	—		—
	W_x	(VIII.23)	—	
Схема 2				
Барометрическое давление $p_{бар}$; начальное состояние воздуха: $t_{с1}$, I_1, $t_{м1}$; конструктивные показатели камеры орошения; давление перед форсунками $p_ф$, $t_{в.н}$, количество воздуха L в *кг/ч*	$v\gamma$	(VIII.21)	—	—
	$q_ф$	—	VIII.4, рис. 2	
	W	(VIII.22)		—
	μ	(VIII.13)	—	—
	E	—	—	VIII.4
	E'	—	—	VIII.4
	$t_{м2}$ и $t_{в.к}$	(VIII.15) и (VIII.14)	—	VIII.3
	I_2	—	По диаграмме I—d	—
	$t_{с2}$		—	
	φ_2	VIII.17	По диаграмме I—d	—
	d_2	—		—
		—		—

Пример VIII.1. Рассчитать камеру орошения типового центрального кондиционера Кт-40 по методу Е. Е. Карписа. Исходные данные: $L = 42\,000$ *кг/ч*, $p_{бар} = 760$ *мм рт. ст.*, начальные и конечные параметры воздуха: $t_{с1} = 32°$ С, $t_{м1} = 21{,}5°$ С, $I_1 = 14{,}95$ *ккал/кг*, $\varphi_1 = 40\%$, $d_1 = 11{,}92$ *г/кг*, $t_{с2} = 16°$ С, $t_{м2} = 15°$ С, $I_2 = 10$ *ккал/кг*, $\varphi_2 = 90\%$, $d_2 = 10{,}22$ *г/кг*. Температура воды, подаваемой из холодильной станции, $t_x = 7°$ С.

Определить необходимую величину коэффициента орошения μ, начальную $t_{в.н}$ и конечную $t_{в.к}$ температуры распыляемой воды, а также количество охлажденной и рециркуляционной воды W_x и $W_р$.

Руководствуясь схемой 1, приведенной в табл. VIII.5, производим расчет:
по формуле (VIII.12)

$$Q = 42\,000\,(14{,}95 - 10) = 208\,000\ ккал/ч;$$

по табл. VIII.2

$F_к = 4{,}17\ м^2$, $z = 2$; $n = 192$ шт. (при плотности 24 $шт/м^2 \cdot ряд$);

по формуле (VIII.21)

$$v\gamma = \frac{42\,000}{3600 \cdot 4{,}17} = 2{,}8\ кг/м^2 \cdot с;$$

по формуле (VIII.17)

$$E' = 1 - \frac{16 - 15}{32 - 21{,}5} = 0{,}905.$$

По табл. VIII.4 с учетом поправочного множителя $k_{попр} = 0{,}955$ табличное значение $E'_{табл} = \frac{0{,}905}{0{,}955} = 0{,}95$. При $d_ф = 3{,}5\ мм$ соответствующее значение $E_{табл} = 0{,}92$ и $\mu = 1{,}3$.

Тогда $$E = 0{,}92 \cdot 0{,}955 = 0{,}88.$$

Из формулы (VIII.13)

$$t_{в.к} = t_{в.н} + \frac{I_1 - I_2}{\mu} = t_{в.н} + \frac{14{,}95 - 10}{1{,}3} = t_{в.н} + 3{,}81.$$

Подставляя в формулу (VIII.15) значение $E = 0{,}88$ и выражение, полученное для $t_{в.к}$, находим

$$t_{в.н} = t_{м1} - \frac{t_{м2} - t_{в.к}}{1 - E} = 21{,}5 - \frac{15 - t_{в.н} - 3{,}81}{1 - 0{,}88}.$$

Отсюда

$$t_{в.н} = 9{,}8°\ С \text{ и } t_{в.к} = 9{,}8 + 3{,}81 = 13{,}61°\ С.$$

Из формулы (VIII.13)

$$W = 1{,}3 \cdot 42\,000 = 54\,600\ кг/ч;$$

по формуле (VIII.22)

$$q_ф = \frac{54\,600}{192} = 285\ кг/ч;$$

по графику (лист VIII.4, рис. 2) при $d_ф = 3{,}5\ мм$, $q_ф = 285$, $p_ф = 2{,}1\ кгс/см^2$;
по формуле (VIII.23)

$$W_х = \frac{208\,000}{13{,}61 - 7} \approx 31\,400\ кг/ч.$$

Количество рециркуляционной воды

$$W_р = 54\,600 - 31\,400 \approx 23\,200\ кг/ч.$$

Пример VIII.2. Определить параметры воздуха $t_{с2}$, φ_2, I_2, d_2 и конечную температуру воды $t_{в.к}$ после камеры орошения Кт-40 с форсунками $d_ф = 5\ мм$ в количестве $n = 144$ шт. (плотность 18 $шт/м^2 \cdot ряд$) при $p_ф = 1{,}5\ кгс/см^2$. Начальная температура распыляемой воды $t_{в.н} = 10{,}5°$ С. Количество воздуха $L = 46\,000\ кг/ч$. Начальные параметры воздуха: $p_б = 760\ мм\ рт.\ ст$; $t_{с1} = 32°$ С; $I_1 = 14{,}95\ ккал/кг$, $\varphi_1 = 40\%$, $d_1 = 11{,}92\ г/кг$, $t_{м1} = 21{,}5°$ С.

Руководствуясь схемой расчета 2 (табл. VIII.5), определим значения необходимых величин:

по формуле (VIII.21)

$$v\gamma = \frac{46\,000}{3600 \cdot 4{,}17} = 3{,}07 \ кг/м^2 \cdot с;$$

по графику (см. лист VIII.4, рис. 2)

$$q_ф = 400 \ кг/ч;$$

из формулы (VIII.22)

$$W = 400 \cdot 144 = 57\,600 \ кг/ч;$$

по формуле (VIII.13)

$$\mu = \frac{57\,600}{46\,000} = 1{,}25 \ кг/кг;$$

по табл. VIII.4

$$E = 0{,}765; \quad E' = 0{,}82;$$

из формулы (VIII.15)

$$t_{м2} = (1 - E)(t_{м1} - t_{в\,н}) + t_{в.к};$$

из формулы (VIII.14)

$$t_{в.к} = t_{в.н} + \frac{m_1 t_{м1} - m_2 t_{м2}}{\mu}.$$

Учитывая, что перепад температур холодной воды обычно ограничивается 3—5° С, при нахождении коэффициента m (по табл. VIII.3) предварительно принято $t_{в.к} = 13{,}5°$ С. После подстановки известных значений величин получим:

$$t_{м2} = 2{,}58 + t_{в\,к};$$

$$t_{в.к} = 10{,}5 + \frac{0{,}7 \cdot 21{,}5 - 0{,}68\,(2{,}58 + t_{в.к})}{1{,}25}.$$

Отсюда

$$t_{в.к} = 13{,}7° \text{ С}; \quad t_{м2} = 2{,}58 + 13{,}7 = 16{,}26° \text{ С}.$$

По I — d-диаграмме

$$I_2 = 10{,}88 \ ккал/кг.$$

Из формулы (VIII.17)

$$t_{с2} = t_{м2} + (t_{с1} - t_{м1})(1 - E') = 16{,}26 + (32 - 21{,}5)(1 - 0{,}82) = 18{,}2° \text{ С}.$$

По диаграмме

$$\varphi_2 = 83\%; \quad d_2 = 10{,}9 \ г/кг.$$

Количество тепла по формуле (VIII.12)

по воздуху

$$Q = 46\,000\,(14{,}95 - 10{,}88) = 187\,200 \ ккал/ч;$$

по воде

$$Q = 57\,600\,(13{,}7 - 10{,}5) = 184\,300 \ ккал/ч.$$

Расхождение составляет 1,5%.

Аналогично производится расчет, если задано количество отводимого тепла, количество и начальные параметры воздуха, а требуется определить конечные параметры воздуха, температуру и расход холодной воды.

Часовой расход воды в *кг/г*, добавляемой в баки камер орошения при увлажнении воздуха, может быть определен по формуле

$$W_{доб} = L\Delta d, \qquad \text{(VIII.24)}$$

где Δd — разность влагосодержаний воздуха, обрабатываемого в камере, *г/ч*;

L — производительность камеры по воздуху, *кг/ч*.

Максимальные значения Δd при изоэнтальпическом увлажнении наружного воздуха обычно не превышают 7—8 *г/кг* сухого воздуха в зимний период и 9—10 *г/кг* в летний.

Аэродинамический расчет камер орошения выполняется после теплотехнического расчета. При регулировании по оптимальным режимам и, в некоторых случаях, при изоэнтальпической обработке через камеру орошения пропускается только часть воздуха, а остальной проходит по обводному каналу.

Схема рекомендуемого обвода камеры орошения и регулировочная характеристика * представлены на листе VIII.4, рис. 5 и 4.

Указанная схема обеспечивает регулирование по оптимальным режимам при пропуске по обводу от 5 до 50% общего количества воздуха.

Соотношение количества воздуха определяется по зависимости

$$\frac{L_о}{L_к} = A\Gamma, \qquad \text{(VIII.25)}$$

где A — аэродинамический фактор;

Γ — геометрический фактор;

$L_о$ и $L_к$ — количество воздуха, проходящего по обводному каналу и через камеру.

$$A = \left(\frac{\zeta_к}{\zeta_о}\right)^{0,5}; \quad \Gamma = \frac{F_о}{F_к}, \qquad \text{(VIII.26)}$$

где $\zeta_о$ и $\zeta_к$ — коэффициенты сопротивления соответственно обводного канала при полностью открытом клапане и камеры орошения;

$F_о$ и $F_к$ — поперечные сечения соответственно обвода и камеры.

Регулировочная характеристика построена при $A = 5{,}2$; $\Gamma = 0{,}428$.

Расчетные показатели при двух значениях факторов A и Γ приведены в табл. VIII.6

Таблица VIII.6. **Расчетные показатели обвода камер орошения**

Кондиционер	$F_к$, $м^2$	$\zeta_к$	$F_о$, $м^2$	Γ	A	$\frac{L_о}{L_к}$	$L_к$, $м^3/ч \cdot 10^{-3}$	$L_о$, $м^3/ч \cdot 10^{-3}$	Размеры обводного канала (лист VIII.4, рис. 5), *мм*		
									a	*b*	*h*
Кт-30	3,34	28,9	1,67	0,504	4 5 6	2,01 2,52 3,02	10 8,5 7,5	20 21,5 22,5	1003	1655	1800
Кт-40	4,17	28	1,67	0,404	4 5 6	1,62 2,02 2,42	15,3 13,2 11,7	24,7 26,8 28,3	1003	1655	1800
Кт-60	6,81	30	3,4	0,5	4 5 6	2 2,5 3	20 17,1 15	40 42,9 45	1003	3405	1800
Кт-80	8,52	29,5	3,4	0,4	4 5 6	1,6 2 2,4	30,8 26,6 23,5	48,2 53,4 56,5	1003	3405	1800
Кт-120	13,65	30	3,4	0,25	4 5 6	1 1,25 1,5	60 53 48	60 67 72	1003	3405	1800

* И. Р. Щекин, Н. Д. Мирончук. Регулирование расхода воздуха, проходящего по обводному каналу камеры орошения. «Водоснабжение и санитарная техника», 1973, № 4.

Количество воздуха, проходящего по обводному каналу и через камеру орошения,

$$L_о = \frac{L_н}{1 + A\Gamma}, \qquad \text{(VIII.27)}$$

$$L_к = \frac{A\Gamma L_н}{1 + A\Gamma}, \qquad \text{(VIII.28)}$$

где $L_н = L_о + L_к$.

Аэродинамическое сопротивление камер орошения двухрядных кондиционеров Кт в *кгс/м²* определяется по формуле

$$H_к = \zeta_к \frac{v_к^2 \gamma}{2g}, \qquad \text{(VIII.29)}$$

где $v_к$ — скорость воздуха в поперечном сечении камеры, *м/с*;
$\zeta_к$ — коэффициент местного сопротивления оросительной камеры (по данным табл. VIII.6);
γ — объемная масса воздуха, *кг/м³*;
g — ускорение свободного падения, *м/с²*.

Воздухоохладители поверхностные

Кроме камер орошения, в центральных кондиционерах для целей охлаждения и одновременного охлаждения и осушения воздуха применяются воздухоохладители поверхностные, питаемые холодной водой.

Выпускаемые промышленностью воздухоохладители поверхностные неорошаемые комплектуются из базовых стальных теплообменников двух типоразмеров по высоте: одно- метровых и полуторараметровых. Ширина всех теплообменников 1655 *мм*. Наружный диаметр трубок теплоотдающей поверхности 22 × 4, внутренний — 18 *мм*. Оребрение в настоящее время производится из спирально-навитой, гофрированной стальной ленты толщиной 0,5 *мм* (с оцинковкой), высотой 10 и шагом 4 *мм*. Расположение труб коридорное в один, два и три ряда по глубине. Для воздухоохладителей применяются теплообменники с двумя и тремя рядами трубок по ходу воздуха. Теплообменники многоходовые с последовательным соединением горизонтальных пучков труб по высоте теплообменника. Техническая характеристика теплообменников приведена в табл. VIII.7.

Соединение теплообменников между собой по холодоносителю выполняется параллельно, последовательно или последовательно-параллельно в зависимости от расхода холодоносителя и принятой скорости его в трубках. По отношению к воздуху движение холодоносителя противоточное или перекрестное. Давление воды в теплообменниках не более 8 *кгс/см²*.

Воздухоохладители комплектуются каплеуловителями шестиповоротными. Выпавший конденсат собирается в бак с двумя патрубками: верхний $d_у = 65$ *мм* для перелива, нижний $d_у = 80$ *мм* для слива воды из бака.

Компоновка воздухоохладителей представлена на листе VIII.5, техническая характеристика приведена в табл. VIII.8.

Заштрихованные на плане теплообменники не устанавливаются для 4, 5 и 6-рядных воздухоохладителей. Для кондиционеров Кт-120 и Кт-200 по высоте устанавливаются три теплообменника.

Основными достоинствами поверхностных воздухоохладителей является возможность сухого охлаждения воздуха до любой температуры выше точки росы в зависимости от температуры холодоносителя; упрощение системы холодоснабжения, выполняемой по закрытой схеме, возможность применения холодоносителя с температурой замерзания ниже 0° С; возможность использования в холодный период года секций воздухоохладителей в качестве воздухонагревателей.

Расчет процесса охлаждения и осушения воздуха в оребренном поверхностном воздухоохладителе, построенного на *I — d*-диаграмме, представлен на листе VIII.6, рис. 1. Начальное состояние воздуха определяется точкой *1*, конечное — точкой *2*. Продолжение прямой *1—2* до пересечения с кривой $\varphi = 100\%$ дает точку *3*. Температура в точке *3* равна средней суммарной интегральной температуре наружной поверхности $t_з = t_{пов}$. Прямая *1—3* характеризует процесс, отнесенный к этой температуре. Дифференцированно процесс *1—3* представлен прямыми *1—4* и *1—5*, характеризующими изменение состояния воздуха при контакте его

Таблица VIII.7. **Техническая характеристика теплообменников для кондиционеров Кт**

Теплообменник	Количество труб				Число ходов	Поверхность, $м^2$	Усредненное живое сечение трубок одного хода, $м^2$
	по глубине	по высоте	всего	в ходе			
Однометровый	1	23	23	5—6	4	27,8	0,00146
	2		46	10—12		54,5	0,00292
	3		69	15—18		81,4	0,00438
Полутораметровый	1	35	35	5—6	6	41,8	0,00148
	2		70	10—12		82,8	0,00296
	3		105	15—18		123,8	0,00444

Примечания. 1. Последовательное соединение пучков труб выполнено по высоте теплообменников.
2. Диаметры штуцеров для подвода и отвода теплоносителя или холодоносителя $d_{усл} = 40$ *мм*.

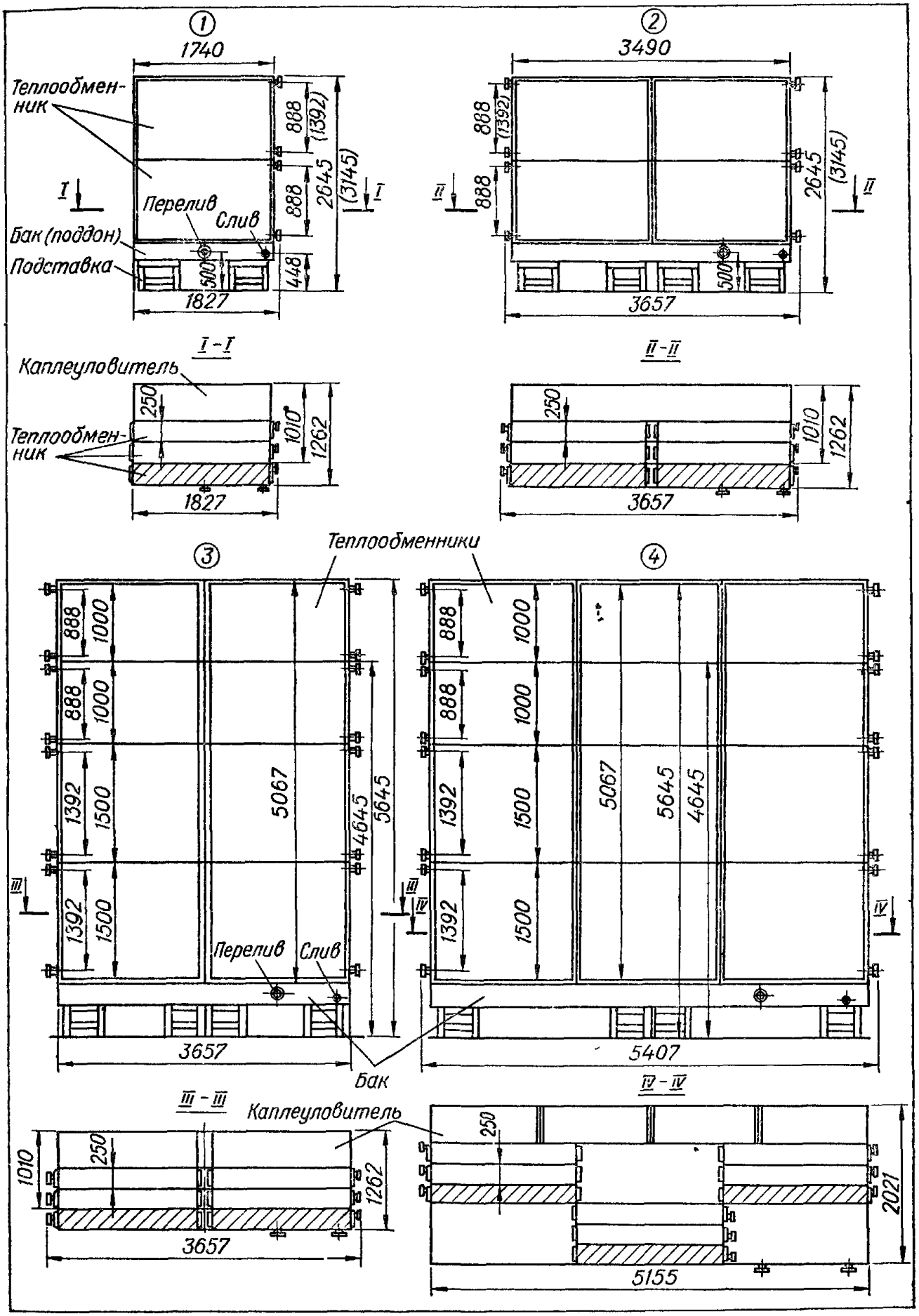
Таблица VIII.8. **Техническая характеристика воздухоохладителей поверхностных для кондиционеров Кт (лист VIII.5)**

Кондиционер	Количество рядов	Количество теплообменников				Поверхность, воспринимающая тепло, $м^2$	Площадь живого сечения для прохода воздуха, $м^2$	Масса, *кг*
		однометровых		полутораметровых				
		2-рядных	3-рядных	2-рядных	3-рядных			
Кт-30	4	4	—	—	—	217,8	1,44	1480
	5	2	2	—	—	271,7		1660
	6	—	4	—	—	325,6		1825
	7	4	2	—	—	380,6		2160
	8	2	4	—	—	434,5		2330
	9	—	6	—	—	488,4		2495

Кт-40	4	2	—	2	—	274,5		1695
	5	1	1	1	1	342,5		1925
	6	—	2	—	2	410,4		2290
	7	2	1	2	1	479,7	1,83	2530
	8	1	2	1	2	547,7		2765
	9	—	3	—	3	615,7		2975
Кт-60	4	8	—	—	—	439,1		3020
	5	4	4	—	—	546,1		3430
	6	—	8	—	—	654,7	2,88	3795
	7	8	4	—	—	766,5		4200
	8	4	8	—	—	874,3		4760
	9	—	12	—	—	982,1		5730
Кт-80	4	4	—	4	—	553,4		3730
	5	2	2	2	2	689,4		4195
	6	—	4	—	4	825,3	3,66	4640
	7	4	2	4	2	966		5420
	8	2	4	2	4	1102		5830
	9	—	6	—	6	1237,9		6335
Кт-120	4	4	—	8	—	887,3		5820
	5	2	2	4	4	1105,3		6525
	6	—	4	—	8	1323,2	5,76	7275
	7	4	2	8	4	1548,9		8435
	8	2	4	4	8	1766,8		9165
	9	—	6	—	12	1984,9		9796

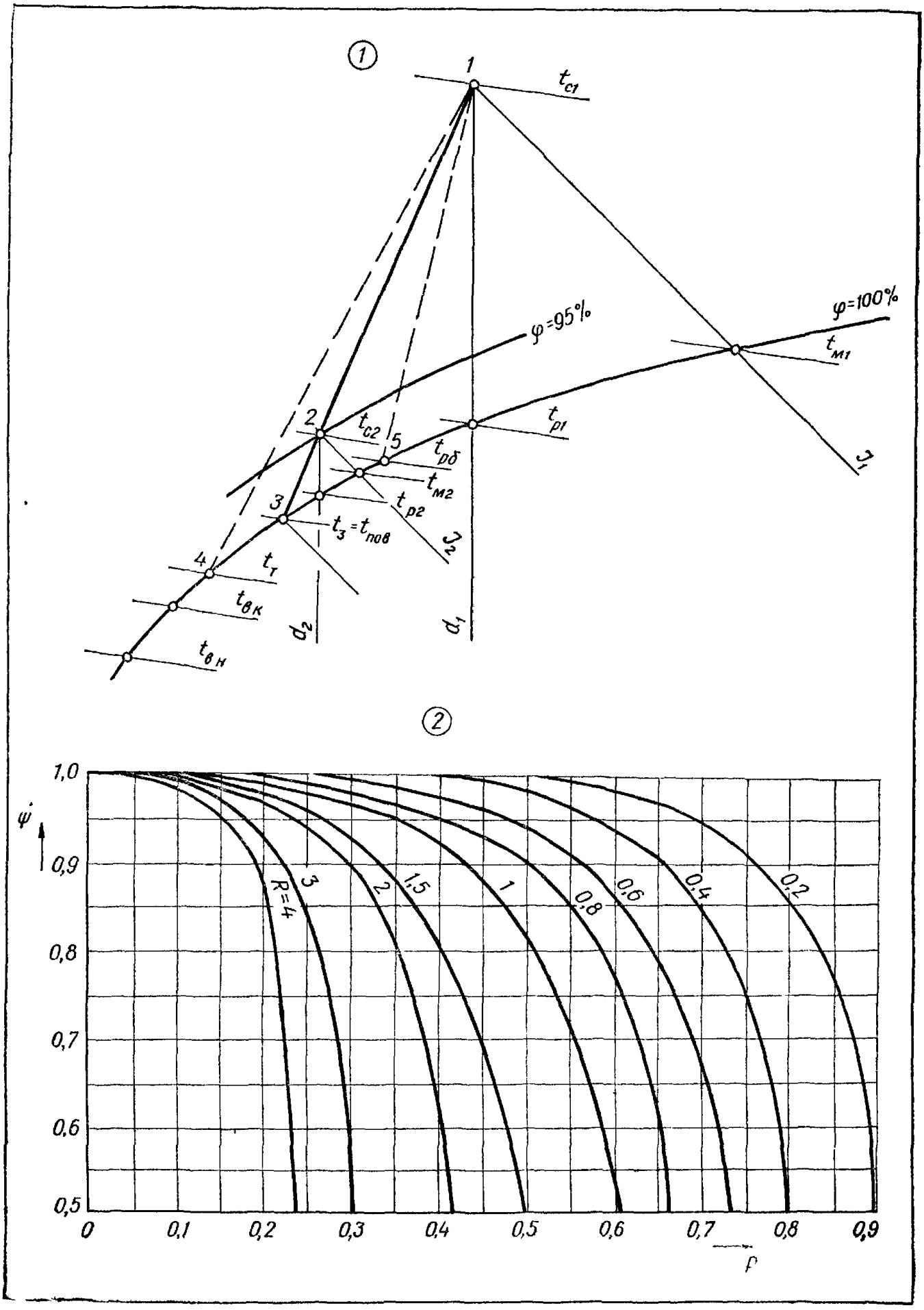
Продолжение табл. VIII 8

Кондиционер	Количество рядов труб	Количество теплообмениников				Поверхность воспринимающая тепло $м^2$	Площадь живого сечения для прохода воздуха, $м^2$	Масса $кг$
		однометровых		полутораметровых				
		2 рядных	3 рядных	2 рядных	3 рядных			
Кт-160	4	8	—	8	—	1106,8	7,24	7155
	5	4	4	4	4	1378,7		8075
	6	—	8	—	8	1650,6		9095
	7	8	4	8	4	1932,2		9965
	8	4	8	4	8	2204,0		11 360
	9	—	12	—	12	2475,9		12 285
Кт-200	4	6	—	12	—	1334,5	9,25	9060
	5	3	3	6	6	1661,4		10 186
	6	—	6	—	12	1988,4		11 295
	7	6	3	12	6	2328,7		13 109
	8	3	6	6	12	2655,6		14 220
	9	—	9	—	18	2982,6		15 330
Кт-250	4	12	—	12	—	1664,7	10,86	10 110
	5	6	6	6	6	2072,5		11 295
	6	—	12	—	12	2480,3		13 020
	7	12	6	12	6	2904,8		14 857
	8	6	12	6	12	3312,6		16 910
	9	—	18	—	18	3720,4		18 330



Лист VIII.5. Компоновка поверхностных воздухоохладителей для кондиционеров:

1 — Кт-30 и Кт-40 (размеры в скобках для Кт-40); *2* — Кт-60 и Кт-80 (размеры в скобках для Кт-80); *3* — Кт-120 и Кт-160; *4* — Кт-200 и Кт-250.



Лист VIII.6. К расчету поверхностных воздухоохладителей:

1 — процесс охлаждения воздуха в ребристом воздухоохладителе на *I — d* диаграмме; *2* — зависимость коэффициента ψ от параметров *P* и *R*.

с трубой при $t_т$ (у основания ребра) и ребром при $t_{рб}$ (средняя температура ребра). Соответствующее изменение условий теплоперехода от воздуха со средней температурой t_0 к поверхности ребер по сравнению с теплопереходом к гладкой трубе учитывается коэффициентом эффективности ребра

$$\vartheta_р = \frac{t_0 - t_{рб}}{t_0 - t_т}. \qquad \text{(VIII.30)}$$

Коэффициент эффективности ребристой поверхности зависит от коэффициента эффективности ребра и коэффициента оребрения $k_{ор}$ и определяется по формуле

$$\vartheta_{р.п} = \vartheta_р + \frac{1 - \vartheta_р}{k_{ор}}. \qquad \text{(VIII.31)}$$

Применяются оптимальные ребристые поверхности с коэффициентом эффективности ребер $\vartheta_р \leqslant 0{,}85$. Поэтому при коэффициенте оребрения $k_{ор} = \frac{F}{F_{вн}} \geqslant 10$ можно принимать $\vartheta_{р.п} = \vartheta_р$.

Коэффициент оребрения базовых теплообменников кондиционеров Кт $k_{ор} = 12{,}6$.

Расчеты поверхностных воздухоохладителей базируются на следующих основных формулах:

$$Q = L(I_1 - I_2) = L \cdot c'_р \xi (t_{с1} - t_{с2}); \qquad \text{(VIII.32)}$$

$$Q = W c_в (t_{в.к} - t_{в.н}); \qquad \text{(VIII.33)}$$

$$Q = k_п F \Delta t_{ср.л} \psi; \qquad \text{(VIII.34)}$$

$$k_п = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_н \xi \vartheta_{р.п}} + \frac{k_{ор}}{\alpha_{в.н}}}; \qquad \text{(VIII.35)}$$

$$\xi = \frac{I_1 - I_2}{c'_р (t_{с1} - t_{с2})}. \qquad \text{(VIII.36)}$$

Здесь Q — количество тепла, отводимое от воздуха, *ккал/ч*;

L — масса охлаждаемого воздуха, *кг/ч*;

I_1 и I_2 — соответственно начальное и конечное теплосодержание воздуха, *ккал/кг* сухого воздуха;

W — масса холодоносителя, проходящего через теплообменники, *кг/ч*;

$c'_р$ — удельная теплоемкость сухого воздуха, *ккал/кг* · °С;

$c_в$ — удельная теплоемкость холодоносителя, *ккал/кг* · °С;

$t_{в.н}$ и $t_{в.к}$ — соответственно начальная и конечная температуры холодоносителя, °С;

F — поверхность воздухоохладителя, $м^2$;

$F_{в.н}$ — внутренняя поверхность трубок воздухоохладителя, $м^2$;

ξ — коэффициент увеличения теплообмена за счет массообмена;

$k_п$ — коэффициент теплопередачи (полный) от воздуха к холодоносителю для оребренных теплообменников, *ккал/м²* · °С;

$\alpha_н$ — коэффициент теплообмена между воздухом и наружной поверхностью, *ккал/м²* · *ч* · °С;

$\alpha_{в.н}$ — коэффициент теплообмена между внутренней поверхностью стенки трубы и холодоносителем, *ккал/м²* · *ч*·°С;

$\Delta t_{ср.л}$ — среднелогарифмическая разность температур между воздухом и холодоносителем, °С;

$$\Delta t_{ср.л} = \frac{\Delta t_б - \Delta t_м}{2{,}3 \lg \frac{\Delta t_б}{\Delta t_м}}; \qquad \text{(VIII.37)}$$

$\Delta t_б$ и $\Delta t_м$ — большая и меньшая разность температур воздуха и холодоносителя, °С.

При противотоке

$$\Delta t_б = t_{с1} - t_{в.к};$$

$$\Delta t_м = t_{с2} - t_{в.н}.$$

В тех случаях, когда $\frac{\Delta t_б}{\Delta t_м} \leqslant 1{,}7$, температурный напор определяется как среднеарифметическая разность температур

$$\Delta t = 0{,}5\,(\Delta t_б + \Delta t_м). \qquad \text{(VIII.38)}$$

При перекрестном токе воздуха и воды вводится поправочный коэффициент ψ, значение которого определяется по графику* на листе VIII.6, рис. 2, как функция вспомогательных параметров

$$P = \frac{t_{с1} - t_{с2}}{t_{с1} - t_{в.н}} \quad \text{и} \quad R = \frac{t_{в.к} - t_{в.н}}{t_{с1} - t_{с2}}.$$

В случае разработки новых конструкций воздухоохладителей при определении коэффициента теплопередачи по формуле (VIII.35) следует пользоваться известными зависимостями для $\alpha_н$ и $\alpha_{вн}$ и $э_{р.п}$ **. Там же приведены данные для расчета воздухоохладителей с непосредственным испарением хладагента.

Расчет типовых воздухоохладителей заводского изготовления производится с использованием экспериментальных данных.

Для типовых поверхностных воздухоохладителей, изготовляемых из стальных трубок со стальным спирально навитым оребрением, при питании их холодоносителем, коэффициенты теплопередачи $k_я$ и $k_п$ определяются по зависимостям, полученным Е. Е. Карписом.

При охлаждении воздуха без изменения влагосодержания и числе рядов труб $z = 4$

$$k_я = k_п = 8{,}36\,(v\gamma)^{0{,}44} w^{0{,}18}; \qquad \text{(VIII.39)}$$

при числе рядов труб $z = 8$

$$k_я = k_п = 8{,}4\,(v\gamma)^{0{,}57} w^{0{,}13}. \qquad \text{(VIII.40)}$$

При охлаждении и осушении воздуха и числе рядов $z = 4$

$$k_п = 8{,}82\,(v\gamma)^{0{,}29} w^{0{,}22} \overline{T}^{0-0{,}6}; \qquad \text{(VIII.41)}$$

при числе рядов труб $z = 8$

$$k_п = 12{,}8\,(v\gamma)^{0{,}35} w^{0{,}25} \overline{T}^{0-0{,}38}, \qquad \text{(VIII.42)}$$

где $v\gamma$ — массовая скорость воздуха в живом сечении воздухоохладителя, $кг/м^2 \cdot с$;

$\overline{T}_0 = \frac{t_{с1} - t_{м1}}{t_{с1} - t_{в.н}}$ — температурный параметр, учитывающий влияние начальных температур воздуха и воды.

Массовая скорость воздуха, $кг/м^2 \cdot с$, определяется по формуле

$$v\gamma = \frac{L}{f_ж \cdot 3600}, \qquad \text{(VIII.43)}$$

где $f_ж$ — живое сечение воздухоохладителя для прохода воздуха, $м^2$ (принимается по табл. VIII.8);

L — расход обрабатываемого воздуха, $кг/ч$;

Скорость воды в трубках воздухоохладителя

$$w = \frac{W}{f_{тр} \cdot 3600 \cdot 10^3}, \qquad \text{(VIII.44)}$$

---

* С. С. Кутателидзе, В. М. Боришанский. Справочник по теплопередаче. М.—Л., Госстройиздат, 1950.

** Б. В. Баркалов, Е. Е. Карпис. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. М., Госстройиздат, 1971.

где W — расход воды, *кг/ч* (определяется по формуле VIII.33);

$f_{тр}$ — живое сечение трубок воздухоохладителя, $м^2$ (определяется по табл. VIII.7 с учетом принятой схемы соединения теплообменников).

Зависимости (VIII.39) — (VIII.42) применимы в пределах $w = 0{,}385 \div 1{,}15$; $v\gamma = 3 \div 8$; $\overline{T}_0 = 0{,}3 \div 0{,}6$.

Скорость воды в трубках назначается с учетом располагаемого давления.

При расчете поверхностных воздухоохладителей может потребоваться решение прямой или обратной задачи.

Прямая задача состоит в определении необходимой поверхности типовых воздухоохладителей при известных параметрах и расходе воздуха. Параметры воздуха находят в результате построения процесса охлаждения или охлаждения и осушения воздуха на I — d-диаграмме (см. лист VIII.6, рис. 1). Максимальная температура холодоносителя (по рекомендации Е. Е. Карписа) принимается в следующих пределах: при противоточно-перекрестной схеме $t_{в.к} = t_{р2} - (0{,}7 \div 1{,}5)$; при перекрестной схеме $t_{в.к} = t_{р2} - (2 \div 3)$. Здесь $t_{р2}$ — точка росы конечного состояния воздуха. Перепад температур холодоносителя $t_{в.к} - t_{в.н} = (2 \div 3)$. Расчет производится по приведенным выше формулам.

Пример VIII.3. Рассчитать типовой воздухоохладитель для кондиционера Кт-30 по следующим данным. Количество охлаждаемого воздуха $L = 30\,000$ *кг/ч*. Начальные параметры воздуха: $p_{бар} = 760$ *мм рт. ст*; $t_{с1} = 32°$ С; $I_1 = 14{,}95$ *ккал/кг*; $d_1 = 11{,}92$ *г/кг*; $\varphi_1 = 40\%$; $t_{р1} = 16{,}7°$ С; $t_{м1} = 21{,}5°$ С (см. лист. VIII.6, рис. 1).

Конечные параметры воздуха: $t_{с2} = 14{,}0°$ С; $I_2 = 9{,}06$ *ккал/кг*; $d_2 = 9{,}48$ *г/кг*; $\varphi_2 = 95\%$; $t_{р2} = 13{,}2°$ С; $t_{м2} = 13{,}5°$ С. Холодоноситель — вода.

Количество тепла, отводимого от воздуха в воздухоохладителе, по формуле (VIII.32)

$$Q = 30\,000\,(14{,}95 - 9{,}06) = 176\,700 \text{ ккал/ч}.$$

Площадь живого сечения воздухоохладителя по ходу воздуха при двух базовых однометровых теплообменниках по высоте (см. табл. VIII.8) $f_ж = 1{,}44$ $м^2$. Массовая скорость воздуха

$$v\gamma = \frac{30\,000}{3600 \cdot 1{,}44} = 5{,}8 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{с}.$$

Расход воды согласно уравнению (VIII.33) при перепаде температур воды 3° С

$$W = \frac{176\,700}{3 \cdot 1} = 58\,900 \text{ кг/ч}.$$

Предварительно принят воздухоохладитель из шести трехрядных однометровых теплообменников. По ходу воздуха устанавливается последовательно три теплообменника. Обвязка теплообменников выполняется с последовательным движением холодоносителя в двух теплообменниках, расположенных по высоте. В этом случае скорость воды в трубках одного усредненного хода с живым сечением 0,00438 $м^2$ (табл. VIII.7)

$$w = \frac{58\,900}{3600 \cdot 0{,}0438 \cdot 3 \cdot 10^3} = 1{,}24 \text{ м/с}.$$

При перекрестном движении воздуха и воды

$$t_{в.к} = t_{р2} - 2{,}5 = 13{,}2 - 2{,}5 = 10{,}7° \text{ С}.$$

Начальная температура воды при принятом перепаде составит

$$t_{в.н} = 10{,}7 - 3 = 7{,}7° \text{ С}.$$

Величина температурного критерия

$$\overline{T}_0 = \frac{t_{с1} - t_{м1}}{t_{с1} - t_{в.н}} = \frac{32 - 21{,}5}{32 - 7{,}7} = 0{,}43.$$

Таблица VIII.9. **Зависимость функции Z_0**

M	Значения Z_0				
	0,033	0,1	0,33	0,5	0,6
0,01	0,033	0,1	0,28	0,39	0,45
0,05	0,033	0,1	0,28	0,39	0,44
0,1	0,033	0,1	0,28	0,38	0,44
0,2	0,033	0,1	0,28	0,38	0,43
0,5	0,033	0,1	0,26	0,36	0,41
1	0,033	0,1	0,25	0,34	0,37
2	0,033	0,09	0,23	0,29	0,31
3	0,032	0,08	0,16	0,18	0,2

Коэффициент полной теплопередачи по формуле (VIII.42) *

$$k_{\text{п}} = \frac{12{,}8 \cdot 5{,}8^{0{,}35} \cdot 1{,}15^{0{,}25}}{0{,}43^{0{,}38}} = 34 \ ккал/м^2 \cdot ч \cdot °C.$$

Средняя логарифмическая разность температур по формуле (VIII.37)

$$\Delta t_{\text{ср.л}} = \frac{32 - 10{,}7 - (14 - 7{,}7)}{2{,}3 \lg \frac{21{,}3}{6\ 3}} = 12{,}3° \text{ C}.$$

Вспомогательные параметры для определения поправочного коэффициента на перекрестное движение воды и воздуха

$$P = \frac{32 - 14}{32 - 7{,}7} = 0{,}74; \quad R = \frac{10{,}7 - 7{,}7}{32 - 14} = 0{,}167.$$

По графику на листе VIII.6, рис. 2 коэффициент $\psi = 0{,}93$.

Необходимая поверхность воздухоохладителя согласно выражению (VIII.34)

$$F = \frac{176\,700}{34 \cdot 0{,}93 \cdot 12{,}3} = 456 \ м^2.$$

По табл. VIII.8 наибольшая поверхность девятирядного воздухоохладителя равна 488,4 $м^2$, что больше требуемой по расчету на 7%.

С целью уменьшения расчетной поверхности охлаждения принимаем воду с более низкой температурой:

$$t_{\text{в.н}} = 5° \text{ C} \text{ и } t_{\text{в к}} = 8° \text{ C}.$$

Средняя логарифмическая разность температур

$$\Delta t_{\text{ср.л}} = \frac{32 - 8 - (14 - 5)}{2{,}3 \lg \frac{24}{9}} = 15{,}3° \text{ C}.$$

Вспомогательные параметры для определения поправочного коэффициента на перекрестное движение холодоносителя и воздуха

$$P = \frac{32 - 14}{32 - 5} = 0{,}667; \quad R = \frac{8 - 5}{32 - 14} = 0{,}167.$$

По графику на листе VIII.6, рис. 2 коэффициент $\psi = 0{,}98$.

Величина температурного критерия

$$\bar{T}_0 = \frac{32{,}0 - 21{,}5}{32 - 5} = 0{,}39.$$

* Здесь и в остальных примерах согласно указаниям, приведенным выше, при вычислениях принята максимальная скорость 1,15 *м/с*, а недействительная —1,24 *м/с*.

чения M и N

N, равном						
0,3	1	1,2	1,6	2	3	5
0,56	0,63	0,7	0,8	0,86	0,95	0,99
0,55	0,62	0,69	0,79	0,86	0,94	0,99
0,54	0,61	0,68	0,78	0,85	0,94	0,98
0,53	0,6	0,67	0,77	0,83	0,93	0,98
0,5	0,57	0,63	0,72	0,78	0,89	0,94
0,44	0,51	0,55	0,62	0,68	0,77	0,8
0,36	0,39	0,39	0,46	0,46	0,49	0,5
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Коэффициент теплопередачи

$$k_{\text{п}} = \frac{12{,}8 \cdot 5{,}8^{0{,}35} \cdot 1{,}15^{0{,}25}}{0{,}39^{0{,}38}} = 35{,}5 \ ккал/м^2 \cdot °C.$$

Необходимая поверхность воздухоохладителя согласно выражению (VIII.34)

$$F = \frac{176\,700}{35{,}5 \cdot 0{,}98 \cdot 15{,}3} = 332 \ м^2.$$

По табл. VIII.8 принят воздухоохладитель в 7 рядов из двух трехрядных и четырех двухрядных теплообменников общей поверхностью 380,6 $м^2$.

Таким образом, незначительное понижение начальной температуры воды дало возможность уменьшить число рядов труб по ходу воздуха с 9 до 7.

Обратная задача состоит в определении конечных параметров воздуха и начальной или конечной температуры холодоносителя при заданных размерах воздухоохладителей по следующим уравнениям:

конечная температура воздуха, °С, по сухому термометру

$$t_{c2} = t_{c1} - (t_{c1} - t_{в.н}) Z_0; \qquad \text{(VIII.45)}$$

конечная энтальпия воздуха, *ккал/кг*,

$$I_2 = I_1 - c'_{\text{р}} \xi (t_{c1} - t_{в.н}) Z_0; \qquad \text{(VIII.46)}$$

конечная температура воды

$$t_{в.к} = t_{в.н} + (t_{c1} - t_{в.н}) MZ_0, \qquad \text{(VIII.47)}$$

где $Z_0 = \dfrac{1 - e^{-(1-M)N}}{1 - Me^{-(1-M)N}}$;

$$M = \frac{Lc'_{\text{р}} \xi}{Wc_{\text{в}}}; \quad N = \frac{k_{\text{п}} F}{Lc'_{\text{р}} \xi}.$$

Зависимость функции Z_0 от величин M и N приведена в табл. VIII.9.

Пример VIII.4. Определить конечные параметры воздуха в количестве $L =$ 28 000 *кг/ч*, охлаждаемого в воздухоохладителе шестирядном из четырех трехрядных теплообменников (для Кт-30), поверхностью $F = 325{,}6$ $м^2$, с живым сечением для прохода воздуха $f_{\text{ж}} = 1{,}44$ $м^2$ и средним сечением одного хода трубок $f_{\text{тр}} =$ 0,00438 $м^2$ (см. табл. VIII.7 и VIII.8).

Начальные параметры воздуха: $t_{c1} = 32°C$; $I_1 = 14{,}95$ *ккал/кг*; $d_1 = 11{,}92$ *г/кг*; $= 40\%$; $t_{p1} = 16{,}7°C$; $t_{м1} = 21{,}5°C$.

Холодоноситель — вода в количестве $W = 60\,000$ *кг/ч* с начальной температурой $t_{в.н} = 6°$ С.

Массовая скорость воздуха в живом сечении теплообменника

$$v\gamma = \frac{L}{3600 f_{\text{ж}}} = \frac{28\,000}{3600 \cdot 1{,}44} = 5{,}42 \ кг/м^2 \cdot с.$$

Скорость воды в трубках при параллельном присоединении теплообменников к трубопроводу

$$w = \frac{60\,000}{3600 \cdot 0{,}00438 \cdot 4} = 0{,}95 \text{ м/с}.$$

Значение температурного критерия

$$\bar{T}_0 = \frac{32 - 21{,}5}{32 - 6} = 0{,}405.$$

Коэффициент полной теплопередачи по формуле (VIII.41)

$$k_п = 8{,}82 \cdot 5{,}42^{0{,}29} \cdot 0{,}95^{0{,}22} \cdot 0{,}405^{-0{,}6} = 24{,}4 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{C}.$$

Поправочный коэффициент для перекрестного движения воды и воздуха предварительно с последующей проверкой принимаем $\psi = 0{,}95$.

Значение коэффициента увеличения темплообмена за счет массообмена ориентировочно $\xi = 1{,}3$ с последующей проверкой.

Вспомогательные величины:

$$M = \frac{28\,000 \cdot 0{,}24 \cdot 1{,}3}{60\,000 \cdot 1} = 0{,}146;$$

$$N = \frac{24{,}4 \cdot 325{,}6 \cdot 0{,}95}{28\,000 \cdot 0{,}24 \cdot 1{,}3} = 0{,}87.$$

По табл. VIII.9 находим $Z_0 = 0{,}56$.

Состояние воздуха и температура воды после теплообменников:

по формуле (VIII.45)

$$t_{c2} = 32 - (32 - 6)\,0{,}56 = 17{,}4^\circ\text{C};$$

по формуле (VIII.46)

$$I_2 = 14{,}95 - 0{,}24 \cdot 1{,}3\,(32 - 6)\,0{,}56 = 10{,}41 \text{ ккал/кг};$$

по формуле (VIII.47)

$$t_{в.к} = 6 + (32 - 6)\,0{,}146 \cdot 0{,}56 = 8{,}1^\circ\text{C}.$$

Перепад температур воды $8{,}1 - 6 = 2{,}1^\circ$ С.

Проверка:

$$Q = 28\,000\,(14{,}95 - 10{,}41) = 127\,000 \text{ ккал/ч};$$

$$Q = 60\,000\,(8{,}1 - 6) = 126\,000 \text{ ккал/ч}.$$

Погрешность — менее 1%.

$$\xi = -\frac{14{,}95 - 10{,}41}{0{,}24\,(32 - 17{,}4)} = 1{,}29,$$

что соответствует ранее принятому значению $\xi = 1{,}3$ с допустимой погрешностью Параметры:

$$P = \frac{32 - 17{,}4}{32 - 6} = 0{,}55; \quad R = \frac{8{,}1 - 6}{32 - 17{,}7} = 0{,}146.$$

По графику на листе VIII.6, рис. 2 коэффициент $\psi = 0{,}99$, что больше принятого, т. е. расчет произведен с некоторым запасом.

Гидравлическое сопротивление проходу воды, кгс/м², по формуле Л. Ф. Краснощекова *

$$H = 26{,}85 \frac{n m_{ход}^{0{,}8} W^{1{,}85}}{d_{вн}^4} 10^6, \qquad \text{(VIII.48)}$$

---

* Л. Ф. Краснощеков. Расчет и проектирование воздухонагревательных установок для систем приточной вентиляции. Л., Стройиздат, 1972.

где $m_{ход}$ — количество ходов для прохода теплоносителя в каждом теплообменнике;

$d_{вн}$ — внутренний диаметр присоединительных патрубков элементов, *мм*,

n — количество последовательно соединенных по холодоносителю теплообменников;

W — расход холодоносителя через последовательно соединенные теплообменники, $м^3/ч$.

Типовые секции подогрева

Воздухонагреватели центральных кондиционеров Кт комплектуются из базовых однорядных, двухрядных и трехрядных теплообменников высотой 1 и 1,5 *м* *.

Глубина одного ряда воздухонагревателей для кондиционеров Кт-30 — Кт-160 равна 250 *мм*, для Кт-200 и Кт-250 — 503 *мм*. Различаются воздухонагреватели без обводного канала и с обводным каналом. Техническая характеристика воздухонагревателей приведена в табл. VIII.10, а схемы компоновок из базовых теплообменников на листе VIII.7, рис. 1. Теплообменники каждой вертикальной группы одного ряда воздухонагревателя соединяются между собой по теплоносителю параллельно (схемы № 1—№ 8) или последовательно (схемы № 1а—№ 8а), в зависимости от располагаемых давлений. Вертикальные группы теплообменников одного ряда соединяются между собой параллельно. Ряды теплообменников по ходу воздуха могут соединяться между собой по параллельной, противоточной и прямоточной схемам (лист VIII.7, рис. 2). Для первого подогрева обычно применяется параллельная схема с отдельным регулирующим клапаном для каждого ряда (по ходу воздуха), что обеспечивает более надежную защиту от замораживания без пропуска части воздуха через обводной канал.

Число рядов трубок по ходу воздуха может изменяться от 1 до 6 (при начальных температурах воздуха до — 40° С), что достигается соответствующей компоновкой однорядных, двухрядных и трехрядных теплообменников.

Воздухонагреватели первого подогрева с клапаном в обводном канале предусматриваются в тех случаях, когда невозможно обеспечить регулирование степени подогрева воздуха по теплоносителю без понижения температуры охлажденной воды ниже уровня, при котором включается автоматика против замораживания.

Секции второго подогрева почти во всех случаях принимаются без клапана в обводном канале с регулированием подогрева воздуха по теплоносителю.

Регулирующие клапаны включаются последовательно от одного датчика температуры в соответствии с типовыми схемами автоматики и должны быть защищены от загрязнения установкой фильтра для очистки воды. Устанавливаются регулирующие клапаны только на прямом горизонтальном участке трубопровода при вертикальном положении привода. Перед клапаном и после него предусматриваются прямые участки диаметром, равным условному проходу клапана и длиной не менее пяти диаметров.

Для повышения надежности работы регулирующих клапанов их рекомендуется устанавливать на обратном трубопроводе, при условии, что давление в подающем трубопроводе теплосети не выше 8 $кгс/см^2$. В верхних точках обвязочных трубопроводов предусматривается выпуск воздуха через проточные воздухосборники, в низших — тройники с пробками или пробочными кранами.

Расчет воздухонагревателей при проектировании выполняется по следующим исходным величинам: общее количество нагреваемого воздуха; начальная и конечная температура воздуха; начальная температура воды; высшая и низшая допустимые конечные температуры воды и техническая характеристика теплообменников и воздухонагревателей (табл. VIII.7 и VIII.10).

Высшая допустимая температура воды на выходе из секций первого подогрева должна быть равна +70° С; из секций второго подогрева — в зависимости от схемы узла смешения.

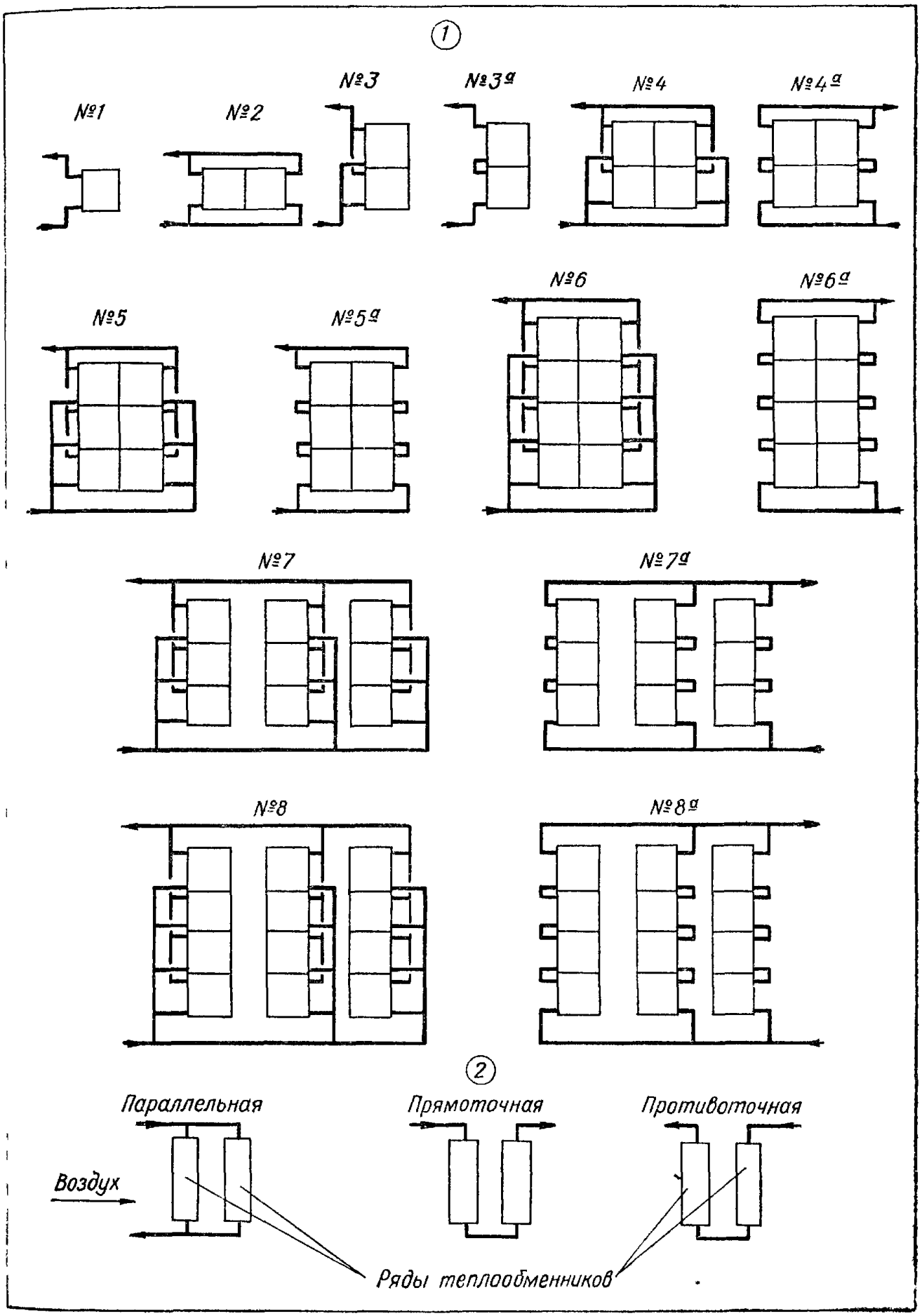
Низшая допустимая температура воды на выходе из секций: первого подогрева +25° С (по условиям предотвращения замораживания); второго подогрева +5° С, но не ниже конечной температуры воздуха.

Воздухонагреватели, как правило, следует принимать без обводного клапана. В тех случаях, когда конечная температура воды при данной поверхности воздухо-

* См. параграф «Воздухоохладители поверхностные».

Таблица VIII.10. **Техническая характеристика воздухонагревателей**

Тип кондиционера / № схемы по листу VIII. 7, рис 1	Количество рядов трубок в теплообменнике	Количество базовых теплообменников высотой, м: 1	1,5	Поверхность теплоотдачи F, м²	Живое сечение для прохода воздуха, м²	Масса, кг
Без обводного канала						
Кт-30 / 3—3а	1	2	—	55,6	1,44	318
	2			108,9		500
	3			162,8		682
Кт-40 / 3—3а	1	1	1	69,6	1,83	324
	2			137,3		616
	3			205,2		894
Кт-60 / 4—4а	1	4	—	112,9	2,88	630
	2			219,6		994
	3			327,4		1358
Кт-80 / 4—4а	1	2	2	141,4	3,66	793
	2			276,7		1229
	3			412,6		1686
Кт-120 / 5—5а	1	2	4	226,4	5,76	1205
	2			441,6		1945
	3			686,7		2895
Кт-160 / 6—6а	1	4	4	282,9	7,24	1521
	2			555,8		2393
	3			827,9		3304
Кт-200 / 7—7а	1	3	6	341,3	8,7	2055
	2			667,2		3117
	3			995,0		4227
Кт-250 / 8—8а	1	6	6	426,4	10,86	2489
	2			832,3		3846
	3			1240,1		5213
С обводным каналом						
Кт-30 / 1	1	—	1	41,8	1,09	233
	2			82,8		366
	3			123,8		505
Кт-40 / 3—3а	1	2	—	55,6	1,44	307
	2			108,9		484
	3			162,8		666
Кт-60 / 2	1	—	2	84,9	2,18	463
	2			166,9		751
	3			249,0		1009
Кт-80 / 4—4а	1	4	—	112,9	2,82	681
	2			219,6		966
	3			327,3		1331
Кт-120 / 4—4а	1	—	4	169,9	4,36	999
	2			333,9		1620
	3			497,9		2105
Кт-160 / 5—5а	1	2	4	226,6	5,76	1180
	2			441,7		1880
	3			661,6		2580
Кт-200 / 5—5а	1	—	6	256,2	6,54	1600
	2			502,1		2480
	3			748,2		3257
Кт-250 / 7—7а	1	3	6	341,3	8,64	2055
	2			667,2		3145
	3			994,1		4070



Лист VIII.7. Схемы соединения:

1 — теплообменников в одном ряду (секции) воздухонагревателя (см. табл. VIII.10); *2* — последовательно установленных по воздуху рядов (секций).

нагревателя оказывается ниже допустимой, часть воздуха перепускается через клапан обводного канала.

Основные расчетные зависимости:

$$Q = Lc'_{\text{р}}(t_2 - t_1); \qquad \text{(VIII.49)}$$

$$Q = W(\tau' - \tau''); \qquad \text{(VIII.50)}$$

$$Q = Fk\left(\frac{\tau' + \tau''}{2} - \frac{t_1 + t_2}{2}\right); \qquad \text{(VIII.51)}$$

$$k = a(v\gamma)^n w^r; \qquad \text{(VIII.52)}$$

$$(v\gamma) = \frac{L}{3600 f_{\text{ж}}}; \qquad \text{(VIII.53)}$$

$$w = \frac{W}{3600 \cdot 10^3 f_{\text{го}}}, \qquad \text{(VIII.54)}$$

где Q — количество тепла, расходуемого на нагревание воздуха, *ккал/ч*;
L — количество воздуха, *кг/ч*;
$c'_{\text{р}}$ — удельная теплоемкость воздуха, *ккал/кг* · °С;
W — расход теплоносителя (воды), *кг/ч*;
t_1 и t_2 — начальная и конечная температуры воздуха, °С;
τ' и τ'' — начальная и конечная температуры теплоносителя, °С;
k — коэффициент теплопередачи воздухонагревателя, *ккал/м²* · *ч* · °С;
F — теплоотдающая поверхность воздухонагревателя, *м²*;
$v\gamma$ — массовая скорость воздуха в живом сечении воздухонагревателя, *кг/м²* · *с*;
$f_{\text{ж}}$ — живое сечение воздухонагревателя, *м²*;
w — скорость воды в трубках воздухонагревателя, *м/с*;
$f_{\text{тр}}$ — площадь для прохода воды в трубках, *м²*;
a, n, r — постоянные, входящие в формулу (VIII.52) и принимаемые по табл. VIII.11.

Таблица VIII.11. **Значения a, n, r и b (по данным ВНИИкондвентмаша)**

Теплообменник	a	n	r	b
Однорядный	15	0,473	0,136	0,157
Двухрядный	13,5	0,49	0,135	0,207
Трехрядный	12,8	0,49	0,13	0,29

Сопротивление проходу воздуха, *кгс/м²*

$$\Delta h = b(v\gamma)^m. \qquad \text{(VIII.55)}$$

Значение постоянной b приведено в табл. VIII.11; $m = 1{,}86$.

Вычисленные значения коэффициентов теплопередачи и сопротивлений проходу воздуха приведены в табл. VIII.12 и VIII.13.

Пользуясь формулами (VIII.49) — (VIII.55) и данными табл. VIII.7, VIII.11—VIII.13, можно определить необходимую поверхность и число последовательно установленных воздухонагревателей, а также их сопротивление (пример расчета VIII.5).

В случае необходимости определения конечной температуры и расхода воды при заданных теплообменниках и значениях других исходных величин целесообразно пользоваться графическими методами *.

---

* М. И. Фильней. Теплотехнические характеристики центральных кондиционеров. «Водоснабжение и санитарная техника», 1972, № 10.

Таблица VIII.12. **Коэффициенты теплопередачи k, ккал/м²·ч·°С, воздухонагревателей кондиционеров типа Кт**

Скорость воды в трубках, м/с	Массовая скорость воздуха в живом сечении $v\rho$, кг/м²·с									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Однорядная секция										
0,1	18,4	21,1	23,5	25,6	27,5	29,3	31	32,6	34,1	35,5
0,2	20,2	23,2	25,8	28,1	30,3	32,2	34,1	35,8	37,5	39,1
0,3	21,4	24,5	27,3	29,7	32	34,1	36	37,8	39,6	41,3
0,4	22,3	25,5	28,3	30,9	33,2	35,4	37,4	39,4	41,2	42,9
0,5	23	26,3	29,2	31,9	34,3	36,5	38,6	40,6	42,4	44,2
0,6	23,5	27,0	30	32,7	35,1	37,4	39,6	41,6	43,5	45,3
0,7	24	27,5	30,6	33,3	35,9	38,2	40,3	42,4	44,4	46,3
0,8	24,5	28	31,2	34	36,5	38,9	41,1	43,2	45,2	46,8
0,9	24,9	28,5	31,7	34,5	37,1	39,5	41,8	43,9	46	47,9
1	25,2	28,9	32,4	35	37,7	40,1	42,4	44,6	46,6	48,6
1,1	25,6	29,3	32,5	35,5	38,2	40,6	43	45,1	47,2	49,2
1,2	25,9	29,6	32,9	35,9	38,6	41,1	43,5	45,7	47,8	49,8
Двухрядная секция										
0,1	17,0	19,5	21,8	23,8	25,7	27,4	29	30,6	32	33,4
0,2	18,6	21,4	23,9	26,1	28,2	30,1	31,9	33,6	35,2	26,7
0,3	19,7	22,6	25,3	27,5	29,8	31,8	33,7	35,5	37,2	38,8
0,4	20,4	23,5	26,3	28,7	30,9	33,1	35,1	36,9	38,6	40,3
0,5	21,1	24,3	27,1	29,6	31,9	34,1	36,1	38,0	39,8	41,5
0,6	21,6	24,9	27,7	30,3	32,7	34,9	37,0	38,9	40,8	42,6
0,7	22	25,4	28,3	30,9	33,4	35,6	37,8	39,7	41,5	43,5
0,8	22,4	25,8	28,8	31,5	34	36,3	38,4	40,4	42,4	44,3
0,9	22,8	26,3	29,3	32	34,5	36,9	39	41,1	43,1	45
1	23,1	26,6	29,7	32,5	35	37,4	39,6	41,7	43,7	45 6
1,1	23,4	27	30,1	32,9	35,5	37,9	40,1	42,3	44,3	46 2
1,2	23,7	27,3	30,5	33,3	35,9	38,3	40,6	42,7	44,8	46 8
Трехрядная секция										
0,1	16,3	18,7	20 9	22,8	24,6	26,3	27,9	29,3	30,7	32,1
0,2	17,8	20,5	22,9	25	26,9	28,8	30,5	32,1	33,5	35,1
0,3	18,8	21,6	24,1	26,3	28,4	30,3	32,1	33,8	35,4	37
0,4	19,5	22,4	25,0	27,3	29,5	31,5	33,4	35,1	36,8	38,4
0,5	20,0	23,1	25,7	28,1	30,4	32,4	34,3	36,2	37,9	39,5
0,6	20,5	23,6	26,4	28,8	31,1	33,2	35,2	37	38,7	40,5
0,7	20,9	24,1	26,9	29,4	31,7	33,9	35,9	37,8	39,6	41,3
0,8	21,3	24,5	27,4	29,9	32,3	34,4	36,5	38,4	40,3	42
0,9	21,6	24,9	27,8	30,8	32,8	35	37,1	39	40,8	42,7
1	21,9	25,3	28,2	30,8	33,2	35,5	37,6	39,6	41,5	43,3
1,1	22,2	25,6	28,5	31,2	33,6	35,9	38	40	42	43,8
1,2	22,5	25,9	28,8	31,5	34,0	36,3	38 5	40,5	42,4	44,3

Пример VIII.5. Рассчитать и выбрать схему воздухонагревателя для Кт-40 по следующим данным: $L = 44\,000$ кг/ч; $t_1 = -10°C$; $t_2 = 10°$ С; $\tau' = 150°$ С; $\tau'' = 70°$ С.

Предварительно принят воздухонагреватель с обводным каналом (заглушенный) из двух однометровых однорядных теплообменников, соединенных последовательно по воде (схема № 3а, табл. VIII 10, лист VIII.7), со следующими показателями:

$$F = 55{,}6\ м^2,\quad f_ж = 1\ 44\ м^2;\ \text{по табл. VIII.7}\ f_{тр} = 0{,}00146\ м^2.$$

По формуле (VIII.49)

$$Q = 44\,000 \cdot 0{,}24\,(10 - 10) = 216\,000\ ккал/ч.$$

Таблица VIII.13. **Сопротивление проходу воздуха Δh, кгс/м², воздухонагревателей кондиционеров типа Кт (по данным ВНИИкондвентмаша)**

Секции	Массовая скорость воздуха в живом сечении, кг/м²·с									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Однорядные	1,2	2,1	3,1	4,4	5,9	7,5	9,4	11,4	13,5	16
Двухрядные	1,6	2,7	4,1	5,8	7,7	9,9	12,6	15	17,9	21,1
Трехрядные	2,2	3,8	5,8	8,1	10,8	13,9	17,3	21,1	25,1	29,5

Из формулы (VIII.50)

$$W = \frac{216\,000}{150 - 70} = 2700 \text{ кг/ч}.$$

По формуле (VIII.53)

$$v\gamma = \frac{44\,000}{3600 \cdot 1{,}44} = 8{,}5 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}.$$

По формуле (VIII.54)

$$w = \frac{2700}{3600 \cdot 10^3 \cdot 0{,}00146} = 0{,}515 \text{ м/с}.$$

По формуле (VIII.52) или табл. VIII.12

$$k = 15{,}0 \cdot 8{,}5^{0{,}473} \cdot 0{,}515^{0{,}136} = 37{,}6 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{C}.$$

Из формулы (VIII.51)

$$F = \frac{216\,000}{37{,}6\left(\frac{150 + 70}{2} - \frac{10 - 10}{2}\right)} = 52 \text{ м}^2.$$

Запас в поверхности теплоотдачи $\frac{55{,}6 - 52}{52} 100 = 6{,}9\%$.

Сопротивление проходу воздуха при массовой скорости 8,5 кг/м² · с $\Delta h =$ = 8,45 кгс/м² (по табл. VIII.13).

Сопротивление проходу воды при последовательном соединении теплообменников по формуле (VIII.48)

$$H = 26{,}85 \frac{2 \cdot 4^{0{,}8} \cdot 2{,}7^{1{,}85}}{40^4} 10^6 = 407 \text{ кгс/м}^2.$$

Фильтры воздушные

Кондиционеры Кт могут быть оборудованы сетчатыми самоочищающимися масляными фильтрами для очистки воздуха от среднедисперсной и мелкодисперсной пыли. Они предназначены для работы при начальной запыленности воздуха до 10 мг/м³ и не рассчитаны на очистку воздуха от волокнистой пыли. Во избежание уноса капель масла обрабатываемый воздух должен поступать по всему сечению фильтра равномерно со скоростью не более 3 м/с.

Эффективность очистки при среднедисперсной пыли — 90, при мелкодисперсной — 65%.

Перед фасадной стенкой фильтра необходимо свободное пространство для демонтажа шнека диаметром 190 и длиной 1880 мм. Длина секции фильтра (по длине кондиционера) 440 мм. В баке имеется змеевиковый подогреватель из трубы диаметром 15 мм, к которому подводится теплоноситель для подогрева масла.

Фильтры кондиционеров Кт-200 и Кт-250 снабжены двумя электродвигателями привода типа А0Л2-21-4 мощностью 1,1 *квт* с 1400 *об/мин*.

Максимальное сопротивление фильтра по воздуху 10 *кгс/м*^{2}.

При большом числе кондиционеров предусматривается установка для централизованной смены и очистка масла. Размещение центральных баков чистого и отработанного масла, маслослива из автоцистерн регенераторной установки и насосов должно быть согласовано с требованиями пожарной инспекции.

Разработана ВНИИкондвентмашем и ХМЗК конструкция фильтров воздушных сухих с объемным нетканным фильтрующим материалом ФРНК для всех выпускаемых типоразмеров кондиционеров Кт. Эти фильтры предназначены для очистки приточного воздуха при среднегодовой запыленности воздуха до 1 *мг/м*^{3} и кратковременной запыленности до 10 *мг/м*^{3}. Эффективность очистки не ниже 80%, пылеемкость фильтрующего материала — 1000 *г/м*^{2}. Сопротивление от 6 до 30 *кгс/м*^{2}. Установленная мощность: для Кт-30 — Кт-80 — 0,27 *квт*, для Кт-120 — Кт-250 — два электродвигателя по 0,27 *квт*. Длина фильтров 622 *мм*.

При заказе фильтров по заводским каталогам дополнительно предусматриваются камеры обслуживания, а именно: для Кт-30 — Кт-80 — по одной камере длиной 622 *мм*, для Кт-120 — Кт-160 — по две камеры длиной 622 *мм*; для Кт-200 и Кт-250 — по одной камере длиной 1122 *мм*. Камеры обслуживания устанавливаются перед фильтрами.

Все виды фильтров могут быть собраны в правом и левом исполнении.

Вентиляторные агрегаты

Основные показатели вентиляторных агрегатов приведены в табл. VIII.14. Заказ вентиляторных агрегатов необходимо производить по заводским каталогам. Для кондиционеров полностью заводского изготовления вентиляторные агрегаты двухстороннего всасывания устанавливаются в стальные герметичные камеры с выхлопным и всасывающим окнами. Кондиционеры смешанного изготовления поставляются с вентиляторными агрегатами без камер.

Вентиляторные агрегаты устанавливаются на основаниях с виброизоляторами пружинного типа. Регулирование производительности вентиляторных агрегатов одностороннего всасывания осуществляется при помощи направляющих аппаратов, а двухстороннего — путем изменения числа оборотов при помощи гидроустановок. Привод направляющих аппаратов электрический МЭО-4/100. В состав гидроустановки входит маслонасос с электродвигателем. Приборы автоматики, пусковая аппаратура и датчики предусматриваются при проектировании.

Клапаны воздушные

Регулирование расхода воздуха производится при помощи воздушных одноблочных клапанов и клапанов для обводного канала воздухонагревателя.

Клапаны воздушные одноблочные при установке в плоскости поперечного сечения кондиционера присоединяются к контрфланцам, вставкам, присоединительным секциям воздушных клапанов, а при установке в плоскости, перпендикулярной к поперечному сечению кондиционера,— к воздушным камерам. Ширина воздушных камер соответствует ширине клапанов. Размер между присоединительными фланцами одноблочных клапанов равен 253 *мм*.

Клапаны для обводного канала воздухонагревателя устанавливаются на воздухонагревателе в плоскости поперечного сечения обводного канала. Размер между присоединительными фланцами клапанов для обводного канала воздухонагревателя для кондиционеров Кт-30 — Кт-160 — 253 *мм*; для Кт-200 и Кт-250 — 506 *мм*.

Данные для выбора числа воздушных одноблочных клапанов приведены в табл. VIII.15. Удельная воздушная нагрузка рассчитывается в зависимости от регулировочной характеристики клапана и характеристики сети. Необходимая удельная воздушная нагрузка на клапан может быть получена стопорением части его лопаток при помощи ограничителей.

Привод клапанов может быть пневматический и электрический. Для кондиционеров Кт-30 — Кт-160 устанавливается электропривод типа МЭО-4/100; для Кт-200 и Кт-250 — МЭО-10/100 Для всех кондиционеров устанавливается пневмопривод типа *МПМ—К—250—100—0,5В*.

Таблица VIII 14 **Техническая характеристика вентиляторных агрегатов кондиционеров Кт**

Кондиционер	Тип, номер	Вентилятор: производительность, $м^3/ч$ 10^{-3}	Вентилятор: полное давление, $кгс/м^2$	Вентилятор: скорость вращения, $об/мин$	Вентилятор: размеры выхлопного отверстия, $мм$	Электродвигатель: тип	Электродвигатель: мощность, $квт$	Электродвигатель: скорость вращения, $об/мин$	Ремни приводные клиновые (ГОСТ 1284—68): тип	Ремни приводные клиновые (ГОСТ 1284—68): шт	Масса, $кг$: общая	Масса, $кг$: вращающихся частей
Кт-30	Ц4-76, № 12	31,5	60	565	840 × 840	АО2-61-6	10	975	В	3	1190	240
			80	640		АО2-62-6	13	970		3	1210	
			120	750		АО2-71-6	17	980		4	1280	
Кт-40		40	60	610		АО2-62-6	13	970	В	3	1210	
			80	660		АО2-71-6	17	980		3	1260	
			120	765		АО2-72-6	22	980		4	1320	
Кт-60	Ц4-76, № 16	63	80	480	1120 × 1280	АО2-72-6	22	980	В	5	2930	510
			120	565		АО2-81-6	30		В	5	3040	
			160	630		АО2-82-6	40		Г	5	3050	
Кт-80		80	80	510		АО2-81-6	30	980	В	5	3040	
			120	575		АО2-82-6	40		В	7	3090	
			160	650		АО2-91-6	55		Г	5	3250	
Кт-120	Ц4-76, № 20	125	80	415	1400 × 1600	АО2-82-6	40	980	В	7	4050	870
			120	465		АО2-91-6	55		В	8	4170	
			160	523		АО2-92-6	75		Г	7	4370	
Кт-160	Ц4-100, № 16/2	160	80	530	1280 × 2253	АО2-91-6	55	980	Г	6	4430	1250
			120	600		АО2-92-6	75	980		6	4570	
			160	660		АО3-3155-6	110	985		8	4990	
Кт-200		200	80	585		АО2-92-6	75	980	Г	7	4600	
			120	645		АО3-3155-6	110	985		8	5060	
			160	700		АО3-315М-6	132	985		9	5190	
Кт-250	Ц4-100, № 20/2	250	80	430	1600 × 2813	АО3-3155-6	110	985	Г	7	6710	1950
			120	490		АО3-315М-6	132	985	Г	8	6860	
			160	523		АО-113-10М	160	590	Д	9	8160	

Примечания 1 Ремни приводные для Кт-30—Кт-120 длиной 4000, для Кт-160 и Кт-200—6700 для Кт-250—7500 *мм*

2 Размеры всасывающих и нагнетательных отверстий вентиляторных агрегатов Кт-160, Кт-200 и Кт 250 следует принимать по размерам приточных камер по данным заводских каталогов

3 Положение кожуха и привода принимать по заводскнм каталогам

Таблица VIII.15. **Техническая характеристика клапанов воздушных одноблочных и их компоновка**

Кондиционер	Живое сечение клапана, $м^2$	Размеры проходного сечения клапана, *мм*		Количество устанавливаемых клапанов			
				рекомендуемое для воздуха		возможное для воздуха	
		по длине лопаток	по ширине кондиционера	наружного	рециркуляционного	наружного	рециркуляционного
Кт-30	0,65 1,3	503 1003	1655	— 1	1 —	1 —	1 —
Кт-40	0,65 1,3	503 1003	1655	— 1	— 1	1 —	1 —
Кт-60	1,3 2,6	503 1003	3405	— 1	1 —	1 —	1 —
Кт-80	1,3 2,6	503 1003	3405	— 1	— 1	1 —	1 —
Кт-120	1,3 2,6	503 1003	3405	1 1	— 1	— 1	1 1
Кт-160	1,3 2,6	503 1003	3405	— 2	1 1	1 1	— 1
Кт-200	1,95 3,9	503 1003	5155	1 1	— 1	— 1	1 1
Кт-250	1,95 3,9	503 1003	5155	— 2	1 1	1 1	— 1

Примечание Рекомендуемое количество клапанов указано при расходе 100% наружного и 80% рециркуляционного воздуха, для отличающихся расходов дано возможное количество клапанов

Камеры обслуживания, воздушные, выравнивания и приточные

Камеры обслуживания монтируются между рабочими секциями кондиционеров и служат для доступа к ним с целью осмотра, наладки, ремонта и эксплуатации. Длина камер для Кт-30—КТ-160—622 *мм*, для Кт-200, Кт-250—1122 *мм*.

Камера обслуживания состоит из передней и задней стенок, потолка и дна. На передней стенке предусмотрена герметическая дверка, электросветильник герметический внутренний, четыре муфты для установки контрольно-измерительных приборов и экранирующие козырьки (с внутренней стороны) для защиты приборов от теплового излучения.

Камеры воздушные служат для смешивания различных потоков воздуха, а также выполняют функции камер обслуживания. На передней стенке расположены такие же детали, как и на камерах обслуживания. Длина камер для Кт-30 и Кт-60 — 622 *мм*, для остальных кондиционеров двух размеров — 622 и 1122 *мм* с установкой на них клапанов с длиной лопаток соответственно 500 и 1000 *мм*. При необходимости установки двух клапанов предусматриваются две последовательно расположенные камеры одинаковой или разной длины (см. «Воздушные клапаны»)

Камеры выравнивания служат для устранения неравномерности поля скоростей воздушного потока. Целесообразно выравнивающие камеры устанавли-

вать после секций, возмущающих поток воздуха (клапаны камеры смешения, воздухоподогреватели с обводным клапаном) перед технологическими секциями (фильтры, воздухоподогреватели, оросительные камеры) *. Камеры выравнивания изготовляются для кондиционеров Кт-30 — Кт-160 длиной 622, а для кондиционеров Кт-200 и Кт-250 — 1122 *мм*.

К дну всех камер приварены муфты для труб $d_y = 20$ *мм* для присоединения дренажного трубопровода.

Приточные камеры применяются для установки в них вентиляторных агрегатов двухстороннего всасывания в кондиционерах заводского изготовления

Аэродинамическое сопротивление центральных кондиционеров Кт можно определять, руководствуясь данными сопротивлений при номинальной производительности (табл. VIII.16).

Компоновка и размещение кондиционеров типа Кт

Наибольшее применение находят компоновки кондиционеров прямоточных и с одной рециркуляцией **.

В табл. VIII.17 приведены последовательность расположения секций и данные для определения габаритов прямоточных кондиционеров и отдельных секций. При ином сочетании и количестве секций эта таблица может быть использована для облегчения определения габаритных размеров кондиционеров с конкретной компоновкой.

В табл. VIII.18 и VIII.19 приведены данные, облегчающие составление проектной документации. На листе VIII.8 дано возможное размещение кондиционеров Кт-30 — Кт-80 в плане с учетом стандартного шага колонн.

Высота помещения назначается с учетом прокладки под перекрытием воздуховодов и возможности демонтажа отдельных элементов кондиционеров с применением механизации.

Центральные кондиционеры общественных зданий в большинстве случаев размещаются в подвалах. Возможно также размещение их на технических этажах, но при этом усложняется защита соседних помещений от шума и вибраций. В любом случае вопросам борьбы с шумом должно быть уделено особое внимание. Кроме виброизолирующих оснований, гибких вставок и шумоглушителей необходим правильный выбор помещения для расположения кондиционеров Помещения с низким уровнем шума не должны примыкать к технологическим помещениям с шумящим оборудованием (кондиционерами, вентиляторами). В случае необходимости внутренние поверхности технологических помещений облицовываются звукопоглощающими материалами. Требуется также тщательное уплотнение мест прохода воздуховодов и трубопроводов через ограждающие конструкции.

Установку рециркуляционных и рециркуляционно-вытяжных агрегатов следует располагать вместе с центральными кондиционерами. Здесь же монтируются и клапаны для регулирования соотношения количества рециркуляционного и выбрасываемого наружу воздуха. Выброс воздуха в общественных зданиях в этом случае может производиться, при соответствующем архитектурном оформлении, без вывода выхлопных труб выше крыши.

Вытяжные агрегаты из помещений с вредными выделениями или резкими запахами (санузлов, столовых, лабораторий и др.) целесообразно размещать в верхних технических этажах с обязательным выбросом воздуха выше крыши.

Проектирование и монтаж должны выполняться с соблюдением действующих противопожарных норм

---

* И. Р. Щекин. Исследование аэродинамических показателей компоновок центральных кондиционеров. Автореферат кандидатской диссертации. Киев, 1973.

** П. М. Кучеров, И. Р. Щекин, Г. С. Куликов, Н. Д. Мирончук. Исследование выпуска оборудования центральных кондиционеров типа Кд. Сб. «Кондиционеростроение». Труды института ВНИИкондвентмаш. Вып. 2. М., изд. ЦНИИТЭстроймаш, 1973.

Таблица VIII.16. **Аэродинамическое сопротивление секций и камер центральных кондиционеров при номинальной воздухопроизводительности ***

Кондиционер	Номинальная воздухопроизводительность, тыс. $м^3$	Аэродинамическое сопротивление элементов кондиционера, $кгс/м^2$															
		приемного блока	смесительной камеры	воздушного фильтра		воздухонагревателя			камеры орошения	воздухоохладителей при количестве рядов труб						переходной секции к вентилятору	направляющего аппарата
				масляного самоочищающегося	сухого с материалом ФРНК	однорядного	двухрядного	трехрядного		4	5	6	7	8	9		
Кт-30	31,5	4,7	4,9	10	6—30	5,5	8,8	11,7	11	41,4	42,8	44,5	46,2	47,9	49,6	2,5	2
Кт-40	40	8,8	9	10	6—30	4,9	7,8	10,4	12,3	30,2	32,9	33,5	35,2	37	38,7	4,5	2
Кт-60	63	4,7	4,9	10	6—30	5,5	8,8	11,7	11	41,4	42,8	44,5	46,2	47,9	49,6	3,9	2
Кт-80	80	8,8	9	10	6—30	4,9	7,8	10,4	12,3	30,2	31,9	33,5	35,2	37	38,7	6,2	2
Кт-120	125	4,7	4,9	10	6—30	5,5	8,8	11,7	11	41,4	42,8	44,5	46,2	47,9	49,6	6,3	2
Кт-160	160	5,4	5,7	10	6—30	4,9	7,8	10,4	12,3	30,6	32,3	34	35,7	37,4	39,1	—	—
Кт-200	200	6,1	6,4	10	6—30	5,2	8,3	11,2	11	33	34,7	36,5	38,2	39,8	41,5	—	—
Кт-250	250	6,1	6,4	10	6—30	5,2	8,3	11,2	12,3	33,4	35,1	36,8	38,5	40,2	41,9	—	—

* И. Р. Щекин. Кондиционеры, калориферы, отопительные агрегаты. М., «Машиностроение», 1976.

Таблица VIII.17. **Размеры прямоточных кондиционеров типа Кт, *м***

Наименование секций, элементов и последовательность их установки по ходу воздуха	Кондиционеры							
	Кт-30	Кт-40	Кт-60	Кт-80	Кт-120	Кт-160	Кт-200	Кт-250
Длина по ходу воздуха								
Приемная камера наружного воздуха (не поставляется)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,8	1,8	2,4	2,4
Клапан воздушный	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253
Вставка	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Камера обслуживания	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622	1,122	1,122
Фильтры воздушные (масляные)	0,44	0,44	0,444	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Камера обслуживания	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622	1,122	1,122
Секция первого подогрева из двух последовательно установленных теплообменников	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503
Камера обслуживания	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622	1,122	1,122
Камера орошения	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45
Камера обслуживания	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622	1,122	1,122
Секция второго подогрева из двух последовательно установленных теплообменников	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503
Камера обслуживания	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622	1,122	1,122
Секция присоединительная	0,305	0,305	0,44	0,44	0 54	—	—	—
Направляющий аппарат	0,368	0,368	0,448	0,448	0,565	—	—	—
Вентиляторный агрегат	1,712	1,712	2,36	2,36	2,965	6,07	6,69	6,69
Длина без приемной камеры наружного воздуха	9,9	9,9	10,8	10,8	11,6	13,6	16,7	16,7
Поперечное сечение по наружному габариту оросительной камеры								
Ширина	1,86	1,86	3,61	3,61	3,61	3,61	5,36	5,36
Высота (от пола)	2,645	3,145	2,645	3,145	4,645	5,645	4,645	5,645

Примечания 1 При необходнмости установки камер выравнивания увеличение длины на каждую камеру 0,622 *мм* (без учета прокладок.)

2 Для кондиционеров с рециркуляцией размеры и число воздушных камер предусматриваются в зависимости от размеров и числа рециркуляционных клапанов

3 Высота сетчатых масляных фильтров на 130 *мм* выше высоты камер.

4. Высоты шторчатых масляных и рулонных пористых фильтров при необходимостн их установки принимаются по данным каталогов.

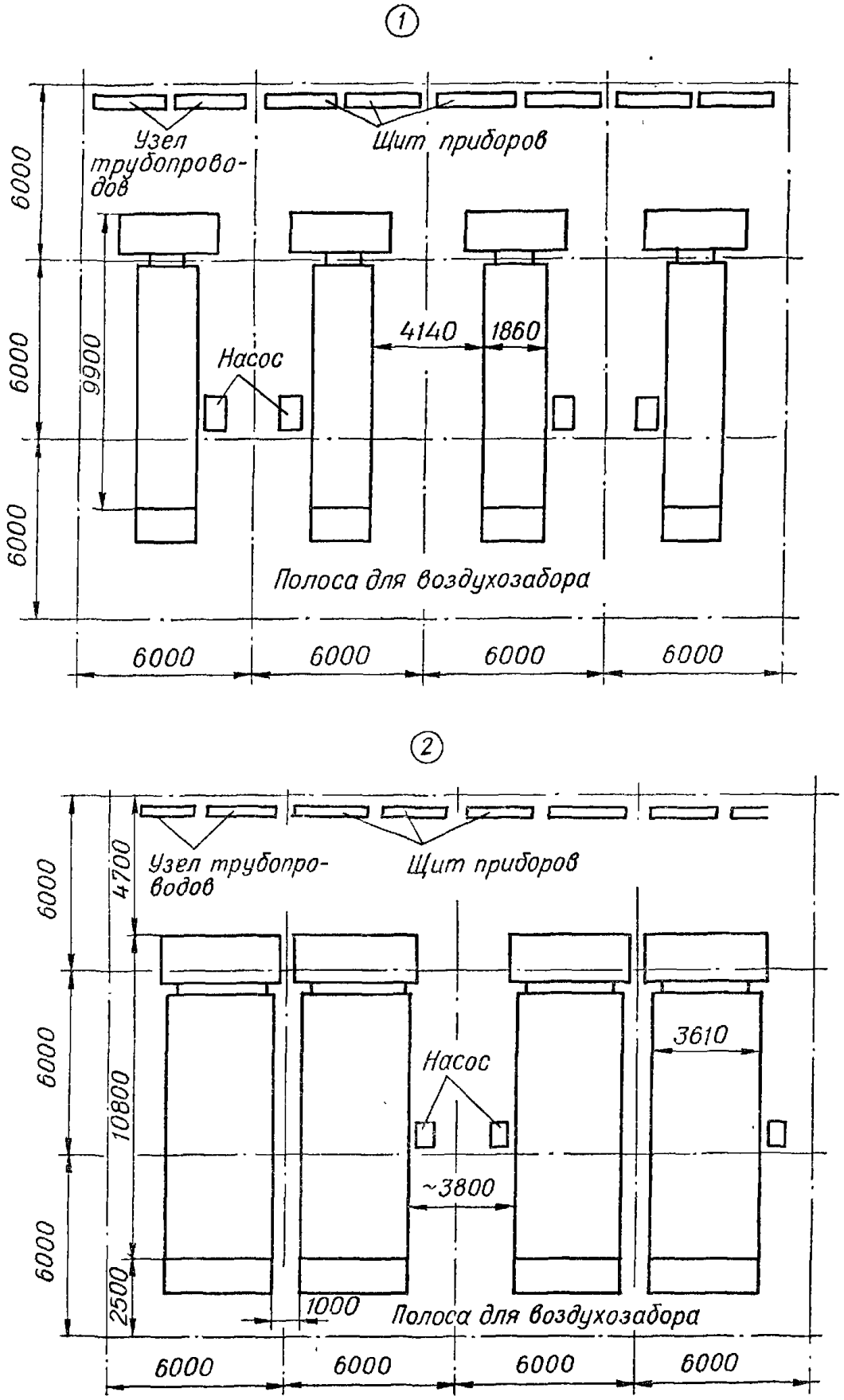
Таблица VIII.18 **Масса прямоточных кондиционеров типа Кт и нагрузка от них**

Наименование элементов	Единица измерения	Кондиционеры							
		Кт-30	Кт-40	Кт-60	Кт-80	Кт-120	Кт-160	Кт-200	Кт-250
Камеры орошения									
Металлические части	*т*	1,53	1,73	2,71	3,04	4,04	5,21	5,82	6,83
Вода	»	2,4	2,4	4,65	4,65	4,65	4,65	6,9	6,9
Изоляция	»	0,53	0,6	0,66	0,73	0,95	1,1	1,08	1,23
Общая масса	»	4,46	4,73	8,02	8,42	9,64	10,96	13,8	14,96
Площадь	$м^2$	4,5	4,5	8,8	8,8	8,8	8,8	13,1	13,1
Нагрузка	$т/м^2$	1,0	1,05	0,95	0,96	1,1	1,25	1,1	1,2
Вентиляторные агрегаты									
Металлические части	*т*	1,28	1,32	3,05	3,25	4,49	5,24	7,71	8,16
Бетонные фундаменты (надземная часть)	»	9,0	9,0	6,0	6,0	20,5	9,5	16,0	16,0
Изоляция	»	—	—	—	—	—	3,32	3,72	4,25
Общая масса	»	10,28	10,32	9,05	9,25	25,0	18,06	27,43	28,41
Площадь	$м^2$	6,8	6,8	10,0	10,0	16,0	16,0	25,9	25,9
Нагрузка	$т/м^2$	1,5	1,5	0,91	0,93	1,56	1,13	1,1	1,1
Кондиционеры полностью									
Металлические части	*т*	7,3	8,0	12,7	13,6	17,8	23,0	33,5	35,8
Бетонные фундаменты (надземная часть)	»	9,0	9,0	6,0	6,0	20,5	9,5	16,0	16,0
Изоляция	»	1,86	2,1	2,31	2,55	3,3	6,57	6,72	7,65
Вода	»	2,4	2,4	4,65	4,65	4,65	4,65	6,9	6,9
Общая масса	»	20,6	21,5	25,4	26,5	46,3	43,8	63,2	66
Площадь	$м^2$	20,3	20,3	43	43	45,8	53,1	82	82
Нагрузка	$т/м^2$	1,0	1,06	0,6	0,62	1,02	0,83	0,77	0,81

Примечания. 1. Объемная масса бетона фуидаментов принята равной 2,5 $т/м^3$.

2. Масса изоляции, состоящей из слоя шлаковаты толщиной 40 *мм*, сетки и защитной конструкции, определена из расчета средней массы, равной 30 $кг/м^2$.

3. Площадь принята без приемной камеры и проходов.



Лист VIII.8. Размещение прямоточных кондиционеров:
1 — Кт-30 и Кт-40; *2* — Кт-60 и Кт-80.

Таблица VIII.19. **Габариты и масса узлов кондиционеров**

Кондиционеры	Габариты, *мм*			Масса, *кг*
	длина	ширина	высота	
Кт-30	3290	1988	2480	1370
Кт-60 и Кт-80	3600	1500	1730	1260
Кт-120	3000	2000	2100	2000
Кт-160	4000	1800	2200	2000
Кт-200 и Кт-250	3500	2450	2350	3000

НЕАВТОНОМНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ

Неавтономные кондиционеры не имеют встроенных агрегатов, являющихся источниками тепла и холода. К этим кондиционерам по трубопроводам от центральных источников тепло- и холодоснабжения подводится горячая и холодная вода.

Неавтономные кондиционеры выпускаются пяти типоразмеров: КНУ-2,5; КНУ-5; КНУ-7,5; КНУ-12; КНУ-18, предназначенных для круглогодового технологического и комфортного кондиционирования воздуха *. Эти кондиционеры могут работать как на одном наружном воздухе, так и с применением рециркуляции. Автоматическое включение и выключение утепленного клапана на патрубке (сети) наружного воздуха предусмотрено в схеме управления кондиционером.

Предусмотрена возможность следующих процессов обработки воздуха: смешивание, очистка от пыли, первичный подогрев (в зимнее время); увлажнение (в зимнее время) или охлаждение (в летнее время) в камере орошения (КНУ-2,5; КНУ-5; КНУ-7,5); охлаждение в орошаемом поверхностном воздухоохладителе в летнее время (КНУ-12 и КНУ-18) и второй подогрев до требуемых параметров.

Конструктивная схема соответствует блочным и блочно-секционным кондиционерам шкафного типа.

В механической секции (блоке) всех типоразмеров размещены: вентиляторный агрегат, насосная установка, сепаратор, воздухонагреватель второго подогрева, датчик температуры, контрольные термометры, во вспомогательных — клапаны наружного и рециркуляционного воздуха, воздушный фильтр, воздухонагреватель первого подогрева, камера орошения (КНУ-2,5, КНУ-5 и КНУ-7,5), орошаемый поверхностный воздухоохладитель (КНУ-12 и КНУ-18).

Доступ к секциям всех типоразмеров осуществляется через съемные панели, а в кондиционерах КНУ-12 и КНУ-18 предусмотрены также и герметические дверки.

Кондиционеры собираются из унифицированных узлов и деталей, а воздухонагреватели первого и второго подогревов всех кондиционеров — из базовых элементов с двумя рядами трубок одной длины в равном количестве. Фильтр для воздуха — сухой. Автоматическое регулирование — пневматическое.

Габаритные размеры с расположением присоединительных трубопроводов представлены на листе VIII.9, рис. 1 и 2, а их назначение и диаметры в табл. VIII.20.

Технические и конструктивные характеристики кондиционеров приведены в табл. VIII.21 и VIII.22.

Расчет теплопроизводительности калориферов и холодопроизводительности поверхностных воздухоохладителей кондиционеров КНУ-12 и КНУ-18 производится по приведенным ниже формулам.

Коэффициент теплопередачи воздухонагревателя, *ккал/м*^{2} · °С, в пределах скорости движения воды в трубках от 0,4 до 1 *м/с*

$$k = 10{,}5\ (v\gamma)^{0{,}55} w^{0{,}22}. \qquad \text{(VIII.56)}$$

---

* ГПИ Союзсантехпроект. Строительный каталог. Ч. 10, раздел I, подраздел 72. Кондиционеры (автономные и неавтономные). М., ЦИНИС Госстроя СССР, 1973; Строительный каталог. Ч. 5, р. 9, паспорта №№ 9.01.00.230, 9.01.00.231, 9.01.00.232. 9.01.00.233, 9.01.00.00234.

Таблица VIII.20. **Назначение и диаметры трубопроводов (лист VIII.9)**

Назначение трубопроводов	Обозначение	Условный диаметр для кондиционеров, *мм*	
		КНУ-2,5 КНУ-5,0, КНУ-7,5	КНУ-18, КНУ-12
Присоединительные трубы к воздухонагревателю первого подогрева	d_1	25	40
Переливная из бака	d_2	100	100
Подвод воды к поплавковому клапану	d_3	15	15
Слив воды из бака	d_4	70	50
Присоединительные трубы к воздухонагревателю второго подогрева	d_5	20	40
Подвод воды к форсункам	d_6	40	—
Слив воды из механической секции	d_7	15	—
Присоединительные трубы к поверхностным воздухоохладителям	d_8	—	50

Коэффициент теплопередачи поверхностного воздухоохладителя, *ккал/м² · ч · °С*, при последовательном соединении элементов с орошением (коэффициент орошения 0,3 *кг/кг*)

$$k = 8{,}0\,(v\gamma)^{0{,}65}\omega^{0{,}16}, \qquad \text{(VIII.57)}$$

без орошения

$$k = 6{,}85\,(v\gamma)^{0{,}65}\omega^{0{,}1}. \qquad \text{(VIII.58)}$$

При параллельно-последовательном соединении элементов с орошением (коэффициент орошения 0,3 *кг/кг*)

$$k = 7{,}2\,(v\gamma)^{0{,}66}\omega^{0{,}11}, \qquad \text{(VIII.59)}$$

без орошения

$$k = 6{,}4\,(v\gamma)^{0{,}65}\omega^{0{,}1}. \qquad \text{(VIII.60)}$$

Сопротивление проходу воды, *кгс/м²*, по трубкам воздухонагревателей первого и второго подогрева

$$\Delta H_{\text{н}} = 3{,}17\omega^{1{,}8} \cdot 10^3. \qquad \text{(VIII.61)}$$

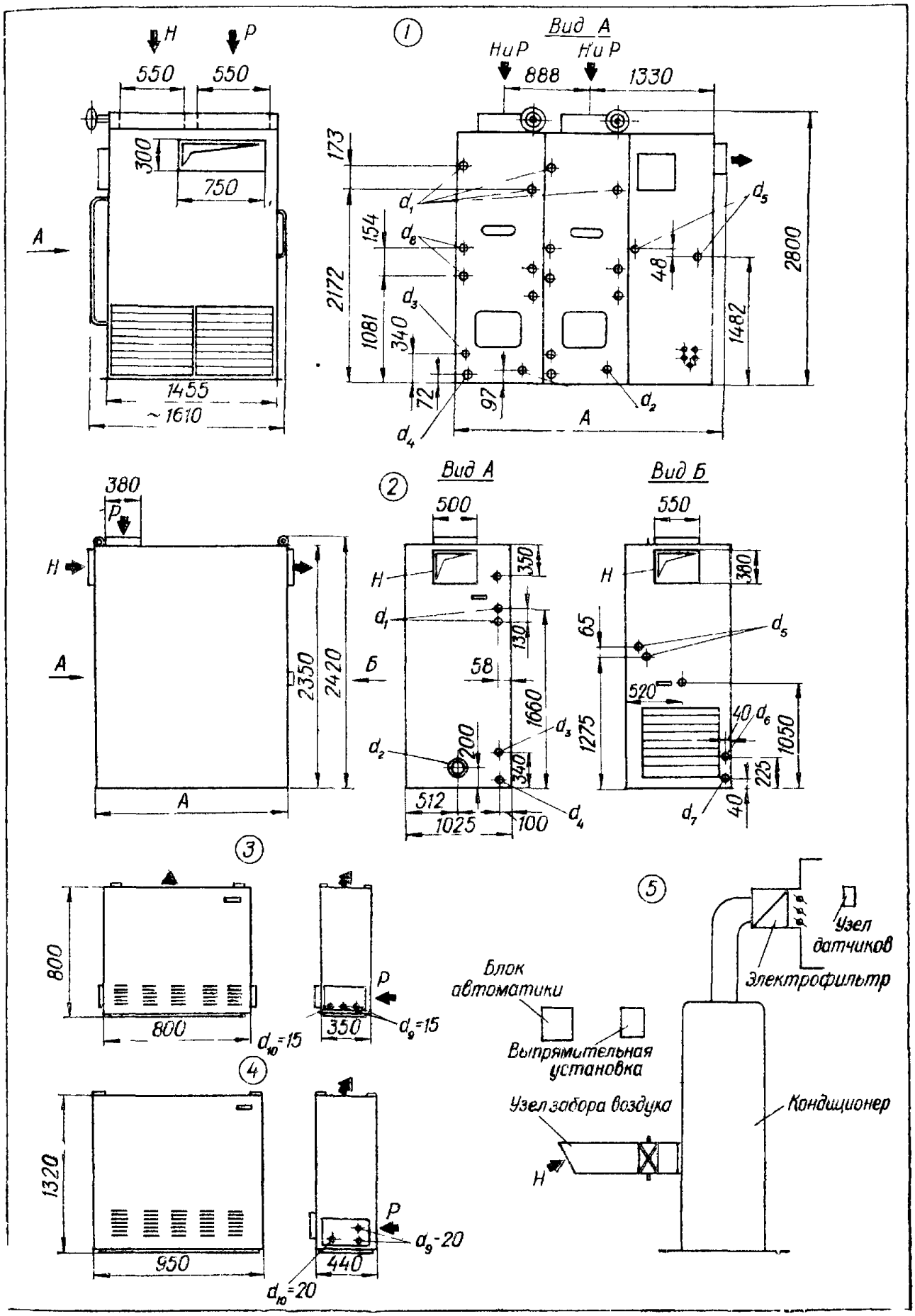
Сопротивление проходу воды по трубкам поверхностного воздухоохладителя, *кгс/м²*, определяется по формулам:

при последовательном соединении элементов по воде

$$\Delta H_{\text{ох}} = 7{,}9\omega^{1{,}9} \cdot 10^3. \qquad \text{(VIII.62)}$$

при попарно-параллельном соединении

$$\Delta H'_{\text{ох}} = 3{,}1\,\omega^{1{,}9} \cdot 10^3. \qquad \text{(VIII.63)}$$



Лист VIII.9. Неавтономные кондиционеры.

1 — КНУ-12 (размер A = 1855 без средней секции), КНУ-18 (размер A = 2766), *2* — КНУ-2,5 (размер A=1350), КНУ-5,0 (размер A = 1800), КНУ-7,5 (размер A = 2250). *3* — ВА-0,5, ВА-1 0 *4* — ВА-2,5; *5* — УКВ-1 и УКВ-2

Таблица VIII.21. **Техническая характеристика неавтономных кондиционеров**

Нанменованне показателей	Единнца измерения	Тип кондиционера				
		КНУ-2,5	КНУ-5	КНУ-7,5	КНУ-12	КНУ 18
Производительность по воздуху	*м³/ч*	2500	5000	7500	12 000	18 000
Холодопроизводительность (при начальной температуре холоднои воды 8° С и начальных параметрах воздуха $t_н = +30°$ С; $\varphi_н = 40\%$)	*ккал/ч*	14 500	29 000	43 500	60 000	100 000
Теплопроизводительность воздухонагревателей: первого подогрева (при перепаде температур теплоносителя 130—70° С и начальной температуре воздуха —30° С)	»	43 000	86 000	129 000	250 000	380 000
второго подогрева (при перепаде температур теплоносителя 70—50° С и начальной температуре воздуха +8,5° С)	»	8000	16 000	24 000	47 000	70 000
Свободное давление воздуха за кондиционером для расчета сети воздуховодов	*кгс/м²*	26	30	30	30	30
Давление воды перед форсунками	*кгс/см²*	1,2	1,2	.1,2	—	—
Максимальный расход холодной воды	*кг/ч*	4500	9000	13 500	17 000	26 000
Давление сжатого воздуха, подводимого к кондиционеру для питания приборов автоматического регулирования	*кгс/см²*	3—8	3—8	3—8	3—8	3—8
Мощность установленных электродвигателей	*квт*	3,9	7,2	7,2	14,5	14,5
Масса кондиционера (сухая)	*кг*	785	1020	1270	1900	3400

Примечание Ток переменный трехфазный частотой 50 *гц*, напряженне 220/380 *в*

Таблица VIII.22. **Конструктивные характеристики неавтономных кондиционеров**

Наименование показателей	Единица измерения	Тип кондиционера				
		КНУ-2,5	КНУ-5	КНУ-7,5	КНУ-12	КНУ-18
Воздухонагреватель первого подогрева						
поверхность	$м^2$	17	34	51	68,2	68,2 × 2
живое сечение для прохода воздуха	»	0,165	0,165 × 2	0,165 × 3	0,39	0,39 × 2
живое сечение для прохода воды при последовательном соединении элементов	»	0,000578	0,000578	0,000578	0,0014	0,0014 × 2
Воздухонагреватель второго подогрева						
поверхность	»	8,5	17	17	34,2	34,2
живое сечение для прохода воздуха	»	0,165	0,165 × 2	0,165 × 2	0,39	0,39
живое сечение для прохода воды при последовательном соединении элементов	»	0,000578	0,000578	0,000578	0,0014	0,0014
Камера орошения						
количество рядов форсунок по ходу воздуха		3	3	3	—	—
диаметр форсунок	*мм*	4	4	4	—	—
количество форсунок в ряду		7	14 × 2 +7 × 1	21 × 2 +7 × 1	—	—
общее количество форсунок	»	21	35	49	—	—
Воздухоохладитель орошаемый:						
поверхность	$м^2$	—	—	—	137	137 × 2
живое сечение для прохода воздуха	»	—	—	—	0,39	0,39 × 2
живое сечение для прохода холодоносителя при последовательном соединении элементов	»	—	—	—	0,0555	0,0555 × 2
то же, при попарно-параллельном	»	—	—	—	0,011	0,011 × 2
количество рядов форсунок по ходу воздуха	шт.	—	—	—	1	1
количество форсунок в ряду	»	—	—	—	18	36

ВОЗДУХООХЛАЖДАЮЩИЕ НЕАВТОНОМНЫЕ АГРЕГАТЫ

Воздухоохлаждающие агрегаты ВА-0,5, ВА-1,0 и ВА-2,5 * предназначены для автоматического поддержания температуры в помещениях с точностью ±1°С. Регулирование относительной влажности агрегатами не предусмотрено. Теплообменники агрегатов присоединяются к холодоносителю (холодная вода) с начальной температурой +8 ÷ + 4° С и теплоносителю (горячая вода) с температурами +95 ÷ ÷ +70° С.

Агрегаты состоят из двух основных узлов: вентиляторной установки (в нижней части корпуса) и теплообменника с поддоном для сбора конденсата, который может выпадать из воздуха в режиме охлаждения (в верхней части корпуса). Обеспыливание воздуха производится в кассете с сетчатой капроновой тканью. Кассета расположена непосредственно за воздухоприемной рециркуляционной решеткой, установленной в нижней передней панели корпуса. В нижней задней панели корпуса предусмотрено отверстие с заглушкой для возможного присоединения патрубка для наружного воздуха.

Обычно агрегаты обрабатывают рециркуляционный воздух, а подача наружного воздуха осуществляется отдельной централизованной установкой. Выпуск воздуха производится вверх под углом в сторону помещения. Панели агрегата съемные. Внутренняя поверхность их покрыта теплозвукоизолирующим материалом.

Регулирование предусмотрено путем автоматического включения и выключения вентилятора.

Переключение с режима охлаждения на режим обогрева производится вручную.

Технические данные приведены в табл. VIII.23, а габаритные размеры на листе VIII.9, рис. 3 и 4.

Таблица VIII.23. **Техническая характеристика воздухоохлаждающих агрегатов**

Наименование показателей	Единица измерения	Тип агрегата		
		ВА-0,5	ВА-1,0	ВА-2,5
Производительность по воздуху	*м³/ч*	500	1000	1600
Холодопроизводительность при начальных параметрах: воздуха — $t_н = 25°$ С, $\varphi_н = 55\%$, воды — $t_{в.н} = 8°$ С	*ккал/ч*	1500	2500	6000
Теплопроизводительность при начальной температуре воздуха $t_н = 20°$ С и теплоносителе с параметрами $t_г = 95°$ С, $t_0 = 70°$ С	»	6500	14 000	25 000
Расход холодной воды	*кг/ч*	400	600	800
Установленная мощность электродвигателя	*квт*	0,08	0,18	0,6
Напряжение	*в*	220		380
Масса	*кг*	126	145	185

Примечание. Ток переменный: для ВА-0,5—однофазный, для ВА-1,0 и ВА-2,3 — трехфазный. Допустимое давление воды 6 *кгс/см²*.

* Строительный каталог. Ч 5., р. 9. Паспорта №№ 9.01.00, 236 и 9.01.00. 237. М., изд. ЦНИИТЭстроймаш, 1973.

АВТОНОМНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ И УСТАНОВКИ КРУГЛОГОДОВОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Автономные кондиционеры имеют встроенную холодильную машину и, как правило, обслуживают одно помещение. Охлаждение конденсатора холодильной машины может быть водяное и воздушное. При водяном охлаждении к кондиционерам необходимо подводить и отводить от них охлаждающую воду. При воздушном — наружный воздух перемещается вентилятором.

Автономные кондиционеры предназначены для охлаждения и осушения воздуха в теплый период года. Некоторые конструкции имеют электрокалорифер, позволяющий пользоваться им в переходный период года.

Автономные кондиционеры с водяным охлаждением конденсаторов, конструктивно оформленные в виде шкафа, приведены в табл. VIII.24. Холодильным агентом для кондиционеров КВ1-17 и КВ1-24 служит фреон 22, для остальных (приведенных в табл. VIII.24) — фреон 12. Электрический ток агрегата переменный трехфазный частотой 50 *гц*. Напряжение в силовой сети 380, в сети управления и сигнализации — 220 *в*. Все кондиционеры могут устанавливаться непосредственно в обслуживаемом помещении или вне его.

Кондиционер КА-6 предназначен для работы на рециркуляционном воздухе, но при необходимости к нему может присоединяться воздуховод для наружного воздуха.

В кондиционерах 1КС-12А, КВ1-17, КС-25, КС-35 и КС-50 предусмотрены патрубки или решетки для входа наружного и рециркуляционного воздуха. В проектах, если это требуется, вместо решеток и заглушек, укрепленных непосредственно на корпусе, присоединяются соответствующие воздуховоды.

Кондиционер КВ1-24 имеет только один патрубок, к которому присоединяется воздуховод наружного воздуха с отверстием для рециркуляции, предусматриваемом в проекте. При комфортном кондиционировании рекомендуется принимать меры по шумоглушению. Все кондиционеры имеют фильтры для очистки воздуха от пыли. Сеть для подвода и отвода охлаждающей воды разрабатывается в проекте. Вопросы применения оборотного водоснабжения решаются по местным условиям.

Температура воды, поступающей для охлаждения, должна быть не выше +25° С. Заданная температура в помещении поддерживается автоматически. Переключение автоматики с режима охлаждения на режим подогрева или наоборот производится вручную.

Автономные кондиционеры с воздушным охлаждением конденсаторов приведены в табл. VIII.25.

Компатные кондиционеры типа «Азербайджан-4м» и «Азербайджан-5» оформлены в виде одного блока и предназначены для автоматического поддержания температуры в обслуживаемом помещении в теплый период года, работают на смеси наружного и рециркуляционного воздуха, устанавливаются в наружной стене или в окне. Холодильный агент — фреон 22.

Автономный раздельный кондиционер КРІ-16А состоит из двух блоков: компрессорно-конденсаторного и воздухообрабатывающего, соединенных между собой трубопроводом. Холодильный агент — фреон 12. Блоки размещаются при проектировании, по месту с учетом наименьшего проникания шума в помещение.

К автономным кондиционерам относятся также кондиционеры многоступенчатого испарительного охлаждения, которые могут быть применены в районах с жарким сухим климатом *.

Установки круглогодового кондиционирования воздуха УКВ-1 и УКВ-2 (табл. VIII.26, лист VIII.9, рис. 5) предназначены для кондиционирования воздуха в хирургических операционных и палатах послеоперационного пребывания больных. Эти установки состоят из следующих основных узлов: автономных шкафных кондиционеров; воздуховода забора наружного воздуха с воздушным фильтром и водяным калорифером; блока автоматики; узла датчиков; электрического фильтра; выпрямительной установки к фильтру. Установки УКВ-1 и УКВ-2 предназначены для работы в районах с умеренным климатом и только на наружном воздухе. Установка УКВ-2 выпускается в двух исполнениях: с водяным (УКВ-2В) и с воздушным охлаждением конденсатора (УКВ-2А). Холодильный агент — фреон 12. Теплоноситель — вода +90° С. Ток — трехфазный 220 или 380 *в*.

* О. Я. Кокорин. Установки кондиционирования воздуха. М., «Машиностроение», 1970.

Таблица VIII.24. **Технические показатели автономных кондиционеров с водяным охлаждением конденсаторов**

Наименование показателей	Единица измерения	Тип кондиционера						
		КА-6	1КС-12А	КВ1-17	КВ1-24	КС-25	КС-35	КС-50
Производительность по воздуху	*м³/ч*	1700	2400	3500	5400	5000	7500	10 000
Холодопроизводительность	*ккал/ч*	7500	12 000	17 000	24 000	25 000	35 000	50 000
Температура испарения	°С	—	2	—	—	3—4	3	4
Температура конденсации	»	—	35	—	—		35	
Теплопроизводительность	*ккал/ч*	—	4130	—	—	8500	9400	15 000
Свободное давление для сети воздуховодов	*кгс/м²*	—	5 ÷ 10	30		10	15	
Расход воды, охлаждающей конденсатор	*кг/ч*	1200	2060	3800	4750	4000	7000	9300
Мощность электродвигателя вентилятора	*квт*	0,4	0,6	1,1	2,2		3,0	
Мощность электродвигателя, встроенного в компрессор	»	2,8	4	3,1	8,25	6,5	14	20
Мощность электрокалорифера	»	—	4,8	—	—	10,5	11	15
Габаритные размеры:								
высота	*мм*	1400	1770	1800		1960	1840	2004
ширина	»	950	1120	1200		1270	1580	1983
глубина	»	535	660	570	860	930	1040	1130
Масса (сухая)	*кг*	340	700	540	800	1000	1500	2000

Таблица VIII.25. **Технические показатели автономных кондиционеров с воздушным охлаждением конденсаторов**

Наименование показателей	Единица измерения	Тип кондиционера		
		«Азербайджан-4м»	«Азербайджан-5»	КР1-16А
Производительность по воздуху	*м³/ч*	450		3500 ± 10%
Холодопроизводительность	*ккал/ч*	1600	2200	15500 ± 10%
Давление воздуха в выходе	*кгс/м²*	—	—	30
Потребляемая мощность	*квт*	1,08	1,2	9,5
Напряжение в силовой сети	*в*	220		380
То же, в сети управления	»	—		220
Совмещенный блок:				
высота	*м*	420		—
ширина	»	675		—
глубина	»	430		—
Масса (сухая)	*кг*	70		—

Примечание. Габариты (ширина, глубина, высота) и масса (сухая) раздельного кондиционера КР1-16А следующие: воздухоохлаждающий блок — 1200 × 500 × 1200 *мм*, 500 *кг*; компрессорно-конденсаторный блок 1200 × 750 × 1200 *мм*, 511 *кг*; дистанционный электропульт управления — 410 × 172 × 450 *мм*, 8,2 *кг*.

Таблица VIII.26. **Технические показатели установок кондиционирования воздуха УКВ-1 и УКВ-2**

Наименование показателей	Единица измерения	Тип установки	
		УКВ-1	УКВ-2
Производительность по воздуху	*м³/ч*	900 ÷ 1000	1900
Свободное давление	*кгс/м²*	—	10
Предельные параметры наружного воздуха для холодного периода года:			
$t_н$	°С	—31	—29
$\varphi_н$	*проц.*	82	
То же, для теплого периода года:			
$t_н$	°С	+28	+37,6
$\varphi_н$	*проц.*	48	23
Пределы регулирования параметров воздуха в помещении:			
температуры	°С	19 ÷ 25 (±2)	18 ÷ 25 (±1)
относительная влажность	*проц.*	55 ÷ 60 (±5)	40 ÷ 60 (±5)
Объем обслуживаемого помещения хирургической операционной	*м³*	120	120—165
Холодопроизводительность	*ккал/ч*	8000	12 000
Производительность калориферов:			
водяного (первого подогрева)	»	15 000	27 000
электрического (второго подогрева)	»	4000	5000
Мощность электродвигателей компрессора	*квт*	3	2,8
То же, вентилятора	»	0,6	0,8
Мощность электрокалорифера	»	4,8	
Максимальная мощность, потребляемая установкой с водяным охлаждением конденсатора	»	10	11,5
То же, с воздушным охлаждением	—	—	12,5

Продолжение табл. VIII.26

Наименование показателей	Единица измерения	Тип установки	
		УКВ-1	УКВ-2
Расход воды при $t_в = 25°$ С для охлаждения конденсатора	*кг/ч*	800	1200
Давление воды	*кгс/см²*	2	1,2—6
Расход горячей воды для увлажнения	*кг/ч*	30	50
Габаритные размеры кондиционера (без узла забора распределения):			
высота	*мм*	2100	1800
ширина	»	1100	1200
глубина	»	600	1000
Масса установки	*кг*	593	630

МЕСТНОЕ УВЛАЖНЕНИЕ И ОСУШЕНИЕ ВОЗДУХА

В зимний период для местного увлажнения воздуха в жилых и общественных зданиях применяются разнообразные устройства.

К бытовым увлажнителям с механическим распылением воды относятся аппараты «Комфорт» и УВ-2 заводского изготовления (лист VIII.10, рис. 1 и 2).

Простым и надежным прибором для увлажнения в зимнее время является разработанный и исследованный увлажнитель конструкции Р. В. Щекина * (лист VIII.10, рис. 3 и 4).

Корпус прибора (металлический или пластмассовый) представляет собой ванну для воды со змеевиком и капельником. Прибор при помощи пробки особой конструкции соединяется с верхним или нижним ниппельным отверстием радиатора. Испарение происходит, главным образом, с поверхности насадки из пористых пластин минпласта, погруженных нижней частью в ванную с водой, нагреваемой змеевиком. Вода из радиатора циркулирует по змеевику. Пополнение испарившейся воды также происходит из радиатора через капельник. Поступление ее регулируется специальным приспособлением. Количество испаряющейся воды — 1,3—1,5 *кг/сутки*.

Бытовой климатизатор, разработанный в НИИсантехники и оборудования зданий и сооружений МПСМ, предназначен для адиабатического увлажнения и охлаждения внутреннего воздуха с возможностью последующего нагревания в зимнее время (лист VIII.10, рис. 5). Производительность агрегатов по воздуху 300 *м³/ч*, количество испаряемой воды 0,5—1 *кг/ч*. Воздух в агрегате может охлаждаться на 5—10° С или нагреваться от +20 до +30° С. Потребляемая мощность вентилятором — 0,05, электроподогревателем — 0,65—1,25 *квт*.

Воздух поступает через решетку в дне корпуса, проходит через блок увлажненных минпластовых пластин электронагревателя и подается в помещение.

Местное осушение воздуха без его охлаждения необходимо в географических районах с прохладным влажным климатом (Белорусская ССР, Прибалтийские республики, Ленинградско-Мурманский район, Дальневосточное приморье), а также во влажных субтропиках (побережье Кавказа).

Для этой цели могут применяться сорбционные ** и механические *** осушители.

Промышленностью выпускается механический осушитель воздуха «Азербайджан», модель ОВВ-1,4 (лист VII.10, рис. 6). Основные узлы осушителя: герметический компрессорный агрегат, вентилятор с электродвигателем, блок пускозащитной аппаратуры, воздушный пористый фильтр, ванна для конденсата, наружный кожух и опорная рама.

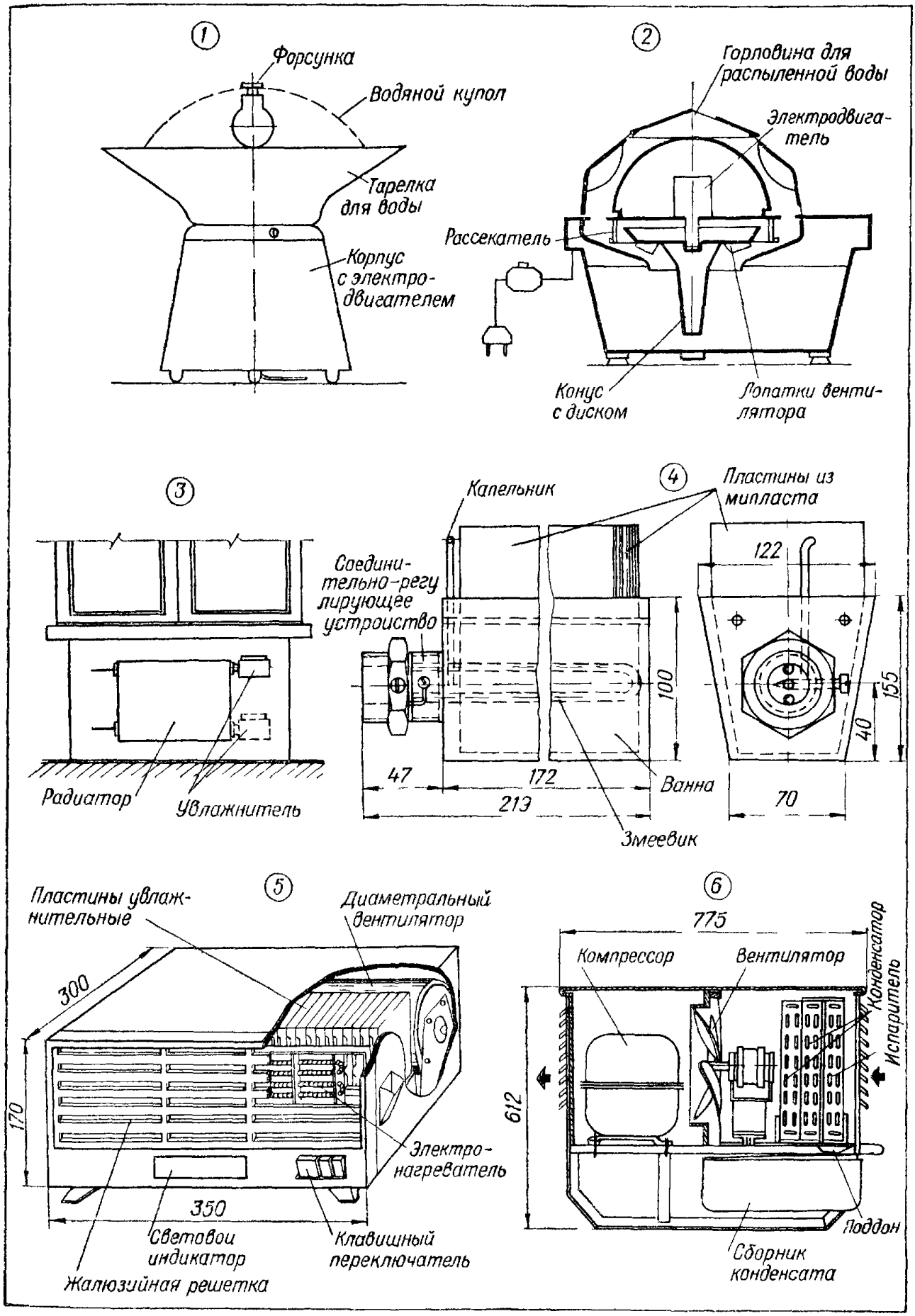
Влажный воздух, проходя последовательно через узлы агрегата, очищается от пыли в фильтре, охлаждается и осушается в испарителе, нагревается в конденсаторе и вновь подается в помещение.

---

* Р. В. Щекин. Увлажнитель воздуха для жилых и общественных зданий. «Строительство и архитектура», 1972, № 7.

** В. И. Сыщиков. Сорбционные осушители воздуха. Л., Стройиздат, 1969.

*** А. А. Гоголин. Осушение воздуха холодильными машинами. М., Госторгиздат, 1962.



Лист VIII. 10. Местные увлажнители и осушители воздуха:

1 — увлажнитель УВ 2, *2* — увлажнитель бытовой «Комфорт», *3* — установка увлажнителя УВЩ, *4* — увлажнитель УВЩ, *5* — бытовой климатизатор, *6* — осушитель воздуха «Азербайджан», модель ОВВ-1,4

Техническая характеристика осушителя «Азербайджан», модель ОВВ-1,4

Объем обслуживаемого помещения, $м^3$	До 400
Наименьшая температура точки росы охлаждаемого воздуха, ° С	+15
Количество удаляемой влаги, *кг/ч*, при параметрах воздуха: $t = 27°$ С, $\varphi = 70\%$	1,4
Холодильный агент	Фреон 22
Расход электроэнергии (ток — переменный), *квт*	1
Мощность электродвигателя вентилятора, *квт*	0,25
То же, компрессора, *квт*	0,7
Емкость ванны для конденсата, *л*	12
Масса осушителя, *кг*	75
Габаритные размеры, *мм*	775×612×550

ЦЕНТРАЛЬНЫЕ ВОДОВОЗДУШНЫЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Общие сведения

Кондиционирование воздуха в современных многоэтажных зданиях с большим количеством периметральных комнат сопряжено с рядом особенностей, которым удовлетворяют центральные водовоздушные СКВ.

Принцип действия этих СКВ состоит в том, что очистка, тепловлажностная обработка и подача санитарной нормы наружного воздуха осуществляются центральными кондиционерами, а очистка, охлаждение или нагревание (без изменения влагосодержания) рециркуляционного воздуха — местными кондиционерами-доводчиками. Через теплообменники доводчиков циркулирует нагретая или охлажденная вода, подаваемая от центральных водоподогревателей и водоохладителей.

Применяются кондиционеры-доводчики, смешивающие наружный (первичный) и рециркуляционный воздух, или работающие только на рециркуляционном воздухе. В последнем случае наружный воздух подается самостоятельной СКВ через отдельные воздухораспределители. Доводчики могут быть вентиляторными или эжекционными.

Наибольшее распространение получили водовоздушные системы с эжекционными кондиционерами-доводчиками. Они обладают рядом достоинств.

Эти системы выполняют одновременно отопительные функции, что дает возможность в нерабочее время выключать центральные кондиционеры и переводить доводчики на естественную конвекцию.

На рис. 1 (лист VIII.11) представлена конструкция ЭКД типов КНЭ-У-0,8А и КНЭ-У-1,2 *.

Наружный воздух по гибкому патрубку поступает в распределительную трубу и выходит в напорную камеру через регулируемое щелевое отверстие. Из напорной камеры первичный воздух выходит через сопла диаметром 3,5—5,5 *мм* из упругого материала со скоростью до 18 *м/с* и эжектирует рециркуляционный (вторичный) воздух, проходящий через сетчатый фильтр и теплообменники. Количество эжектируемого (вторичного) воздуха в 1,5—3,5 раза больше количества эжектирующего (первичного).

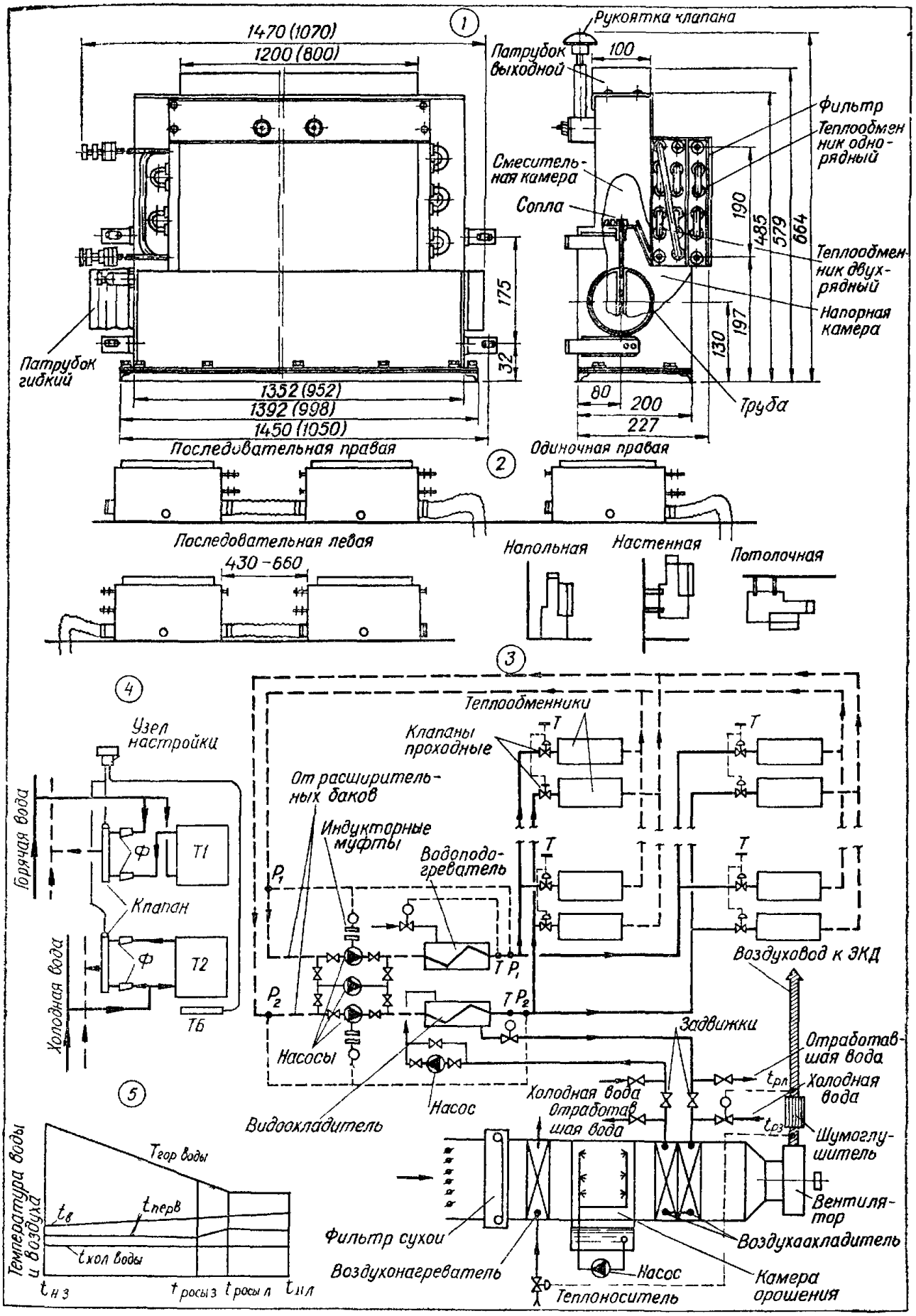
Теплообменники — трубчато-змеевиковые, оребренные алюминиевыми пластинами. Кондиционеры могут быть укомплектованы двух- или трехрядными теплообменниками. Трехрядный теплообменник состоит из двухрядного и однорядного теплообменников, установленных последовательно по ходу воздуха.

Конструкция ЭКД дает возможность выполнять следующие варианты монтажа: правое и левое присоединения по первичному воздуху и трубопроводам; последовательное соединение по первичному воздуху до трех агрегатов (в одном помещении); напольное, навесное и потолочное положение (лист VIII.11, рис. 2).

Технические данные об ЭКД приведены в табл. VIII.27.

---

* Строительный каталог. Ч. 5, р. 9. Кондиционеры, вентиляторы, калориферы. Паспорт № 9.01.00.238. М., ЦНИИТЭстроймаш, 1973.



Лист VIII.11. Водовоздушные системы с эжекционными кондиционерами-доводчиками:

1 — эжекционные кондиционеры-доводчики типа КНЭ-У-0,8А и типа КНЭ-У-1,2 (размеры в скобках для КНЭ-У-0,8А); *2* — возможные схемы применения; *3* — принципиальная схема четырехтрубной системы с двумя теплообменниками; *4* — принципиальная схема присоединения регуляторов РТК-5225-$\frac{1ТС\text{-}15}{2ТС\text{-}15}$ к теплообменникам; *5* — график регулирования температуры в четырехтрубной системе.

Таблица VIII.27. **Технические данные эжекционных кондиционеров-доводчиков**

Наименование показателей	Единица измерения	Тип кондиционера		
		КНЭ-У-0,8	КНЭ-У-0,8А	КНЭ-У-1,2
Производительность по первичному воздуху	$м^3/ч$	60—80	40—150	80—225
Холодопроизводительность теплообменника по явному теплу при $t_{в.н} = 10°$ С	*ккал/ч*	400—500	350—650	500—1000
Теплопроизводительность поверхностного теплообменника при теплоносителе $T_{в.н} = 90°$ С, $T_{в.к} = 70°$ С:				
при работе с эжекцией	*ккал/ч*	2000	2700	3500
при режиме естественной конвекции при $t_{рец} = 16°$ С	»	1100	1100	1500
Давление первичного воздуха перед кондиционером (не более)	$кгс/м^2$	40	40	40
Рабочее давление воды в теплообменниках (не более)	$кгс/см^2$	12	12	12
Масса кондиционера (не более):				
с двухрядным теплообменником	*кг*	25	21	31
с трехрядным теплообменником	»	—	25	35

Регулирование температуры воздуха производится по тепло- и холодоносителю автоматически при помощи регулирующих клапанов, на которые воздействуют датчики температуры в помещении. Клапаны устанавливаются на подводках к теплообменникам. Дополнительное ручное регулирование возможно при помощи воздушного клапана (в КНЭ-У-0,8А и КНЭ-У-1,2).

Различаются следующие водовоздушные системы с применением ЭКД:

двухтрубная с подачей холодного первичного воздуха и теплой воды;

двухтрубная с подачей теплого воздуха и холодной воды;

трехтрубная с подачей холодной и горячей воды;

четырехтрубные с одним или с двумя теплообменниками и подачей холодной и горячей воды.

Предложены также схемы однотрубных систем тепло- и холодоснабжения эжекционных доводчиков с двумя теплообменниками *.

Наиболее простыми являются двухтрубные системы. Двухтрубная система с подачей холодного первичного воздуха и теплой воды применима в зданиях с небольшими теплоизбытками, когда первичный воздух в состоянии ассимилировать все теплопоступления без охлаждения рециркуляционного воздуха в теплообменнике. При этом необходимое количество первичного воздуха оказывается значительно бо́льшим по сравнению с требуемым по санитарным нормам. Для устранения этого применима схема с центральной рециркуляцией.

Трехтрубные системы с одновременной подачей холодной и горячей воды и общим обратным трубопроводом обладают рядом недостатков и не оправдали себя на практике.

Четырехтрубная система с двумя теплообменниками в ЭКД наиболее надежна в эксплуатации.

---

* В. Е. Карпис. Расчет однотрубной системы холодоснабжения эжекционных доводчиков. «Водоснабжение и санитарная техника», 1975, № 5.

Четырехтрубная система с эжекционными кондиционерами-доводчиками

Однорядный теплообменник присоединен к двухтрубному контуру горячей воды, а двухрядный — к двухтрубному контуру холодной воды. Присоединение теплообменников на схеме (лист VIII.11, рис. 3) условно показано разносторонним. В ЭКД, выпускаемых промышленностью, входные и выходные штуцера теплообменников расположены с одной стороны теплообменников. Нижние штуцера предназначены для входа теплоносителя и холодоносителя, а верхние — для выхода.

Основной особенностью и преимуществом четырехтрубной системы с двумя теплообменниками является то, что контуры горячей и холодной воды полностью разделены. В летнем режиме может полностью выключаться контур горячей воды, а в зимнем — холодной. В переходном режиме работают оба контура. График регулирования температуры приведен на листе VIII.11, рис. 5.

Данная система наиболее надежна в эксплуатации и легко автоматизируется, но при применяемых проходных клапанах требуется автоматика для поддержания постоянного давления в каждом контуре (датчики P_1 и P_2 и индукторные муфты у насосов, показанные на общей принципиальной схеме системы).

Более целесообразно применение регулятора температуры типа РТК-5225-$\frac{1ТС\text{-}15}{2ТС\text{-}15}$, рекомендуемого ЦНИИпромзданий. Принципиальная схема обвязки ЭКД с этими регуляторами приведена на рис. 4 (лист VIII.11). Эти регуляторы обеспечивают постоянство расхода воды через клапаны, а следовательно, гидравлическую устойчивость системы тепло- и холодоснабжения, что позволяет отказаться от автоматики поддержания постоянного давления в каждом контуре.

На входных штуцерах клапанов обязательно устанавливаются фильтры *Ф*, предохраняющие седла клапанов от засорения. Сильфон узла настройки соединяется капиллярными трубками с сильфонами клапанов и отдельной капиллярной трубкой с термобаллоном *ТБ*, устанавливаемым в потоке рециркуляционного (вторичного) воздуха перед теплообменниками ЭКД. Один регулятор может обслужить 3÷4 ЭКД (в одном помещении).

Расчет и подбор режимов работы ЭКД рекомендуется производить в такой последовательности *.

Устанавливается глубина зоны обслуживания $l_{макс}$ при максимально допустимой высоте помещения $H_п = 3{,}5$ *м* для подоконной установки ЭКД: при $H_п = 3{,}5$ *м* $l_{макс} = 6$ *м*; при $H_п = 2{,}5$ *м* $l_{макс} = 5$ *м*. Промежуточные значения определяются интерполяцией.

По глубине помещения, существенно большей, чем $l_{макс}$, воздух подается во внутреннюю зону от отдельной центральной СКВ.

Количество воздуха, $м^3/ч$, из условия получения допустимых скоростей движения воздуха в рабочей зоне по приближенной формуле

$$L_{общ} = LBH_п, \qquad \text{(VIII.64)}$$

где L — объем воздуха, приходящийся на 1 $м^2$ поперечного сечения помещения (при $l = 3$ *м* $L = 60$; при $l = 6$ *м* $L = 90$ $м^3/м^2 \cdot ч$);

B — ширина наружной стены помещения, *м*.

Промежуточные значения находятся по интерполяции.

Выпуск воздуха производится через решетки с перьями, направленными вглубь помещения (угол 20° от плоскости стены).

Максимально допустимое значение критерия Архимеда, при котором обеспечивается устойчивое настилание струи на потолок помещения при выпуске из ЭКД типа КНЭ-У определяется по формуле

$$Ar_{кр} = \sqrt{\left(\frac{0{,}1}{H_п - h_{пр}}\right)^3}, \qquad \text{(VIII.65)}$$

где $h_{пр}$ — высота приточной решетки от пола, *м*.

Максимальная рабочая разность температур, °С, между приточным воздухом t_0 и воздухом помещения $t_в$

$$\Delta t_{р\,макс} = 2H_п. \qquad \text{(VIII.66)}$$

---

* По методике и данным О. Я. Кокорина и Л. И. Ставицкого (ЦНИИпромзданий).

Расчетные рабочие разности температур для теплого $\Delta t_{р.л}$ и холодного $\Delta t_{р.з}$ периодов года подсчитываются по формуле

$$\Delta t_р = \frac{\Sigma Q_{макс}}{L_{общ}\gamma_0 c'_р}, \qquad \text{(VIII.67)}$$

где $\Sigma Q_{макс}$ — суммарные расчетные теплопотери или теплопоступления в помещение, *ккал/ч*;

γ_0 — объемная масса приточного воздуха, *кг/м*^{3};

$c'_р$ — теплоемкость воздуха, *ккал/кг* · °С.

В случае, если требуемое значение $\Delta t_р$, определенное по формуле (VIII.67), окажется выше $\Delta t_{р.макс}$, то следует принять меры для снижения теплопотерь или теплопоступлений через наружные ограждения помещения.

Минимально допустимая скорость выхода воздуха из приточной решетки ЭКД для условия устойчивого настилания струи на потолок помещения определяется по формуле

$$v_{о.мнн} = 1{,}1\sqrt{\frac{g b_{пр}\Delta t_{р.л}}{Ar_{кр}(273 + t_{в.л})}}, \qquad \text{(VIII.68)}$$

где g — ускорение свободного падения, *м/с*^{2}

$b_{п.р} = \frac{f_{ж.с}}{l_{пр}}$ — ширина приточной решетки, *м*;

$f_{ж.с}$ — живое сечение приточной решетки, *м*^{2};

$l_{пр}$ — длина приточной решетки, *м*;

$t_{в.л}$ — температура воздуха помещения в теплый период года, °С.

Максимально допустимая скорость воздуха для ЭКД ограничивается допустимым уровнем шума в соплах и составляет:

при $d_с = 3{,}5$ *мм* $v_{о.макс} = 1{,}5$ *м/с*;

при $d_с = 4{,}5$ и $5{,}5$ *мм* $v_{о.макс} = 1{,}8$ *м/с*.

Производительность одного ЭКД по приточному воздуху определяется по формуле

$$L_0 = f_{ж.с} v_0 \cdot 3600. \qquad \text{(VIII.69)}$$

Рекомендуемые значения размеров приточной решетки для ЭКД типа КНЭ-У следующие:

ширина $b = 0{,}101$ *м*, число перьев $s = 4$; толщина пера $\delta = 0{,}004$ *м*; угол между вертикальной осью и плоскостью пера $\alpha = 20^0$; длина решетки $l_{п.р} = 0{,}8$ и $1{,}2$ *м* соответственно для КНЭ-У-0,8А и КНЭ-У-1,2.

При этих размерах для КНЭ-У-0,8А $f_{ж.с} = 0{,}064$; для КНЭ-У-1,2 $f_{ж.с} = 0{,}096$ *м*^{2}.

Подставляя в формулу (VIII.69) значения $v_{о.мин}$ и $v_{о.макс}$, определяют границы возможного изменения производительности по приточному воздуху для обоих типов ЭКД — $L_{о.мин}$ и $L_{о.макс}$.

Определяется максимальное и минимальное количество ЭКД, требуемых для установки в помещении:

$$N_{макс} = \frac{L_{общ}}{L_{о.мин}}; \quad N_{мнн} = \frac{L_{общ}}{L_{о.макс}}. \qquad \text{(VIII.70)}$$

Руководствуясь конструктивными и экономическими соображениями, а также требованиями комфорта, определяют тип и оптимальное количество ЭКД $N_{мин} \leqslant N_{опт} \leqslant N_{макс}$.

При этом следует учитывать, что длина ЭКД типа КНЭ-УО,8А с подводящими коммуникациями равна 1,5 *м*, а КНЭ-У-1,2—2,0 *м*.

Определяется общее количество первичного воздуха $L_{общ.перв}$ на помещение. Выбор производится, исходя из следующих соображений.

1. Количество первичного воздуха должно обеспечивать санитарную норму подачи свежего воздуха для людей, находящихся в помещении,

$$L_{\text{общ.перв.1}} = aL_{\text{с}}, \tag{VIII.71}$$

где a — расчетное количество людей в помещении;
$L_{\text{с}}$ — объем свежего наружного воздуха, принимаемый в соответствии с санитарной нормой до 50—80 $м^3/ч$ на 1 человека.

При определении санитарной нормы наружного воздуха следует учитывать плотность заселения помещения, степень применения в нем синтетических отделочных материалов и среднее число посетителей.

2. Количество первичного воздуха должно обеспечивать ассимиляцию влаговыделений в помещении и поддержание комфортного влажностного режима:

$$L_{\text{общ.перв.2}} = \frac{aW}{(d_{\text{в}} - d_{\text{перв}})\,\gamma_{\text{перв}}}, \tag{VIII.72}$$

где W — влаговыделения от одного человека, $г/ч$;
$d_{\text{в}}$ — влагосодержание воздуха в помещении, $г/кг$;
$d_{\text{перв}}$ — влагосодержание первичного воздуха, $г/кг$;
$\gamma_{\text{перв}}$ — объемная масса первичного воздуха, $кг/м^3$.

3. Если первичный воздух выполняет в системе функции теплоносителя или холодоносителя, то он должен компенсировать соответственно теплопотери или теплопоступления в помещении:

$$L_{\text{общ.перв.3}} = \frac{\Sigma Q_{\text{макс}}}{\gamma_{\text{перв}} c'_{\text{р}} \Delta t_{\text{перв}}}, \tag{VIII.73}$$

где $\Delta t_{\text{перв}}$ — рабочая разность температур по первичному воздуху, °С.

Выбирают наибольшее из значений $L_{\text{общ.перв.}}$, вычисленных по формулам (VIII.71) — (VIII.73), и определяют количество первичного воздуха для одного ЭКД:

$$L_{\text{перв}} = \frac{L_{\text{общ.перв}}}{N_{\text{опт}}}. \tag{VIII.74}$$

Оптимальное количество приточного воздуха для одного ЭКД

$$L_{\text{о.опт}} = \frac{L_{\text{общ}}}{N_{\text{опт}}}. \tag{VIII.75}$$

Зная $L_{\text{о.опт}}$ и $L_{\text{перв}}$, по графику (лист VIII.12, рис. 2) определяют диаметр сопел. Если расход первичного воздуха, определенный по формуле (VIII.90), недостаточен для получения требуемого расхода приточного воздуха, то $L_{\text{перв}}$ увеличивают до необходимого значения.

При подборе диаметра сопел следует учитывать, что верхние граничные значения характеристик ЭКД соответствуют предельно допустимым значениям уровня шума для помещений, в которых обычно применяются ЭКД.

Расчетные нагрузки на теплообменник, $ккал/ч$, каждого ЭКД определяются по формулам:

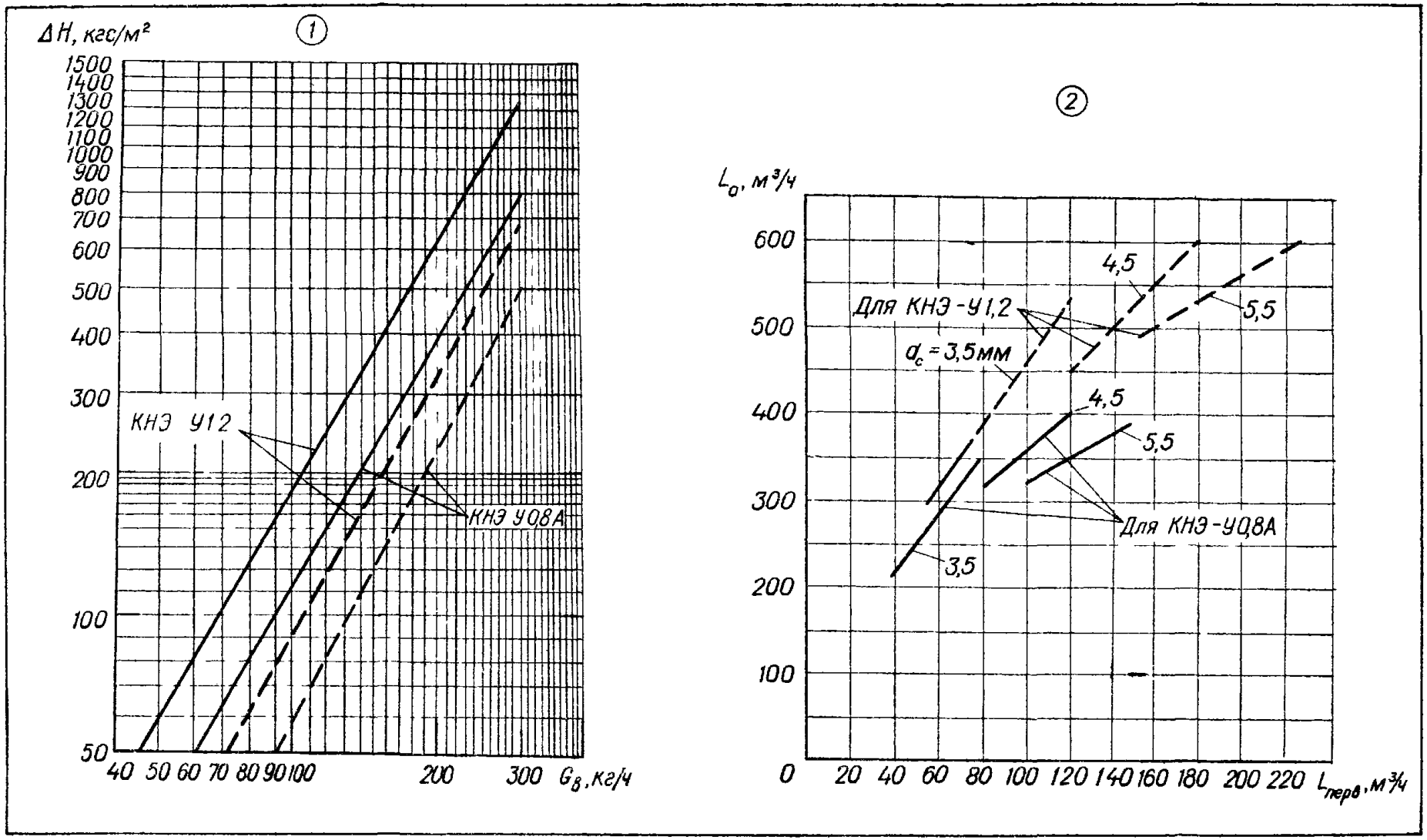
для теплого периода года

$$Q_{\text{охл}} = \frac{\Sigma Q_{\text{макс.л}}}{N_{\text{опт}}} - L_{\text{перв}} \gamma_{\text{перв}} c'_{\text{р}} (t_{\text{в.л}} - t_{\text{перв.л}}); \tag{VIII.76}$$

для холодного периода года

$$Q_{\text{т}} = \frac{\Sigma Q_{\text{макс.з}}}{N_{\text{опт}}} + L_{\text{перв}} \gamma_{\text{перв}} c'_{\text{р}} (t_{\text{в.з}} - t_{\text{перв.з}}); \tag{VIII.77}$$

$$Q_{\text{т.к}} = Q_{\text{т}} \frac{t_{\text{в.д}} - t_{\text{н.з}}}{t_{\text{в з}} - t_{\text{н.з}}}, \tag{VIII.78}$$



Лист VIII. 12. Графики для расчета ЭКД:

1 — гидравлическое сопротивление проходу воды для теплообменников КНЭ-У-0,8А и КНЭ-У-1,2 (для однорядных теплообменников — пунктирные линии, для двухрядных — сплошные), *2* — зависимость расхода приточного воздуха L_0 от расходов первичного воздуха $L_{перв}$ (КНЭ-У 1,2 — пунктирные линии, КНЭ-У-0,8А — сплошные).

где $\Sigma Q_{\text{макс.л}}$, $\Sigma Q_{\text{макс.з}}$ — соответственно суммарные расчетные теплопоступления и теплопотери в помещении, в теплый и холодный периоды, *ккал/ч*;

$Q_{\text{т.к}}$ — теплопотери, приходящиеся на один ЭКД при дежурном отоплении, *ккал/ч*;

$t_{\text{н.з}}$ — расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года, °С;

$t_{\text{в.з}}$ и $t_{\text{в.д}}$ — температура воздуха в помещении — расчетная и при дежурном отоплении, °С;

$t_{\text{перв.л}}$ и $t_{\text{перв.з}}$ — температура первичного воздуха соответственно для теплого и холодного периодов года, °С.

Расчетная начальная температура холодной воды $t_{\text{в.н}}$ выбирается такой, чтобы в теплообменниках ЭКД не выпадал конденсат, для отвода которого могут потребоваться дренажные трубопроводы. Температура $t_{\text{в.н}}$ принимается

$$t_{\text{в.н}} \geqslant t_{\text{р.в}} + (1 \div 2), \qquad \text{(VIII.79)}$$

где $t_{\text{р.в}}$ — температура точки росы воздуха помещения, ° С.

Зная $Q_{\text{охл}}$ и $t_{\text{в.н}}$, можно определить требуемый удельный показатель холодопроизводительности теплообменника ЭКД:

$$A_{\text{охл}} = \frac{Q_{\text{охл}}}{\gamma_{\text{в}} (t_{\text{в.л}} - t_{\text{в.н}})}, \qquad \text{(VIII.80)}$$

где $\gamma_{\text{в}}$ — объемная масса рециркуляционного воздуха, *кг/м*^{3}.

По найденным значениям $A_{\text{охл}}$, $L_{\text{перв}}$, *м*^{3}*/ч* (соответствующему $G_{\text{н}}$, *кг*, на графиках и диаметру сопел $d_{\text{с}}$), для выбранного типа ЭКД определяется расход холодной воды через теплообменник $G_{\text{в}}$ по данным графиков на листе VIII.13. Для ЭКД с трехрядными теплообменниками к значениям показателя $A_{\text{охл}}$, приведенным на графиках, при работе на холодной воде двухрядного теплообменника вводится множитель 0,95, а при работе на холодной воде однорядного теплообменника—0,64.

Удельный показатель тепловой производительности в режиме вынужденной конвекции $A_{\text{т}}$ и в режиме естественной конвекции $A_{\text{т.к}}$, отнесенных к 1° С разности начальных температур горячей воды и рециркуляционного воздуха,

$$A_{\text{т}} \text{ и } A_{\text{т.к}} = \frac{G_{\text{в}} c_{\text{в}} (T_{\text{в н}} - T_{\text{в.к}})}{T_{\text{в н}} - t_{\text{в}}} \cdot \frac{1}{\gamma_{\text{в}}}, \qquad \text{(VIII.81)}$$

где $G_{\text{в}}$ — расход воды, *кг/ч*;

$c_{\text{в}}$ — теплоемкость воды, *ккал/ч*;

$T_{\text{в.н}}$ — начальная температура горячей воды, °С;

$T_{\text{в к}}$ — конечная температура горячей воды, °С;

$t_{\text{в}}$ — температура рециркуляционного воздуха, °С;

$\gamma_{\text{в}}$ — плотность рециркуляционного воздуха, *кг/м*^{3}.

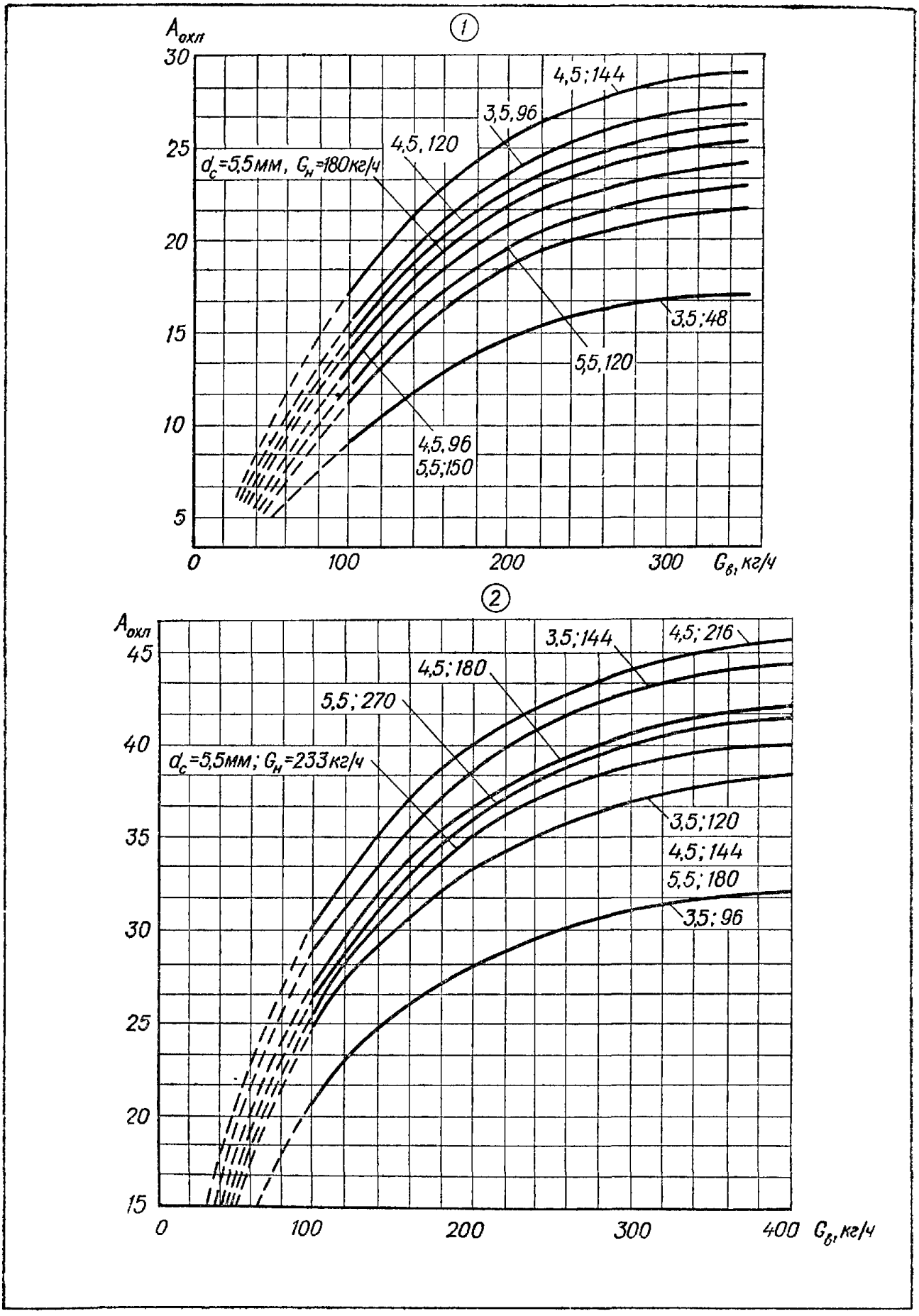
К значениям показателей $A_{\text{т}}$ и $A_{\text{т.к}}$, приведенным на листах VIII.14 и VIII.15 при трехрядных теплообменниках, вводится понижающий коэффициент 0,95, если двухрядный теплообменник работает на горячей воде. При работе на горячей воде однорядного теплообменника к значению показателя $A_{\text{т}}$ необходимо вводить множитель 0,64, а к значению $A_{\text{т к}}$ — 0,4.

Расчет режимов нагрева необходимо начинать с режима естественной конвекции, поскольку при этом теплообменник ЭКД имеет наименьшие удельные показатели теплопроизводительности.

Определив по формуле (VIII.78) значение $Q_{\text{т.к}}$, по одному из графиков на листе VIII.16 находят минимально допустимый расход воды $G_{\text{в.г}}$ при максимально допустимом температурном перепаде $T_{\text{в г}} - t_{\text{в.д}}$ (значение перепада указано на кривых).

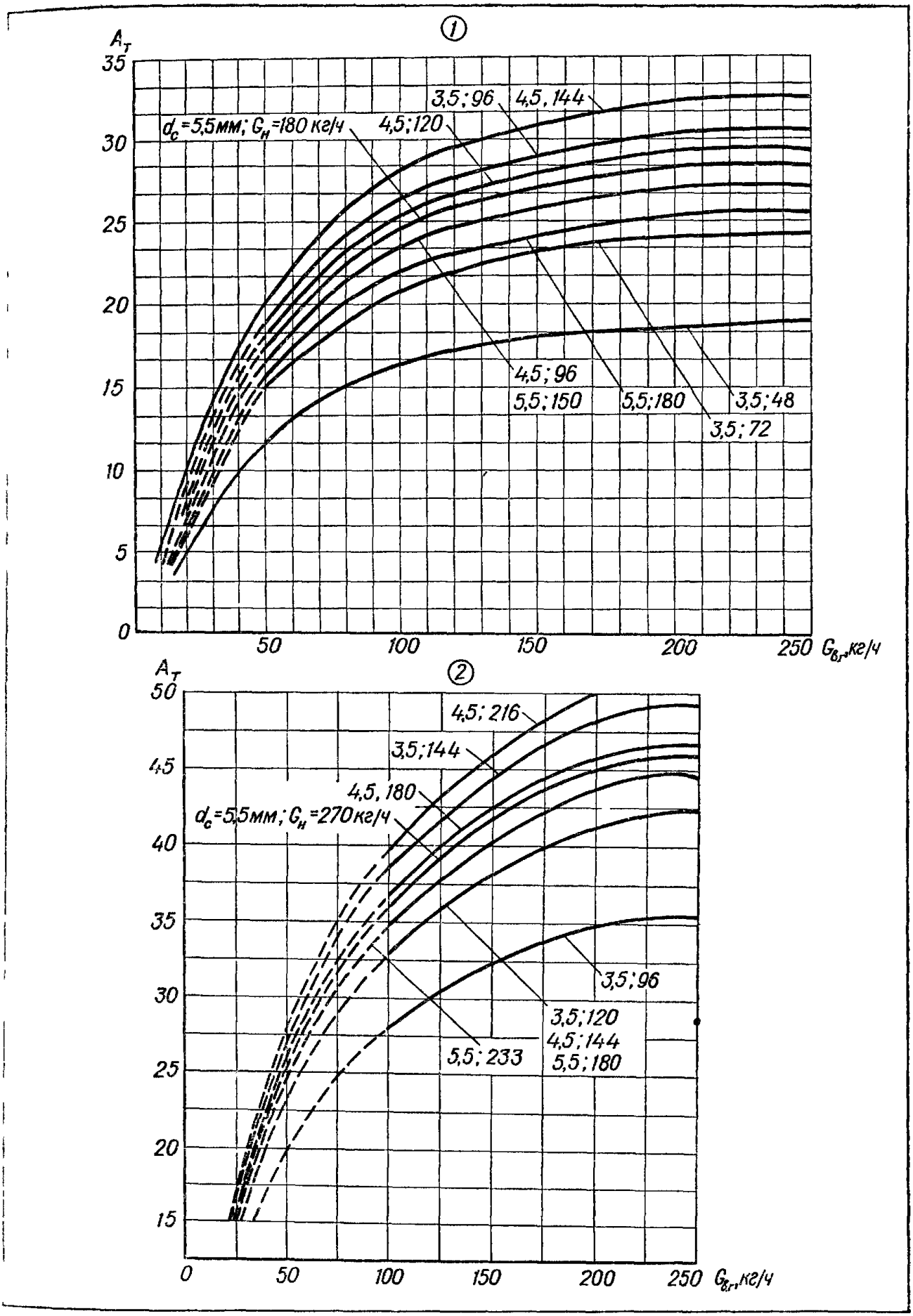
При этом руководствуются следующими соображениями:

исходя из условий обеспечения нормальных динамических свойств регуляторов типа РТК, расход воды через клапан должен быть не менее 140—160 *кг/ч* (при перепаде давлений в клапане соответственно Δp = 0,3—0,4 *кгс/см*^{2});



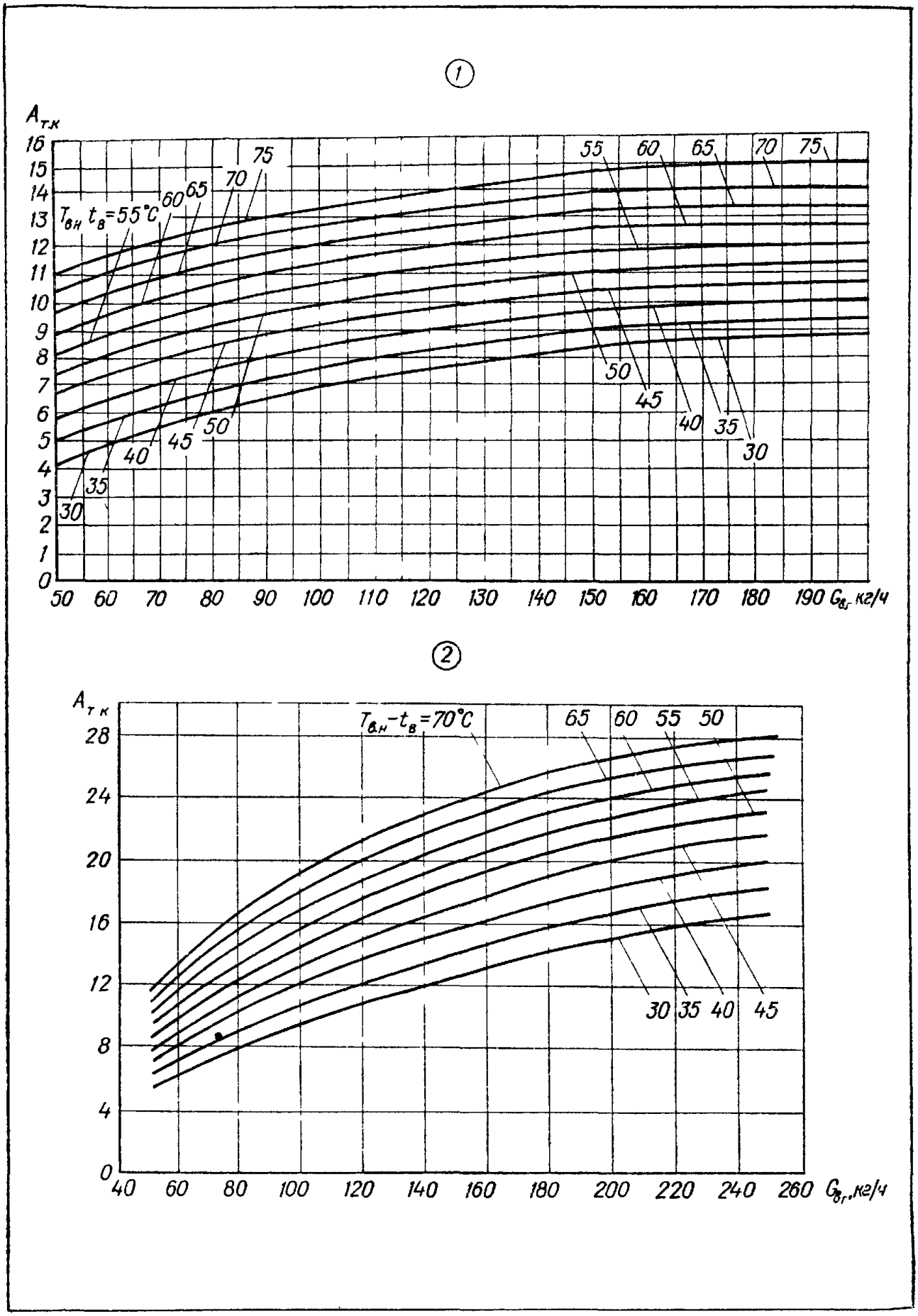
Лист VIII. 13. Удельный показатель $A_{охл}$ в двухрядном теплообменнике ЭКД:

1 — типа КНЭ-У-0,8А; *2* — типа КНЭ-У-1,2.



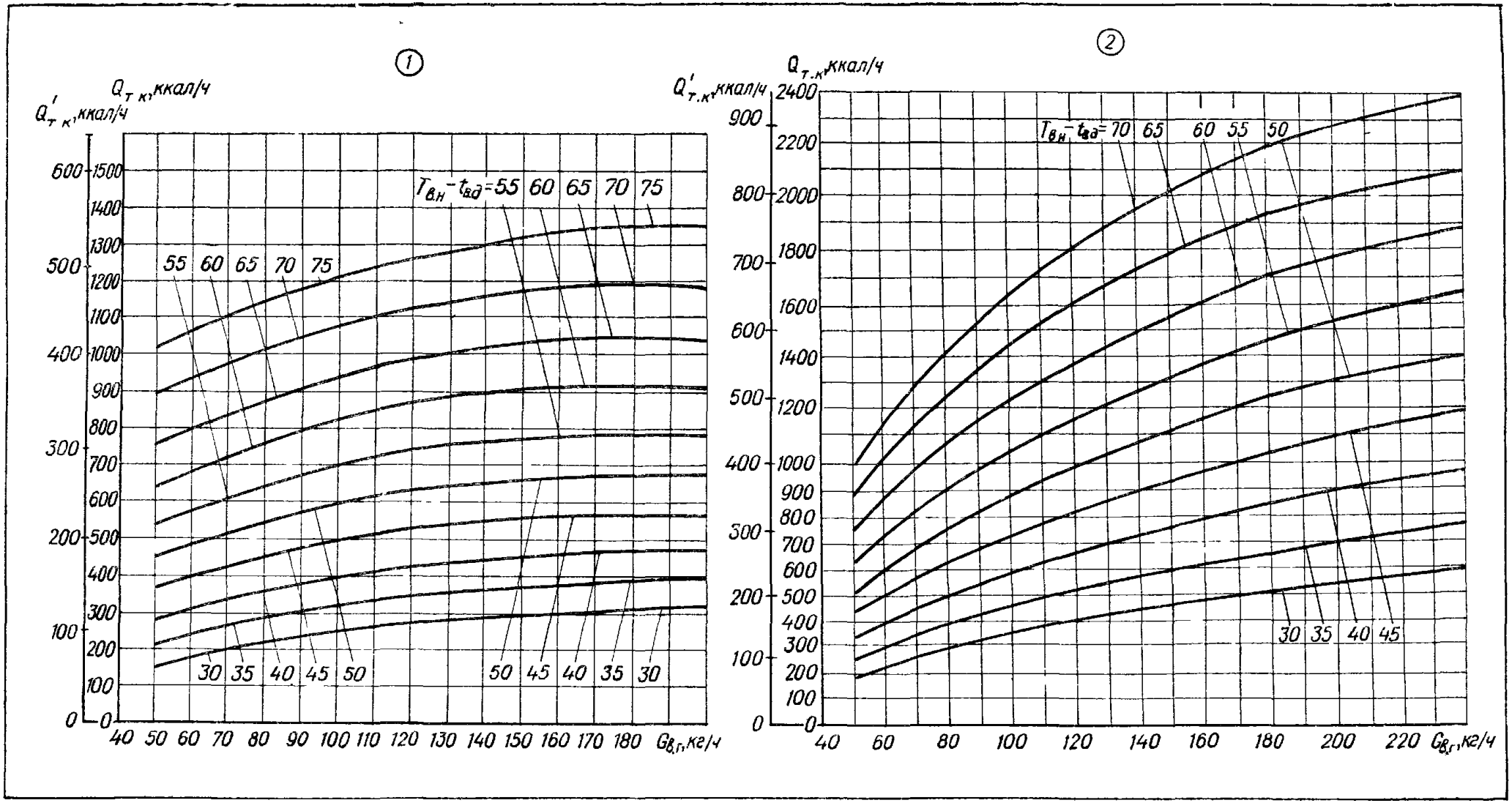
Лист VIII. 14. Удельный показатель $A_т$ в двухрядном теплообменнике ЭКД:

1 — типа КНЭ-У-0,8А; *2* — типа КНЭ-У-1,2.



Лист VIII.15. Удельный показатель $A_{т.к}$ в двухрядном теплообменнике ЭКД при последовательном соединении двух теплообменников по воде и по воздуху.

1 — типа КНЭ У 0,8А, *2* — типа КНЭ У-1,2



Лист VIII.16. Теплопроизводительность теплообменников ЭКД при режиме естественной конвекции:

1 — для КНЭ-У-0,8А; *2* — для КНЭ-У-1,2. $Q_{т.к}$ — для двухрядного теплообменника; $Q'_{т.к}$ — для трехрядного теплообменника (однорядный теплообменник — для горячей воды).

расчетная начальная температура горячей воды $T_{в.г}$ не должна превышать 90° С (во избежание пригорания пыли на фильтре теплообменника).

Определив разность $T_{в.г} - t_{в.д}$, легко определить $T_{в.г}$ в режиме естественной конвекции для холодного периода года.

Зная расход горячей воды $G_{в.г}$, можно найти требуемый удельный показатель $A_т$, пользуясь графиками на листе VIII.14, а также приведенными выше указаниями.

Расчетная начальная температура горячей воды $T_{в.г}$, при подаче первичного воздуха для холодного периода года, определяется после подстановки известных величин в формулу

$$A_т = \frac{Q_т}{\gamma_в (T_{в.г} - t_{в.д})}. \qquad \text{(VIII.82)}$$

По найденным значениям расходов холодной и горячей воды подбирается регулирующий клапан.

Гидравлическое сопротивление теплообменников находят по графику на листе VIII.12, рис. 1.

Необходимое статическое давление первичного воздуха приведено на листе VIII.17, рис. 2 и 3. На этом же листе (рис. 1) даны значения коэффициентов эжекции

$$k_{эж} = \frac{L_0 - L_{перв}}{L_{перв}}. \qquad \text{(VIII.83)}$$

Рабочие чертежи конструктивных решений по установке ЭКД и прокладке коммуникаций разработаны Моспроектом 2 *.

Отключение контура теплоснабжения в четырехтрубных системах предусматривается при $t_н > t_в$, а контура холодоснабжения — при $t_н < -10°$ С.

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

В качестве теплоносителя для снабжения теплом воздухонагревателей СКВ, как правило, применяется вода. В отдельных случаях возможно применение пара низкого давления, но при этом необходима установка в обводном канале воздушных клапанов, предназначенных для улучшения условий регулирования температуры подогреваемого воздуха.

Воздухонагреватели первого подогрева присоединяются к водяным тепловым сетям по непосредственной схеме.

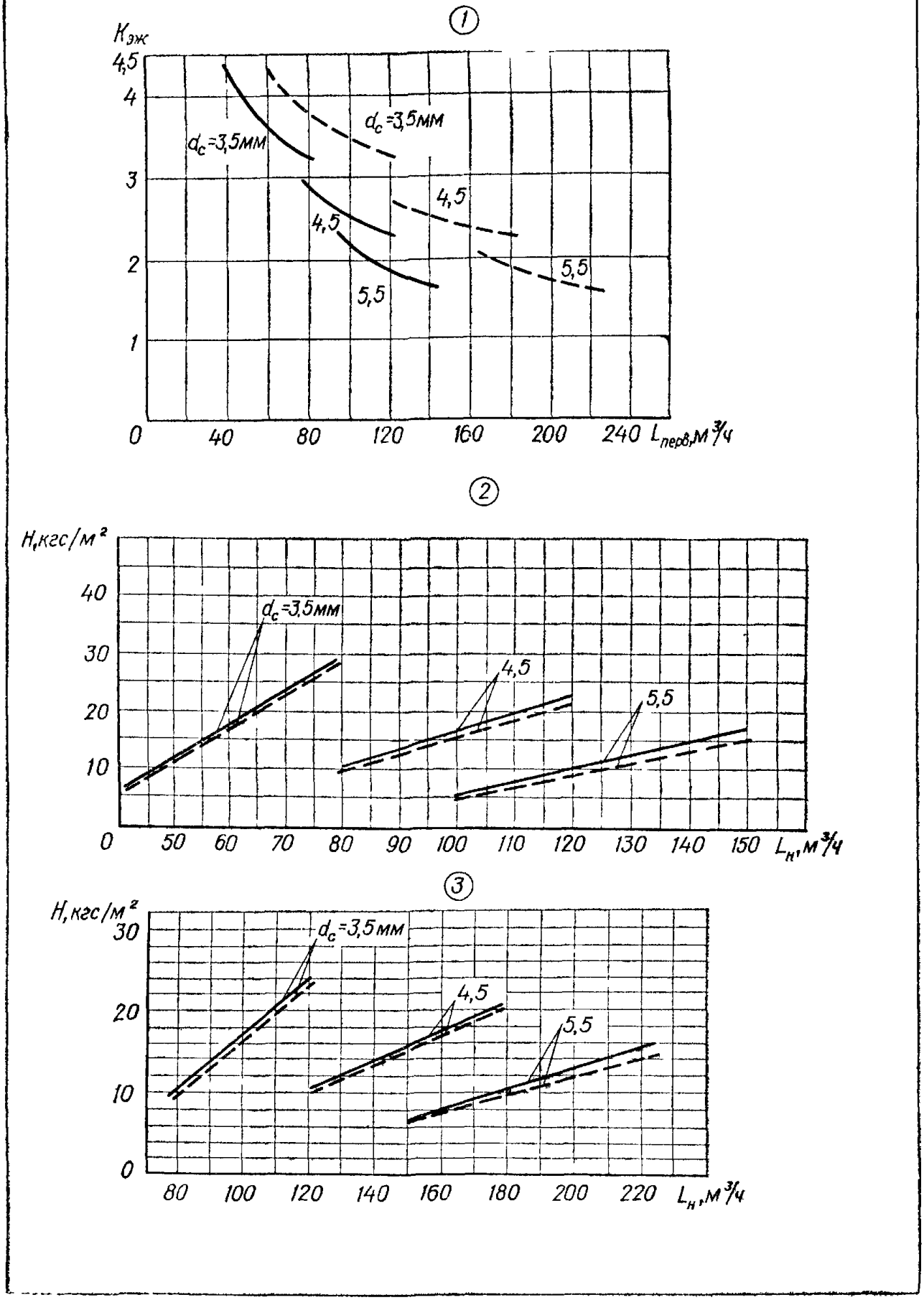
Воздухонагреватели второго подогрева и местных или зональных доводчиков снабжаются водой с постоянной температурой. Для приготовления воды с постоянной температурой используют смесительные установки, выполненные по схеме, изображенной на листе VIII.18, рис. 1.

По этой схеме вода из подающей линии теплофикационной сети проходит через автоматический клапан *К2*, смешивается с частью воды, возвращающейся из воздухонагревателей. Циркуляция в контуре создается насосом. Клапаном *К2* управляет датчик *Т*, поддерживающий постоянную температуру воды перед воздухонагревателями на заданном уровне. После воздухонагревателей вода частично отводится в обратную линию теплосети, а частично на рециркуляцию к насосу (через обратный клапан *ОК1*).

Для регулирования теплоотдачи воздухонагревателей устанавливаются клапаны *К1*. При частичном или полном закрытии этих клапанов вода также частично или полностью поступает по обводной линии с регулятором *К3* «до себя». В теплый период года, когда температура воды в теплосети поддерживается на постоянном уровне, смесительная установка отключается и циркуляция воды через воздухонагреватели осуществляется по обводной линии у насоса.

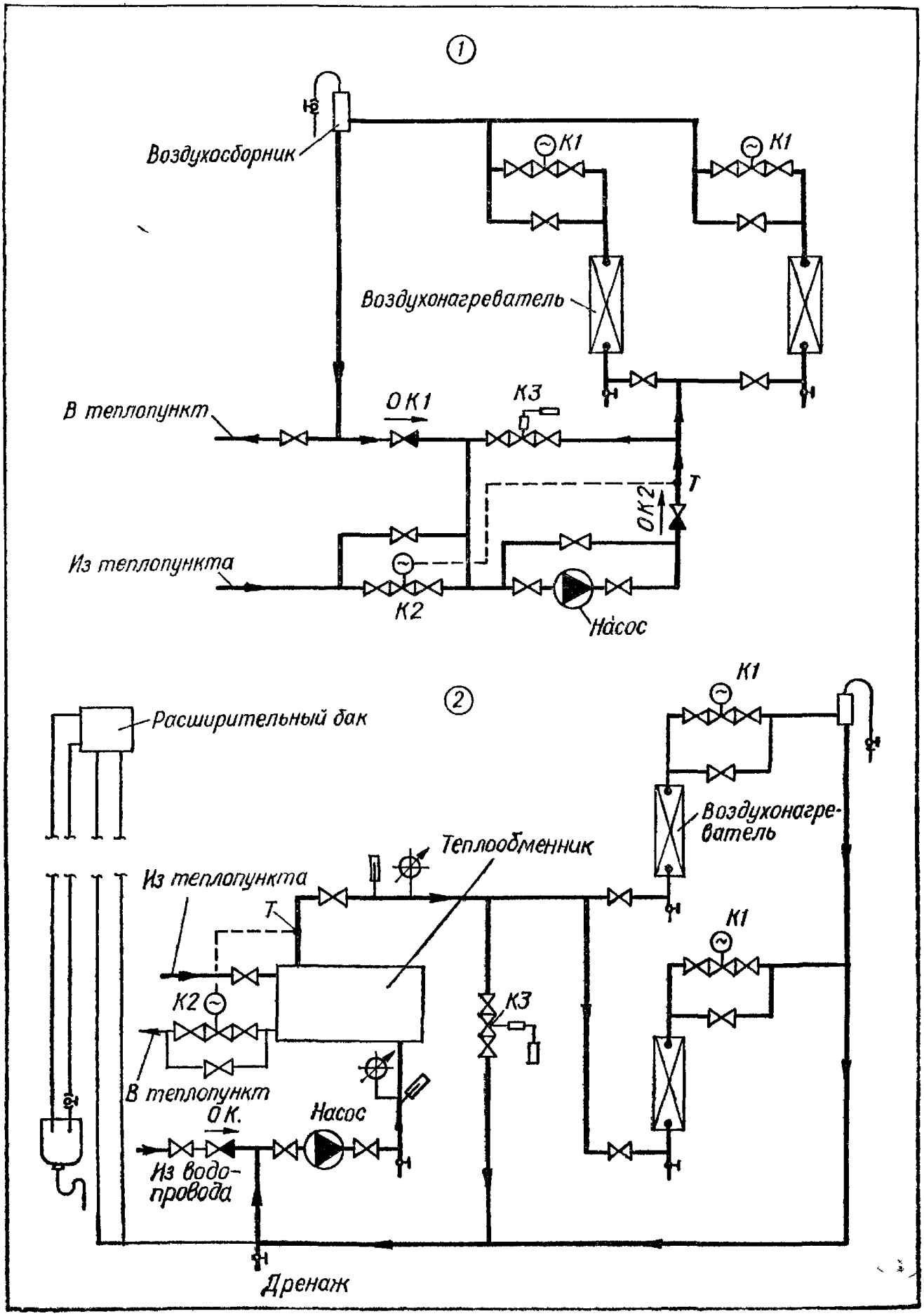
Расчетная температура воды, подаваемой к калориферам второго, местного или зонального подогрева, обычно принимается в пределах 60—70° С. Температура обратной воды соответственно 40—50° С.

* Пособие для проектирования. Раздел 15. Вентиляция, серия 2. Системы кондиционирования воздуха с эжекционными доводчиками. М., Моспроект 2, 1970.



Лист VIII.17. Графики для расчета ЭКД:

1 — изменение коэффициента эжекции $k_{эж}$ при режиме нагрева воздуха; *2* — требуемое давление первичного воздуха для КНЭ-У-0,8А ($H_{ст.кам}$ — сплошные линии, $H_{дин.сопел}$ — пунктирные линии); *3* — требуемое давление первичного воздуха для КНЭ-У-1,2 ($H_{ст.кам}$ — сплошные линии; $H_{дин\ сопел}$ — пунктирные).



Лист VIII.18. Принципиальные схемы теплоснабжения калориферов второго, местного и зонального подогрева:

1 — со смесительной установкой; *2* — независимая, закрытая с водоводяным теплообменником.

Приготовление теплоносителя с постоянной температурой можно производить также с помощью водоводяных теплообменников по независимой, закрытой схеме, изображенной на листе VIII.18, рис. 2.

По этой схеме вода из подающей линии теплосети подается через клапан *К2* в водоводяной теплообменник, где нагревает вторичный теплоноситель (воду) до заданной температуры (обычно 60° С). Обратная вода из теплобменника отводится в обратную линию теплосети. Постоянная температура воды, подаваемой в воздухонагреватели, поддерживается клапаном *К2*, который управляется датчиком *Т*.

Насос создает циркуляцию воды в замкнутом контуре: насос — водоводяной теплообменник — воздухонагреватели — насос. Регулирование теплоотдачи воздухонагревателей осуществляется при помощи клапанов *К1* путем изменения количества воды. При этом изменяется количество воды, протекающей по обводной линии с регулятором *К3* «после себя».

Замкнутый контур вторичного теплоносителя снабжается расширительным баком с необходимыми трубопроводами. Температура обратной воды после воздухонагревателей принимается равной 40° С.

Установки с водоводяными теплообменниками дороже, чем смесительные установки. В связи с этим они применяются, как правило, только в тех случаях, когда по условиям гидравлического режима тепловых сетей требуется независимая схема присоединения и при теплоносителе — пар.

Расчетный расход тепла для каждого из калориферов второго, местного или зонального подогрева следует определять, исходя из условий отсутствия тепловыделений в обслуживаемом помещении и принимать равным большему из расходов, определенных для холодного и теплого периодов года.

ХОЛОДОСНАБЖЕНИЕ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Источники холода и принципиальные схемы холодоснабжения

Источниками холода для СКВ жилых и общественных зданий являются компрессионные и теплоиспользующие холодильные машины, артезианская вода, вода горных рек и озер и естественный лед, получаемый из водоемов и заготавливаемый за зимний период в бунтах.

В районах с сухим и жарким климатом возможно испарительное охлаждение воздуха прямое, косвенное или комбинированное.

Фреоновые компрессионные машины работают на фреонах марки 12 и 22. При максимальной потребности в холоде до 2 *Гкал/ч* применяются преимущественно поршневые компрессоры, при большей потребности — центробежные.

В отдельных случаях, например, при сооружении спортивных залов с ледяными катками, могут применяться аммиачные холодильные машины, обслуживающие ледяное поле и СКВ. Однако при этом приготовление холодной воды для нужд СКВ производится в промежуточных теплообменниках (рассол — вода).

Из теплоиспользующих машин применяются бромисто-литиевые абсорбционные машины, работающие на паре или на горячей воде с температурой не ниже 75° С.

Используются эти машины при наличии дешевого тепла и расчетной потребности в холоде 500 *Мкал/ч* и более.

Пароэжекторные холодильные машины применяются главным образом на предприятиях, так как потребляют значительное количество пара и воды для охлаждения конденсаторов.

Артезианская вода и вода из других естественных источников для холодоснабжения СКВ применяется во всех случаях, когда она имеется в требуемом количестве с достаточно низкой температурой и обеспечивает возможность получения необходимых параметров воздуха при нагреве воды в кондиционере не менее чем на 3° С.

Во многих случаях целесообразно применение комбинированных схем холодоснабжения, в которых артезианская вода после использования в кондиционере, как правило, направляется в конденсаторы холодильных машин.

Естественный лед применяется для небольших СКВ с расчетной потребностью в холоде 100—150 *Мкал/ч*, в тех случаях, когда запасы льда находятся близко от потребителя. Непосредственный контакт между льдом и воздухом, обрабатываемом в кондиционерах, не допускается по санитарно-гигиеническим соображениям.

Прямое, косвенное испарительное или комбинированное охлаждение применяются во всех случаях, когда любой из этих способов обеспечивает требуемые параметры воздуха в помещениях, обслуживаемых СКВ *.

Холодоносителем в большинстве случаев является вода. При необходимости глубокого охлаждения воздуха, в качестве холодоносителя используют рассолы хлористого натрия или хлористого кальция.

В центральных кондиционерах небольшой производительности, оборудованных поверхностными воздухоохладителями, возможно непосредственное охлаждение воздуха фреоном. В этих случаях поверхностный воздухоохладитель кондиционера служит испарителем холодильной установки. Количество фреона, находящегося в установках непосредственного охлаждения воздуха, не должно превышать 0,5 *кг* на 1 $м^3$ объема наименьшего из обслуживаемых помещений.

На листе VIII.19, рис. 1 изображена схема холодоснабжения центральных кондиционеров, оборудованных камерами орошения и расположенных вблизи холодильной станции.

Перегородка в баке не доведена доверху с целью обеспечения возможности перелива воды из одного отсека в другой. Бак располагается ниже поддона кондиционера на величину, обеспечивающую самотечный слив воды из поддона в бак по трубопроводу. Насос *Н1* устанавливается ниже нижнего уровня воды в баке и соединяется трубопроводами с поддоном и отсеком бака охлажденной воды. Трехходовой смесительный клапан *К* регулирует температуру воды, подаваемую насосом *Н1* к форсункам камеры орошения путем изменения соотношения между количествами воды, забираемой из поддона и отсека бака охлажденной воды. Насос *Н2*, также установленный ниже уровня воды в баке, забирает отработавшую воду и подает ее через закрытый испаритель холодильной установки в отсек охлажденной воды. В зависимости от производительности насосов *Н1*, *Н2* и положения плунжера в трехходовом смесительном клапане, происходит перелив воды из одного отсека в другой.

Величина потерь воды определяется расчетом количества испаряемой воды при зимнем режиме работы, с добавкой 10—20% на унос воды через сепараторы.

При расположении нескольких кондиционеров на значительных расстояниях от холодильной станции применяется схема, изображенная на листе VIII.19, рис. 3.

Бак устанавливается на холодильной станции на отметке, обеспечивающей самотечный слив воды из поддонов кондиционеров. Насос *Н3* забирает воду из бака и подает ее через закрытый испаритель холодильной станции к всасывающим линиям насосов *Н1* кондиционеров через смесительный трехходовой клапан *К1* или проходной клапан *К2*. Для обеспечения постоянного расхода воды через испаритель устанавливается регулятор давления «до себя» *К3*, сбрасывающий часть воды в бак, при уменьшении расхода холодной воды насосами кондиционеров.

Самотечные трубопроводы от поддонов кондиционеров должны рассчитываться на пропуск количества воды, соответствующего производительности циркуляционного насоса кондиционера. Исполнительные механизмы клапанов *К1* и *К2* блокируются с пуском соответствующих циркуляционных насосов с тем, чтобы при выключении насосов клапаны закрывались независимо от команды датчиков температуры воздуха системы автоматического регулирования кондиционеров.

В Киевском институте Промстройпроект разработана напорная система холодоснабжения кондиционеров с камерами орошения, позволяющая размещать кондиционеры, бак и насосы на одной отметке ** (лист VIII.19, рис. 4).

Система включает несколько гидравлически связанных контуров.

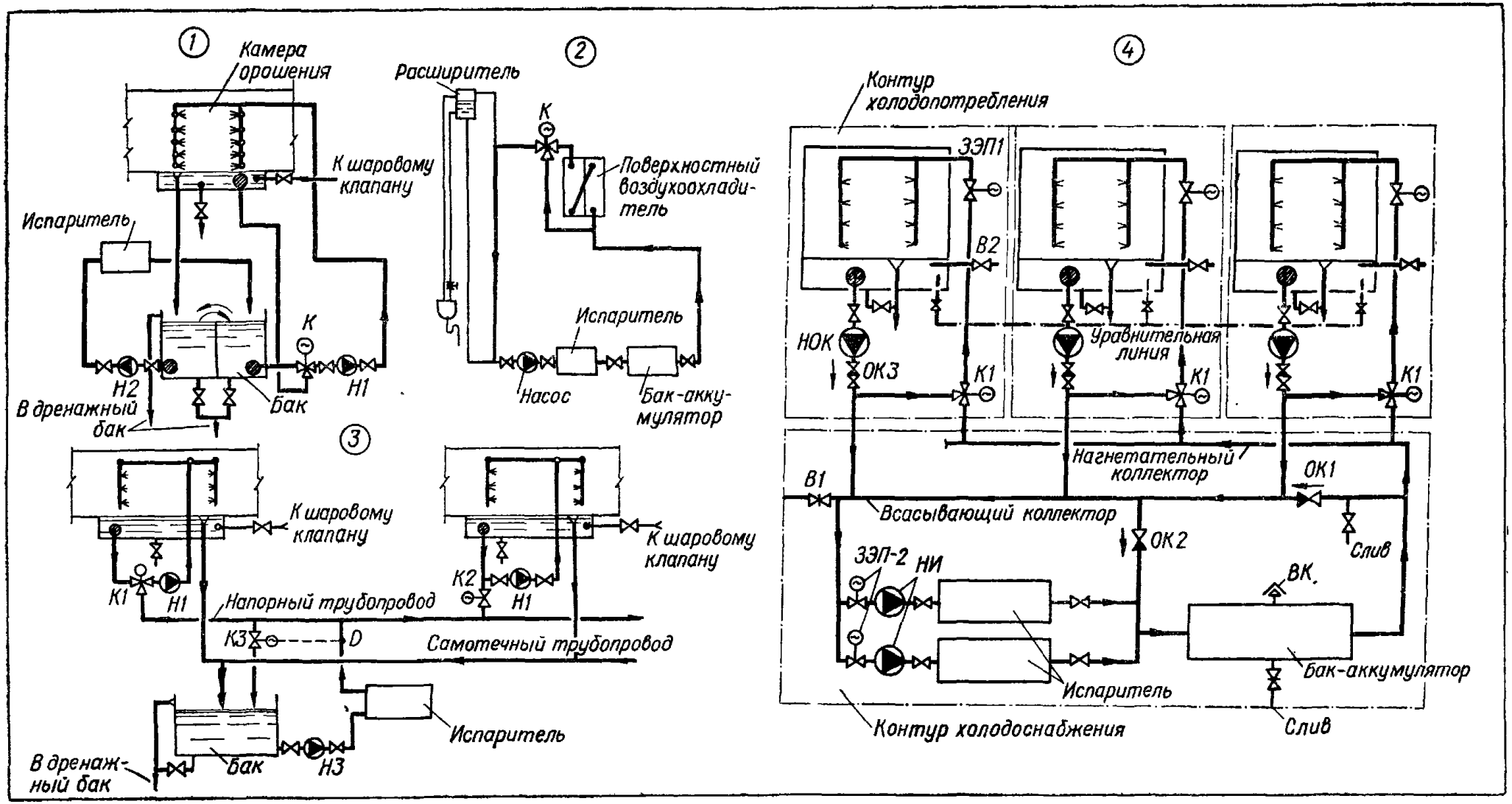
Контур холодоснабжения состоит из испарителей холодильных машин, насосов-испарителей *НИ*, герметического бака-аккумулятора и циркуляционных коллекторов (нагнетательного и всасывающего). На циркуляционных линиях установлены обратные клапаны *ОК1* и *ОК2*.

Контуры холодопотребления состоят из камер орошения с насосами *НОК*, трехходовых смесительных клапанов *К1* и трубопроводов. Для отключения неработающих камер орошения от холодоносителя, на трубопроводах к коллекторам форсунок установлены задвижки с электропроводом *ЗЭП1*, сблокированные с пуском насосов *НОК*, а на трубопроводах после насосов — обратные клапаны *ОК3*.

---

* О. Я. Кокорин. Установки кондиционирования воздуха. М., «Машиностроение», 1970.

** Е. И. Чечик и др. Авторское свидетельство № 420853. Бюллетень, № 11, 1974, класс Ф24 11с.



Лист VIII.19. Принципиальные схемы холодоснабжения кондиционеров:

1 — оборудованных камерами орошения и расположенных вблизи холодильных станций; *2* — при большом их числе и расположении на значительных расстояниях от холодильной станции; *3* — закрытая при устаиовке поверхностных воздухоохладителей; *4* — Киевского Промстройпроекта.

Система для заполнения водой подключена к водопроводу через вентиль *В1* и шаровые клапаны *В2*, установленные в поддонах кондиционеров. Поддоны всех камер орошения соединены уравнительной линией с задвижками, позволяющими выключать неработающие кондиционеры. На баке-аккумуляторе в высшей точке системы, устанавливается воздушный кран *ВК* и предохранительный клапан.

Циркуляция воды в контуре холодоснабжения осуществляется насосами испарителей *НИ* по тракту: испарители, бак-аккумулятор и всасывающий коллектор. Такая схема циркуляции дает возможность создать в баке-аккумуляторе запас холода (путем переохлаждения воды). Количество работающих холодильных машин определяется холодопотреблением системы и ограничивается датчиком температуры воды, установленным в баке-аккумуляторе.

Для предупреждения циркуляции воды через отключенные испарители установлены задвижки с электроприводом *ЗЭП2*, сблокированные с пуском насосов. В случае отключения всех испарителей и их насосов, для использования накопленного в баке-аккумуляторе запаса холода, установлены обратные клапаны *ОК1* и *ОК2*, формирующие требуемое направление циркуляции в контуре холодоснабжения только за счет насосов *НОК*.

Циркуляцию холодоносителя в контурах холодопотребления обеспечивают насосы *НОК* у камер орошения. Они забирают воду из поддонов и подают ее во всасывающий коллектор и к трехходовому смесительному клапану *К1*. Здесь, в случае необходимости, происходит смешивание с охлажденной водой, подаваемой из нагнетательного коллектора.

После трехходового клапана *К1* вода поступает к форсункам камер орошения. Так как количество камер орошения, подключенных к системе, в процессе работы может произвольно меняться, то и гидравлика системы изменяется, что приводит к нарушению равенства расходов воды, поступающей через форсунки и откачиваемой из поддона насосом *НОК*. Уравнительная линия, соединяющая поддоны, предотвращает сброс холодоносителя через переливные устройства поддонов в одних камерах орошения и работу подпитки через шаровые клапаны *В2* в поддонах других камер. Обязательным условием для применения данной схемы является размещение кондиционеров на одной отметке, с переливными устройствами на одном уровне.

При отключении одной или нескольких камер орошения одновременно с остановкой насоса *НОК* автоматически перекрываются задвижки с электроприводом *ЗЭП1*, сблокированные с насосами своих камер. Для предупреждения подачи воды в поддоны у насосов *НОК* устанавливаются обратные клапаны *ОК3*.

Герметический бак-аккумулятор рассчитывается на суммарное давление, создаваемое насосом камеры орошения и насосом испарителя.

На листе VIII.19, рис. 2 приведена схема закрытой системы холодоснабжения центральных кондиционеров, оборудованных поверхностными воздухоохладителями.

Регулирование холодопроизводительности воздухоохладителя осуществляется изменением количества подаваемого холодоносителя при помощи трехходового смесительного клапана *К*. При отключенном воздухоохладителе циркуляция осуществляется полностью через байпас, что предохраняет испаритель от возможности замораживания.

Холодильные станции

Для холодоснабжения СКВ наибольшее распространение получили холодильные станции, оборудованные фреоновыми компрессионными машинами.

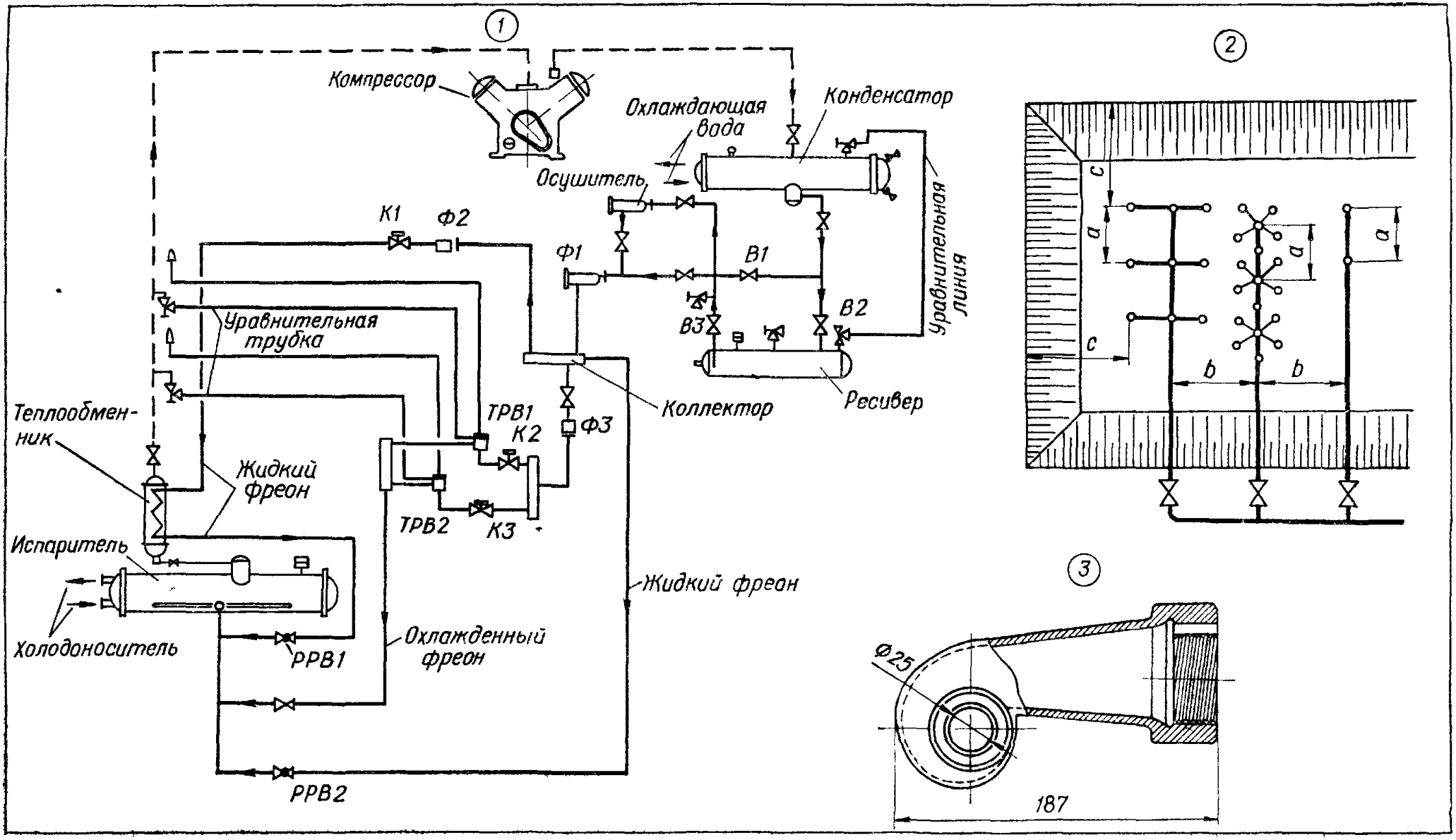
На листе VIII.20, рис. 1 приведена принципиальная схема фреоновой поршневой холодильной машины.

Холодоноситель (вода) охлаждается в испарителе и вновь направляется к потребителям холода.

Влажный пар фреона, образующийся в испарителе, поступает в теплообменник, где нагревается жидким фреоном высокого давления и переходит из насыщенного состояния в перегретое.

Компрессор по всасывающему трубопроводу непрерывно отсасывает из теплообменника перегретый пар, обеспечивая поддержание постоянного давления в испарителе.

Пар фреона, сжатый в компрессоре до давления конденсации, по нагнетательному трубопроводу поступает в межтрубное пространство конденсатора. В трубном пространстве конденсатора циркулирует охлаждающая вода, возвращающаяся в систему



Лист VIII.20. Принципиальные схемы:

1 — фресновой поршневой холодильной машины; *2* — расположения сопел в плане брызгального бассейна; *3* — эвольвентного сопла $d = 50/25$.

Таблица VIII.28. **Техническая характеристика холодильных**

Наименование показателей	Единица измерения	Марка	
		ХМ-ФВ-20/II	ХМ-ФВ-20/I
Холодопроизводительность при $t_п = +5°$ С и $t_к = +35°$ С и оборотном водоснабжении	*Мкал/ч*	30	40
Компрессорно-конденсаторный агрегат	—	АК-ФВ20/II	АК-ФВ20/I
Компрессор	—	ФВ-20	ФВ-20
Электродвигатель:			
тип		АОП-2-61-2	АОП-2-61-4
скорость вращения	*об/мин*	970	1440
мощность	*квт*	10	13
Конденсатор		КТР-9 / КТРО-9	КТР-12 / КТРО-12А
Расход охлаждающей воды	*м³/ч*	3—9 / 6—18	3—11 / 6—22
Испарительно-регулирующий агрегат	—	АИР-32А	АИР-50А
Расход холодоносителя	*м³/ч*	4—14	6—22
Количество заряжаемого фрсона	*кг*	55	100
То же, масла	»	10	10
Масса машины (сухая)	»	1020	1160

Примечания. 1. В числителе даны марки конденсаторов и расходы воды для про
2. Системы автоматического управления машин ХМ-ФУУ 80/I и II; ХМ-ФУ 40/I и II вклю нием 220 *в*.
3. Машины могут поставляться для проточного или оборотиого водоснабжения.

оборотного водоснабжения. Проточные системы водоснабжения конденсаторов применяются только при наличии вблизи естественных водоемов или артезианских скважин. Отдавая тепло охлаждающей воде, фреон конденсируется и поступает через фильтр *Ф1* в коллектор.

При включении ресивера в рабочую линию машины закрывается вентиль *В1*, открываются вентили *В2* и *В3* и жидкий фреон через ресивер и фильтр *Ф1* поступает в коллектор. При этом открываются вентили на уравнительной линии между конденсатором и ресивером.

При эксплуатации машины периодически возникает необходимость в отделении воды, находящейся в фреоне в нерастворенном состоянии. В этом случае жидкий фреон пропускают через осушитель фреона. Из коллектора часть жидкого фреона по трубопроводу через фильтр *Ф2* и электромагнитный запорный вентиль *К1* поступает в змеевики теплообменника. В теплообменнике эта часть жидкого фреона охлаждается парами фреона и по трубопроводу поступает к ручному регулирующему вентилю *РРВ1*.

В регулирующем вентиле *РРВ1* происходит падение давления и снижение температуры фреона. Охлажденный фреон поступает в испаритель.

При автоматическом регулировании основная масса фреона поступает по трубопроводу через фильтр *Ф3* и электромагнитные клапаны *К2* и *К3* к терморегулирующим вентилям *ТРВ1* и *ТРВ2*. В этих вентилях давление и температура фреона снижается и охлажденный фреон по трубопроводу поступает в испаритель. Терморегулирующие вентили соединены уравнительными трубками с всасывающим трубопроводом.

В случае ручного регулирования жидкий фреон поступает в испаритель по трубопроводу через ручной регулирующий вентиль *РРВ2*. Электромагнитные клапаны *К1*, *К2* и *К3* сблокированы с электродвигателем компрессора и закрываются при его выключении.

Производительность холодильной машины непосредственно зависит от режима ее

поршневых компрессионных машин, работающих на фреоне 12

машины				
ХМ-ФУ-40/II	ХМ-ФУ-40/I	ХМ-ФУУ-80/II	ХМ-ФУУ-80/IРЭ	ХМ-ФУУ-80/I
60 [illegible]-ФУ40/IIБ ФВ-40	78 АК-ФУ40/IБ ФУУ-40	120 АК-ФУУ80/IIА ФУУ-80	160 АК-ФУУ80/IРЭ ФУУ-80/РЭ	156 АК-ФУУ80/IБ ФУУ-80
АОП-2-72-6 970 22	АОП-2-72-4 1450 30	АОП-2-82-6 970 40	АОП-2-82-4 1460 55	АОП-2-82-4 1460 55
КТР-18Б КТРО-18А	КТР-25Б КТРО-25А	КТР-35Б КТРО-35А	КТР-50Б КТРО-50А	КТР-50Б КТРО-50А
4—14 8—28	5—20 10—40	7—30 10—45	10—40 15—60	10—40 15—60
АИР-65Б 7—27 140 20 1816	АИР-100В 12—45 160 20 2019	АИР-130А 14—55 315 30 2770	АИР-200РЭ 20—80 350 30 3300	АИР-200В 20—80 350 30 3300

точного водоснабжения, в знаменателе — для оборотного
чаются в сеть переменного тока напряжением 380 *в*, а машин ХМ-ФВ20/I и II — напряже-

работы, который определяется температурами испарения холодильного агента $t_и$, конденсации $t_к$, всасывания паров $t_{вс}$ и переохлаждения $t_п$.

Температура испарения хладагента $t_и$ принимается на 4—5° С ниже температуры холодоносителя на выходе из испарителя.

Температуры конденсации паров хладагента $t_к$ принимаются на 4—5° С выше средней температуры воды, охлаждающей конденсатор.

Температура всасывания паров хладагентов в цилиндр компрессора (температура перегрева) $t_{вс}$ для фреоновых компрессоров принимается на 8—12° С выше температуры испарения.

Температура переохлаждения жидкого фреона $t_п$ принимается на 3—5° С ниже температуры конденсации хладагента.

Для сравнения холодильных машин их производительности приводятся к одинаковым условиям, т. е. к одинаковым значениям $t_и$, $t_к$, $t_{вс}$ и $t_п$. В каталогах заводов-изготовителей холодильных машин обычно приводят их номинальные значения:

для стандартных условий

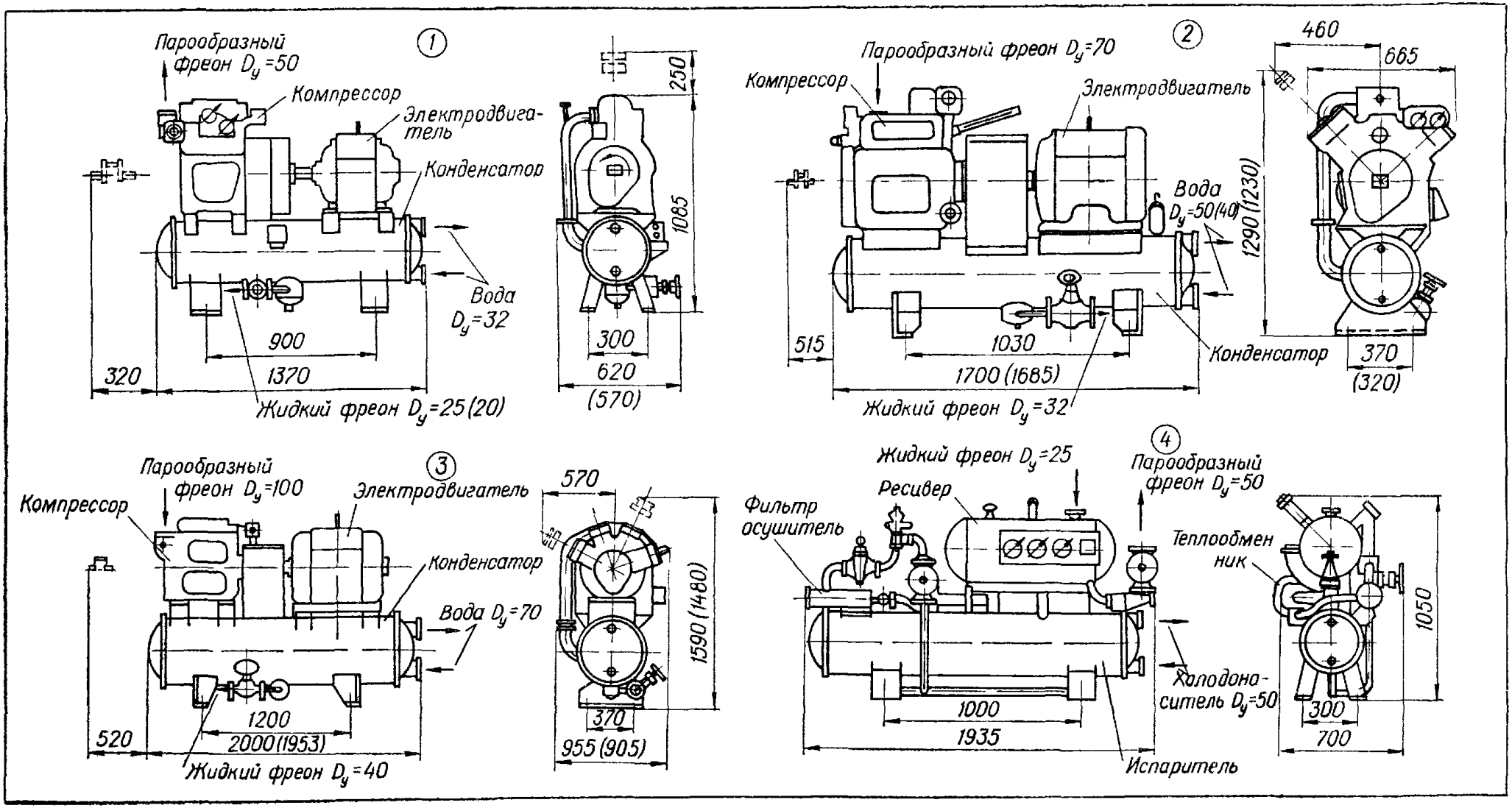
$$t_и = -15° \text{ С}; \quad t_{вс} = -10° \text{ С}; \quad t_к = +30° \text{ С и } t_п = +25° \text{ С};$$

для условий обслуживания СКВ

$$t_и = +5° \text{ С}; \quad t_{вс} = +15° \text{ С}; \quad t_к = +30° \text{ С и } t_п = +25° \text{ С}.$$

При других режимах работы, отличающихся от указанных выше, производительность холодильных машин определяют по данным заводов-изготовителей машин.

В таблицах VIII.28 и VIII.29 приведены основные данные о поршневых, компрессионных холодильных машинах, преимущественно применяющихся для холодоснабжения СКВ. На листах VIII.21—VIII.23 изображены основные агрегаты, из которых комплектуются холодильные машины.



Лист VIII.21. Агрегаты холодильных машин:

1 — компрессорно-конденсаторные марок АК-ФВ 20/I и АК-ФВ 20/II (размеры в скобках), *2* — то же, АК-ФУ 40/IБ (АК-ФУ 40/IIБ); *3* — то же, АК-ФУУ 80/IБ (АК-ФУУ 80/IIА и АК-ФУУ 80/IРЭ), *4* — испарительно-регулирующий марки АИР 50А

Таблица VIII.29. **Техническая характеристика холодильных поршневых компрессионных машин, работающих на фреоне 22**

Наименование показателей	Единица измерения	Марка машины	
		ХМ-22ФУ-200/2	ХМ-ФУУ-400/2
Холодопроизводительность при $t_и = +5°$ С и $t_к = +35°$ С	*Мкал/ч*	400	800
Компрессорный агрегат:			
марка		АК-22 ФУ 200/А	АК-22 ФУУ 400/2
компрессор		22 ФУ 200	22 ФУУ 400
масса	*кг*	3560	5140
Испарительно-конденсаторный агрегат (марка)		АИК 400/2	АИК 900/А
Испаритель-теплообменник (марка)		ИФ-200	ИФ-400
Расход холодоносителя	*м³/ч*	75	150
Конденсатор (марка)		КФ-130	КФ-260
Расход охлаждающей воды	*м³/ч*	60—85	150/170
Количество заряжаемого фреона	*кг*	1000	2000
Количество заряжаемого масла	»	125	230
Масса машины (в объеме поставки)	»	7680	12 606

Примечания 1. Компрессор 22 ФУУ 400/2 имеет водяное охлаждение цилиндра
2 В комплект поставки входит компрессорный и испарительно-конденсаторный агрегаты, пульт управления; станция управления; кнопки управления, трубопроводы, фундаментные блоки, запасные части.

Холодильные станции рекомендуется оборудовать двумя или большим числом однотипных холодильных машин. Допускается установка одной машины, имеющей приспособление для автоматического регулирования производительности. Установка резервных машин, как правило, не допускается.

При определении требуемой холодопроизводительности следует учитывать потери холода в трубопроводах, транспортирующих охлажденную воду к кондиционерам, а также нагрев воды в циркуляционных насосах.

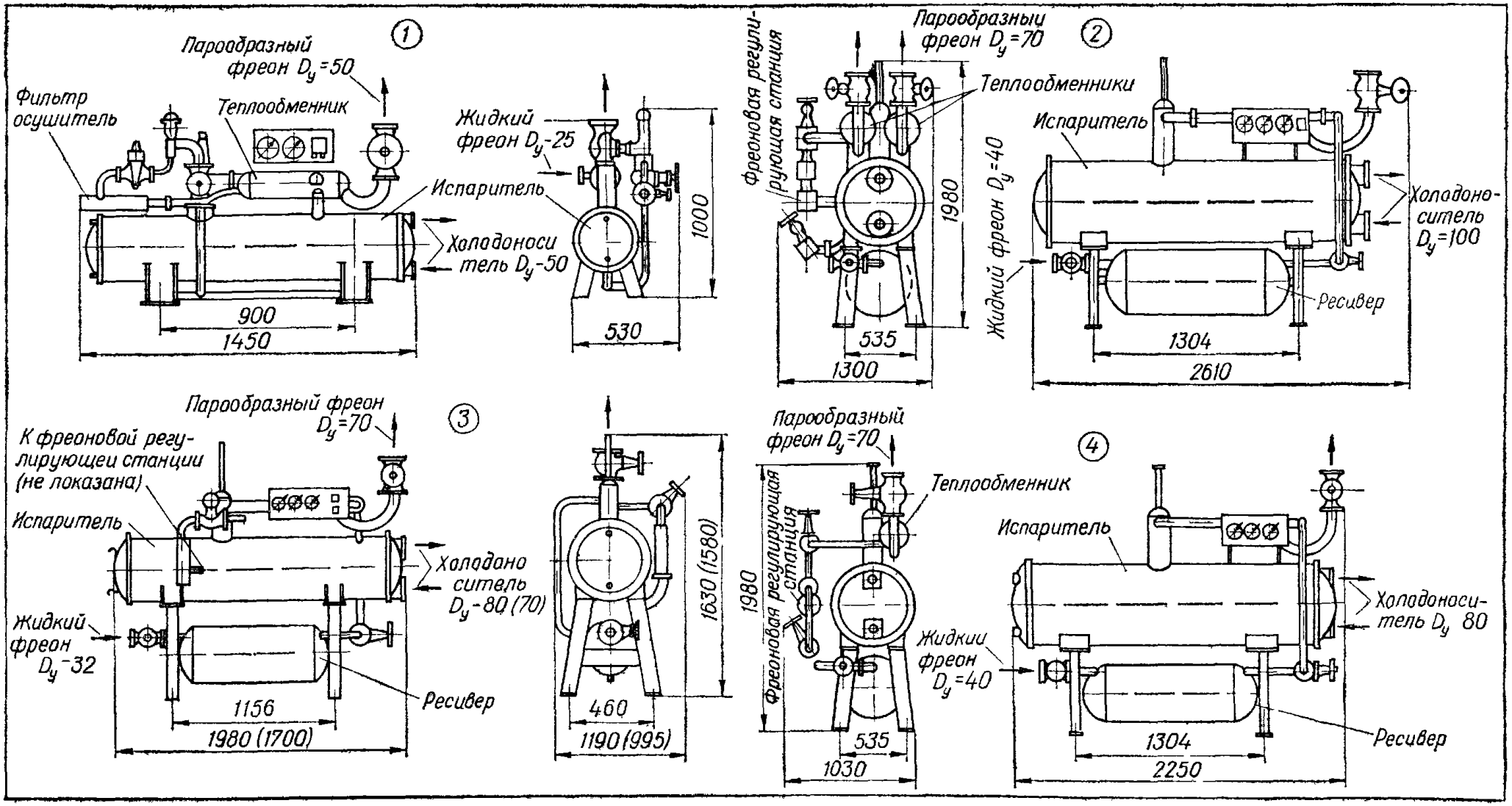
Для ориентировочных расчетов эти потери допускается принимать в следующих пределах, %:

для малых установок (до 150 *Мкал/ч*)	15—20
средних (от 150 *мкал/ч* до 1,5 *Гкал/ч*)	12—15
крупных (более 1,5 *Гкал/ч*)	7—12

Температуру кипения холодильного агента (фреона) в закрытых, горизонтальных кожухотрубных испарителях, охлаждающих воду, следует принимать не ниже + 1° С, во избежание замораживания воды при понижении нагрузки и нарушении протока воды.

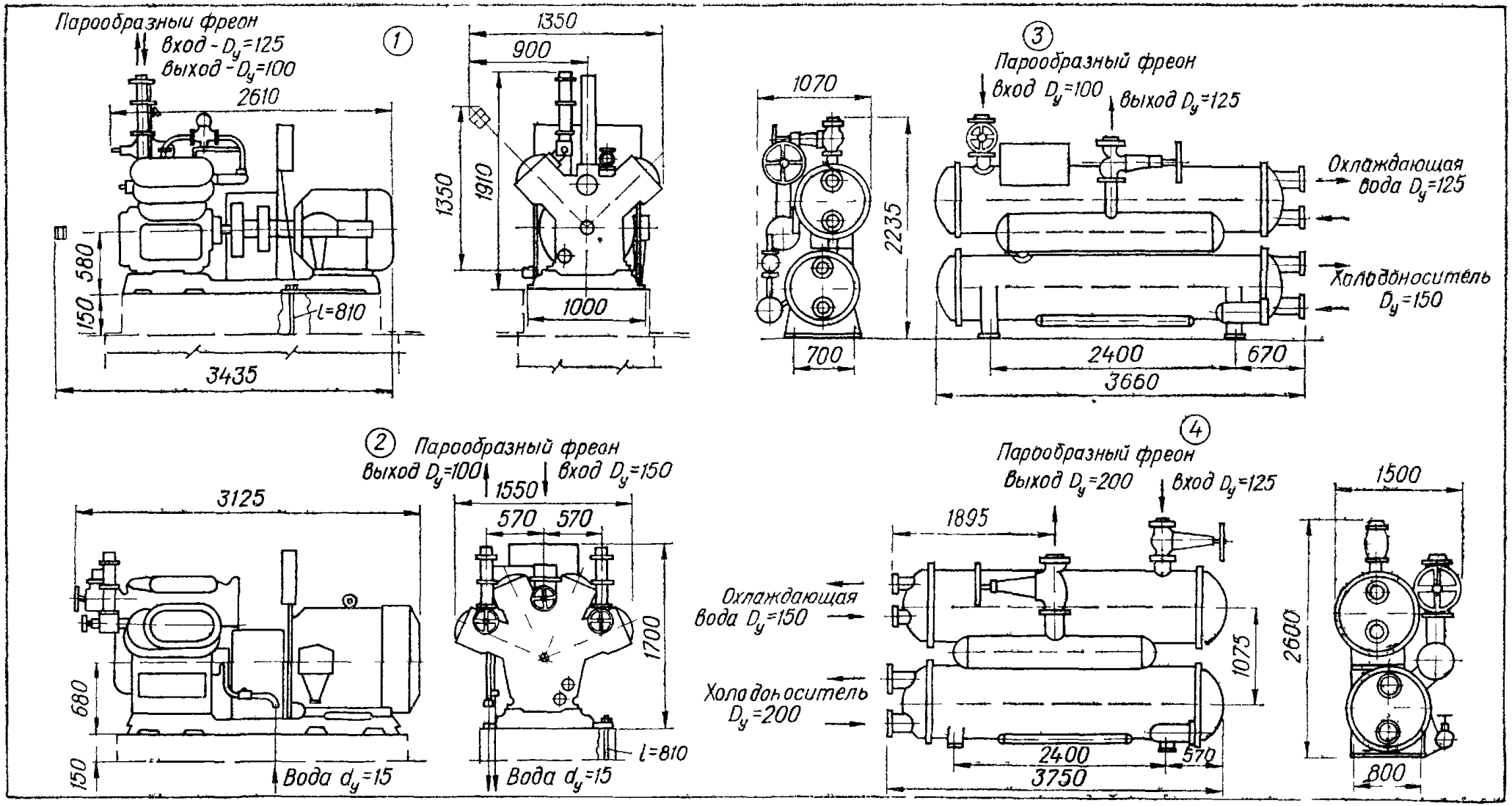
Скорость протока воды через кожухотрубные испарители с поверхностью охлаждения до 400 *м²* принимается в пределах от 1 до 1,5 *м/с*, а с поверхностью более 400 *м²* от 1,7 до 2,2 *м/с*.

Фреоны представляют собой производные углеводородов. Фреон 12 — дифтордихлорметан (CF_2Cl_2) — бесцветное вещество, без запаха, не горит и не взрывоопасен. При соприкосновении с открытым пламенем либо с поверхностями, имеющими температуру более 500° С фреон 12 разлагается, образуя токсические соединения. При нормальных условиях он практически безвреден, но содержание его в воздухе в количестве 20% и более по объему недопустимо, так как понижает содержание кислорода и воздух становится непригодным для дыхания. Сухой фреон нейтрален почти ко всем металлам, но растворяет органические вещества. Присутствие влаги может вызвать закупорку коммуникаций вследствие ее замерзания и возникновения коррозии. Фреон 12 обладает высокой способностью проникать через неплотности, интенсивно растворяет смазочные масла.



Лист VIII.22. Испарительно-регулирующие агрегаты:

1 — АИР 32А, *2* — АИР 200 В и АИР-200 РЭ, *3* — АИР 100В (АИР 65Б), *4* — АИР 130А



Лист VIII.23. Агрегаты холодильных машин:

1 — компрессорный марки 22 ФУ 200/А, *2* — то же, АК 22 ФУУ 400/2, *3* — испарительно-конденсаторный марки АИК 400/2, *4* — то же, АИК 900/А

Температура кипения фреона 12 при нормальном атмосферном давлении — 29,8° С, критическая температура — 112,04° С, критическое давление — 41,96 *кгс/см*^{2}, температура замерзания — 155° С. Удельная объемная производительность по холоду, при стандартном режиме работы холодильной установки — 305,6 *ккал/м*^{3}.

Фреон 22 — дифтормонохлорметан (CHF_2Cl) инертен ко всем металлам, не воспламеняется и не взрывоопасен, почти не растворяет воды и частично растворяется в смазочных маслах. По вредности относится к тому же классу, что и углекислота, т. е. только при концентрации 2,5% и более (по объему) вызывает головную боль у людей, а при концентрации 25—30% может вызвать удушье и потерю сознания.

Температура кипения фреона 22 при нормальном атмосферном давлении — 40,8° С, критическая температура — 96° С, критическое давление — 50,33 *кгс/см*^{2}, температура замерзания — 160° С. Удельная объемная холодопроизводительность фреона 22 при стандартном режиме работы холодильной установки — 488 *ккал/м*^{3}.

Регулирование производительности холодильных станций, оборудованных машинами, перечисленными в табл. VIII.28 (за исключением марки ХМ-ФУУ-80/1РЭ), предусматривается при проектировании холодильных станций путем автоматизации их включения и выключения по импульсу, получаемому в зависимости от температуры воды в баке-аккумуляторе. Для каждой машины устанавливается отдельный датчик.

Максимально допустимая температура воды $t_{макс}$ определяется расчетом кондиционеров. Обычно, при комфортном кондиционировании $t_{макс} = 7 \div 8°$ С.

Минимальная температура воды в баке $t_{мин}$ определяется из условий предупреждения возможности замораживания испарителей и, как правило, принимается $t_{мин} = 4°$ С.

Настройка датчиков на требуемые температуры включения и выключения машины производится в зависимости от числа установленных машин. Так, например, при трех машинах и $t_{макс} = 7°$ С датчик первой машины настраивается на температуру включения $t_{вкл} = 7°$ С и $t_{выкл} = 6°$ С; второй — соответственно на $t_{вкл.} = 6°$ С и $t_{выкл} = 5°$ С и третьей — на $t_{вкл.} = 5°$ С и $t_{выкл} = 4°$ С.

С целью обеспечения равномерной амортизации машин в цепи управления вводится переключатель, позволяющий через определенные интервалы времени менять вручную очередность включения машин.

Машина ХМ-ФУУ-80/1РЭ поставляется с автоматическим приспособлением, позволяющим регулировать холодопроизводительность в зависимости от величины тепловой нагрузки за счет электромагнитного отжима пластин всасывающего клапана компрессора. Регулирование холодопроизводительности ступенчатое: 75, 50 и 25% от номинальной.

Машины ХМ-22ФУ 200/2 и ХМ-22 ФУУ 400/2 поставляются с приборами двухпозиционного регулирования холодопроизводительности (пуском и остановкой компрессора в зависимости от температуры холодоносителя).

Водяные аккумуляторы холода в системах холодоснабжения применяются для нормальной работы холодильных машин и уменьшения их расчетной холодопроизводительности.

В тех случаях, когда холодильные станции проектируются из расчета обеспечения максимальной часовой потребности в холоде, минимальная емкость системы холодоснабжения (суммарная емкость бака-аккумулятора, трубопроводов и поверхностных воздухоохладителей или поддонов кондиционеров) должна обеспечивать, при снижении потребности в холоде, число включений одной из холодильных машин не более 4 в 1 *ч* (требования СНиП).

Допустимую амплитуду колебаний температуры воды в баке-аккумуляторе при комфортном кондиционировании обычно принимают в пределах 3—4° С. При этом требуемую емкость бака-аккумулятора в *м*^{3} определяют по формуле

$$V = \frac{Qn}{16\,(t_{макс} - t_{мин})}, \qquad \text{(VIII.84)}$$

где Q — холодопроизводительность одной из машин (наибольшей), установленных на станции, *Мкал/ч*;

n — число установленных машин.

Для машин марок 22 ФУ 200 и 22 ФУУ 400 емкость бака-аккумулятора, определенная по формуле (VIII.84), увеличивается вдвое в связи с ограничением числа включений до двух в 1 *ч* по требованию завода-изготовителя.

Баки-аккумуляторы увеличенной емкости применяют с целью снижения расчетной холодопроизводительности станции, определяемой делением суточной потребности в холоде (с учетом потерь) на число часов работы станции в сутки. Требуемую емкость баков-аккумуляторов определяют по интегральному графику потребления и расхода холода.

Размещение фреоновых холодильных станций должно соответствовать правилам техники безопасности. Фреоновые холодильные установки в зависимости от часового объема, описываемого поршнями компрессора, подразделяются на две группы: А — более 62, *м*³/*ч* и Б — 62 *м*³/*ч* и менее.

При расположении в одном помещении нескольких одинаковых компрессоров группа определяется по часовому объему одного компрессора, а при расположении нескольких компрессоров разной производительности — по часовому объему большего компрессора.

По взрыво-пожарной и пожарной опасности фреоновые холодильные станции относятся к категории Д. При количестве масла во всех установленных машинах более 100 *кг* категорию холодильной станции следует принимать В.

Все части холодильной установки, содержащие фреон, за исключением аппаратов, установленных вне здания, а также испарителей установок кондиционирования воздуха с системой непосредственного охлаждения, как правило, должны быть расположены в специальном машинном отделении высотой не менее 3,5 *м*. При часовом объеме, описываемом поршнями компрессора до 150 *м*³/*ч*, высота помещения должна быть не менее 2,6 *м*. Разрешается устанавливать в том же машинном отделении кондиционеры, обслуживаемые этой установкой.

Фреоновые холодильные станции и отдельные холодильные машины любой производительности не разрешается размещать непосредственно в жилых помещениях, на лестничных площадках и под лестницами, а также в корридорах, фойе и вестибюлях, в эвакуационных выходах зданий и сооружений различного назначения. Указанное ограничение (за исключением лестничных площадок и помещений под лестницами) не распространяется на холодильные станции, входящие в состав автономных кондиционеров.

Фреоновые холодильные станции производительностью 300 *Мкал/ч* и более и отдельные машины той же производительности не разрешается размещать в подвальных и цокольных этажах зданий и сооружений. Допускается размещение фреоновых холодильных станций и отдельных машин производительностью до 600 *Мкал/ч* в подвальных и цокольных этажах зданий (кроме жилых зданий), если над перекрытием станции исключена возможность массового постоянного и временного пребывания людей. Допускается размещение фреоновых холодильных станций производительностью 600 *Мкал/ч* и более в специальных пристройках к обслуживаемым зданиям, в заглубленных отдельно стоящих помещениях, а также в подвалах и цокольных этажах, вынесенных из-под контура здания.

Непосредственное охлаждение воздуха фреоном в поверхностных воздухоохладителях разрешается, если количество фреона в установке не превышает 0,5 *кг* на 1 *м*³ объема наименьшего из обслуживаемых помещений.

Машинное отделение должно быть обеспечено отоплением и вентиляцией в соответствии с требованиями СН 245—71. Приточная и вытяжная (она же аварийная) вентиляция должна быть принудительной с кратностью воздухообмена не менее 3. Вытяжные отверстия должны быть расположены на высоте 1—1,5 *м* от пола.

Брызгальные бассейны и градирни

Для охлаждения конденсаторов холодильных машин, обслуживающих СКВ, как правило, применяются системы оборотного водоснабжения. В отдельных случаях, при наличии воды из артезианских скважин, применяются комбинированные системы холодоснабжения, в которых артезианская вода вначале подается в камеры орошения или поверхностные воздухоохладители кондиционеров, а затем используется для охлаждения конденсаторов.

Наибольшее распространение имеют системы оборотного водоснабжения с охлаж-

дением воды в брызгальных бассейнах. Широкому использованию вентиляторных градирен препятствует высокий уровень шума, создаваемого вентиляторами.

Размеры брызгальных устройств определяются в зависимости от расхода воды и плотности орошения, т. е. количества воды в $м^3/ч$, охлаждаемой на 1 $м^2$ площади бассейна (без учета площади защитных зон) *.

Плотность орошения в $м^3/м^2 \cdot ч$ определяется по формуле

$$q = \frac{q_c n}{ab}, \qquad \text{(VIII.85)}$$

где q_c — производительность одного сопла при принятом напоре $м^3/ч$;

n — число сопел в пучке;

a — расстояние между пучками сопел или одиночными соплами, $м$;

b — расстояние между трубопроводами, $м$ (лист VIII.20, рис. 2).

В зависимости от климатических условий величину плотности орошения рекомендуется принимать в пределах 1,0—1,3 $м^3/м^2 \cdot ч$.

Наиболее рациональными являются сопла, в которых разбрызгивание происходит за счет центробежной силы. К их числу относятся эвольвентные сопла диаметром 100/50 и 50/25 $мм$ (лист VIII.20, рис. 3; табл. VIII.30).

Таблица VIII.30. **Производительность эвольвентных сопел, $м^3/ч$**

Диаметр сопла, $мм$	Напор H, $мм$					
	5	6	7	8	10	12
100/50	32	34,5	37	39,2	43,5	47,5
50/25	8,2	9,1	9,9	10,7	11,9	12,8

Примечание. В числителе указаны диаметры подводящих труб, в знаменателе — диаметр выходного отверстия.

Трубопроводы брызгальных устройств обычно прокладываются под водой на низких скользящих опорах с уклоном, обеспечивающим возможность их опорожнения.

Сопла d = 50/25 $мм$ располагаются пучками по 4—5 штук, как показано на листе VIII.20, рис. 2. Расстояние между соплами рекомендуется принимать 1,2—1,5 $м$, между пучками сопел — 4 $м$ и между рядами труб —8—10 $м$.

Сопла d = 100/50 $мм$ располагают в одиночном порядке на расстоянии 4 $м$ друг от друга. Рекомендуемое расстояние между рядами труб — 8,5 $м$.

Для уменьшения уноса воды ветром крайние сопла устанавливаются на расстоянии 4—6 $м$ от края бассейна, образующем защитную зону. Глубину воды в бассейне обычно принимают 0,8—1 $м$. Бассейны оборудуют трубопроводами для опорожнения и переливными устройствами.

Забор воды осуществляется из специального приямка через сетчатый фильтр.

Для определения температуры охлажденной воды в бассейне может быть использована номограмма Н. Н. Терентьева (лист VIII.24). Номограмма дает возможность определять температуру охлажденной воды в зависимости от величины напора у сопел H, $м$, плотности орошения q, $м^3/м^2 \cdot ч$ перепада температур воды Δt° С и метеорологических условий, т. е. температуры T, °С относительной влажности воздуха $\varphi_н$ и скорости ветра W, $м/с$.

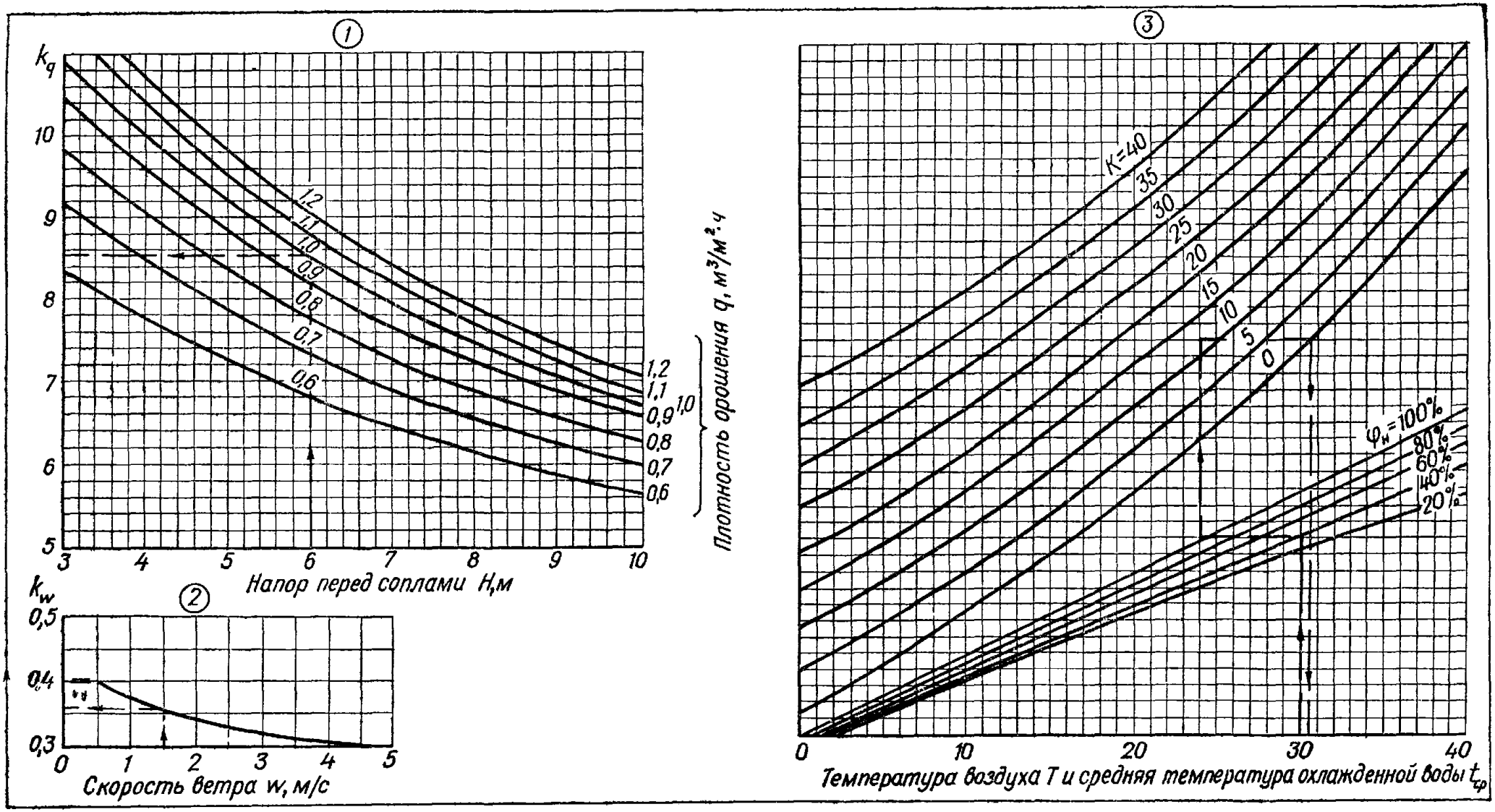
Номограмма (лист VIII.24) состоит из трех графиков. По графику (рис. 1) находят значение вспомогательного коэффициента k_q, по графику (рис. 2) — вспомогательный коэффициент k_w. Затем определяют значение k, равное

$$k = k_q k_w \Delta t. \qquad \text{(VIII.86)}$$

По найденному значению k по графику (лист VIII.24, рис. 3) находят среднюю температуру воды $t_{ср}$.

---

* Б. С. Форфоровский, Я. Н. Пятов. Проектирование охладителей для систем производственного водоснабжения. М.—Л., Госстройиздат, 1960.



Лист VIII.24. Номограммы для определения значений величин, необходимых при тепловом расчете брызгальных бассейнов:
1 — коэффициента k_q; *2* — коэффициента k_w; *3* — температуры охлажденной воды $t_{ср}$.

Температура охлажденной в брызгальном бассейне воды равна

$$t_2 = t_{ср} - 0{,}5\Delta t. \qquad \text{(VIII.87)}$$

Величину температурного перепада воды Δt при расчете брызгальных бассейнов для холодильных машин в зависимости от метеорологических условий принимают в пределах 3—5° С.

Пример VIII.7. Определить температуру охлажденной в брызгальном бассейне воды t_2 для следующих условий: напор у сопел $H = 6{,}0$ *м*; плотность орошения $q = 1$ *м*^{3}/*м*^{2} · *ч*; перепад температур воды $\Delta t = 4°$ С; скорость ветра $W = 1{,}5$ *м/с*; температура воздуха $T = 30°$ С; относительная влажность воздуха $\varphi_н = 40\%$.

По графику (лист VIII.24, рис. 1) для $H = 6{,}0$ *м* и $q = 1$ *м*^{3}/*м*^{2} · *ч* находим $k_q = 8{,}56$.

По графику лист VIII.24 (рис. 2) для $w = 1{,}5$ *м/с* находим $k_w = 0{,}36$. Определяем значение k по формуле VIII.86:

$$k = 8{,}56 \cdot 0{,}36 \cdot 4 = 12{,}3.$$

По графику лист VIII.24 (рис. 3) для $T = 30°$ С, $\varphi_н = 40\%$ и $k = 12{,}3$ находим $t_{ср} = 30{,}5°$ С и по формуле VIII.87, $t_2 = 30{,}5—0{,}5 \cdot 4 = 28{,}5°$ С.

В тех случаях, когда по местным условиям не представляется возможным сооружение брызгального бассейна, для охлаждения воды могут быть использованы камеры орошения, применяющиеся в составе кондиционеров и приточных вентиляционных камер.

Расчет камер орошения, используемых для охлаждения воды, рекомендуется выполнять, пользуясь формулами VIII.12 и VIII.13 (см. стр. 177).

Значения коэффициента орошения рекомендуется принимать в пределах 0,6—0,9, а значения $\Delta t_в$ — в пределах 3—5° С.

Для определения начальной температуры воды $t_{в.п}$ и конечной $t_{в.к}$ пользуются коэффициентом эффективности теплообмена E.

Для типовых камер орошения с двумя рядами форсунок, один из которых направлен по потоку воздуха, а другой против потока, значение коэффициента E для процессов одновременного нагрева и увлажнения воздуха при плотности форсунок 13 на *м*^{2}/*ряд* (для значений $\mu = 0{,}5 \div 0{,}9$) определяется по формуле

$$E = 0{,}931\mu^{0{,}13}. \qquad \text{(VIII.88)}$$

Задавшись значением μ в указанных выше пределах, определяют величину E.

Для определения температур воды $t_{в.н}$ и $t_{в.к}$, которые наступят в результате теплового равновесия, найденное значение E подставляют в формулу

$$E = 1 - \frac{t_{в.к} - t_{м.к}}{t_{в.и} - t_{м.н}}, \qquad \text{(VIII.89)}$$

где $t_{м.к}$ — температура мокрого термометра при I_2;

$t_{м.н}$ — то же, при I_1.

Задавшись значением $\Delta t_в$, находят

$$t_{вк} = t_{в.н} - \Delta t_в. \qquad \text{(VIII.90)}$$

Значение $t_{м.к}$ определяют из уравнения

$$I_2 - I_1 = 0{,}7\,(t_{м.к} - t_{м.н}). \qquad \text{(VIII.91)}$$

Значение I_1 определяют по климатологическим данным.

Подставляя значения $t_{м.к}$ и $t_{в.к}$ в формулу (VIII.92), находят $t_{в.н}$.

Пример VIII.8. Требуется охладить в оросительной камере воду в количестве $W = 120$ *т/ч*. Расчетное теплосодержание наружного воздуха $I_1 = 13{,}3$ *ккал/кг*, соответствующая температура наружного воздуха по мокрому термометру $t_{м.н} = 19{,}3°$ С. Задаемся значениями $\Delta t = 4°$ С и $\mu = 0{,}8$ *кг/кг*. Учитывая, что для данного процесса $I_2 > I_1$; $t_{в.н} > t_{в.к}$, из формулы (VIII.13), находим

$$I_2 = 13{,}3 + 0{,}8 \cdot 4; \quad I_2 = 16{,}5.$$

По формуле (VIII.90) $t_{в.к} = t_{в\,н} - 4$.

По формуле (VIII.88)

$$E = 0{,}931 \cdot 0{,}8^{0{,}13} = 0{,}931 \cdot 0{,}97 = 0{,}903.$$

Из уравнения (VIII.91) находим

$$t_{м.к} = t_{м\,н} + \frac{I_2 - I_1}{0{,}7} = 19{,}3 + \frac{16{,}5 - 13{,}3}{0{,}7} = 23{,}87.$$

Подставляем известные значения в формулу (VIII.89) $0{,}903 = 1 - \frac{t_{в\,н} - 4 - 23{,}87}{t_{в.н} - 19{,}3}$,

отсюда $t_{в.н} = 28{,}8°$ С.

По формуле (VIII.90) находим $t_{в.к} = 28{,}8 - 4 = 24{,}8°$ С.

Типовые вентиляторные секционные градирни рассчитывают по данным, приведенным в серии типовых градирен, разработанных институтами Союзводоканалпроект и Промстройпроект.

РАЗДЕЛ IX. АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Устройства автоматизации выполняют следующие функции:

местное и дистанционное измерение технологических параметров (теплотехнический контроль);

автоматическое и дистанционное управление приводными двигателями, приводами запорных органов и сигнализация их состояния (включено — отключено, открыто — закрыто);

предупредительная сигнализация отклонений технологических параметров, свидетельствующих о наличии предаварийного состояния;

автоматическая защита, предотвращающая переход предаварийного состояния в аварийное (автоматика безопасности для котельных установок);

автоматическое и дистанционное регулирование — поддержание технологических параметров в соответствии с заданным значением или изменение их по заданному закону.

Таблица IX.1. **Условные обозначения приборов**

Прибор	Условное обозначение	
	основное	допускаемое
Измеряющий (Им), показывающий (П), самопишущий (С), интегрирующий (И)		
Регулирующий (статический — Ст, астатический — Ас, изодромный — Из, позиционный — Пз), сигнализирующий (Сг), преобразующий (Пр), усиливающий (Ус), задающий (Зд)		
Комбинированный (осуществляющий функции из двух названных выше групп)		
Размеры условного обозначения, *мм*	10×10	10×15

Таблица IX.2 **Условные обозначения видов дистанционных передач**

Передача	Обозначение	Передача	Обозначение
Электрическая		Гидравлическая	
Пневматическая		Механическая	

Примечание. Размер обозначений — 3 × 10 *мм*.

Основным техническим документом проектов по автоматизации являются функциональные схемы автоматизации и они должны давать представление об объекте автоматизации, о функциях, реализованных в проекте и о средствах автоматизации.

Таблица IX.3. **Условные обозначения датчиков, вспомогательных устройств, исполнительных механизмов и регулирующих органов**

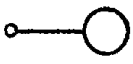
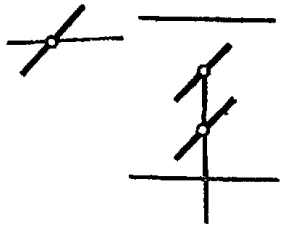
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Термометр расширения стеклянный		Фотоэлемент, фоторезистор	
Термометр сопротивления, терморезистор		Датчик физико-химического состава вещества (например, солесодержания)	
Термопара		Исполнительные механизмы: электрический	
Термобаллон манометрического термометра		поршневый (гидравлический)	
Дилатометрический или биметаллический чувствительный элемент		электромагнитный (соленоидный)	
Точка отбора давления, уровня, разрежения		мембранный (гидравлический и пневматический)	
Счетчик расхода жидкости, газа		Задвижка, вентиль запорный	
Сужающее устройство для измерения расхода		Клапан обратный	
Трубка пневмометрическая		Клапан регулирующий проходной	
Датчик наличия потока воздуха		Клапан регулирующий трехходовой	
Поплавковый уровнемер, сигнализатор уровня		Шибер регулирующий	
Сосуд разделительный, уравнительный		Заслонка регулирующая на газопроводе, в воздуховоде	
Сосуд конденсационный		Переключатель для термопар, термометров сопротивления	
Датчик влажности		Переключатель для газовых (воздушных) линий	
		Байпасная панель дистанционного управления	

Таблица IX.4. **Условные обозначения электрических устройств**

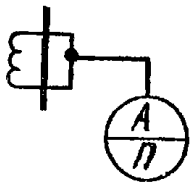
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Ключ управления		Лампа сигнальная	
Магнитный пускатель		Табло сигнальное (с надписью)	
Кнопочные станции с одной, двумя и тремя кнопками		Гудок, ревун электрический	
Ступенчатый импульсный прерыватель		Трансформатор тока с ампермстром	
Балансное реле			

Таблица IX.5 **Буквенное обозначение контролируемых и регулируемых параметров**

Параметр	Обозначение	Параметр	Обозначение
Температура	t	Освещенность	F
Давление, разрежение	P	Положение регулирующего органа	S
Перепад давлений	Δp	Ток электродвигателя	A
Расход мгновений или суммарный	G	Содержание в дымовых газах окиси углерода	CO
Уровень	H	То же, двуокиси углерода	CO_2
Влажность	m	То же, кислорода	O_2
Концентрация (солей)	C		

Функциональные схемы автоматизации * выполняются в соответствии с ГОСТ 3925—59. Условные обозначения их приведены в табл. IX.1—IX.4. В графических обозначениях приборов (табл. IX.1) вписываются буквенные обозначения: в верхнюю половину — технологический параметр, измеряемый, контролируемый или регулируемый данным прибором (табл. IX.5); в нижнюю половину — обозначение функции прибора (табл. IX.1).

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ, СИГНАЛИЗАЦИИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ **

Приборы для измерения и регулирования температуры

Термометры технические стеклянные ртутные предназначены для измерения температуры жидкости, газа и пара в трубопроводах или воздуховодах. Выпускаются с прямой (тип А) и изогнутой (тип Б) под углом 90° или 135° нижней частью; длина верхней части составляет 110, 160 или 220 *мм* (табл. IX.6, IX.7).

* А. И. Емельянов, О. В. Капник. Проектирование установок контроля и автоматики тепловых процессов. М., «Энергия», 1974.

** Б. Д. Кошарский и др. Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины. Л., «Машиностроение», 1968; В. М. Лохматов. Контрольно-измерительные приборы в газовом хозяйстве. Л., «Недра», 1974.

Таблица IX.6. **Стеклянные технические термометры**

Номер термометра	Пределы измерения, °С	Цена деления шкалы °С для термометров с длиной верхней части, *мм*		
		220	160	110
1	0—50	0,5	0,5; 1	1
2	(—35)—50	0,5; 1	1	1; 2
3	0—100	1	1; 2	2
4	0—150	1; 2	2	2; 5
5	0—200	2	2; 5	5
6	0—250	2; 5	5	5; 10
7	0—300	2; 5	5	5; 10
8	0—350	5	5	5; 10
9	0—400	5	5	10
10	0—450	5; 10	10	—
11	0—500	5; 10	10	—

Таблица IX.7. **Размеры нижней части стеклянных термометров, *мм***

Номер термометра	Длина		Диаметр
	тип А	тип Б	
1, 2 3, 4 5, 6	60, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630	110, 130, 150, 170, 210, 250, 300, 370 450, 550, 680	8
7, 8	800, 1000, 1250, 1600, 2000	850, 1050, 1300	9
9, 10, 11	120, 160, 200, 250, 320, 400	130, 150, 170, 210, 250, 300, 370	8

Таблица IX.8. **Монтажная длина защитных оправ, *мм***

Тип оправы	Номер оправы															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Прямая	60	80	100	120	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
Угловая	110	130	150	170	210	250	300	370	450	550	680	850	1050	1300	—	—

Примечание. Высота верхней части оправы при длине верхней части термометров 220, 160 и 100 *мм* равна соответственно 260, 200 и 150 *мм*, высота смотрового окна — соответственно 190, 130 и 80 *мм*.

Защитные оправы для стеклянных термометров выпускаются типа А — для непосредственного контакта нижней части термометра со средой, типа Б — для давления среды до 64 *кгс/см*^{2}, типа В — для давления среды до 320 *кгс/см*^{2} (табл. IX.8).

Манометрические термометры и терморегуляторы (табл. IX.9) предназначены для измерения, регистрации, сигнализации и регулирования температуры в трубопроводах, воздуховодах и помещениях.

Термометры сопротивления (табл. IX.10) предназначены для измерения температуры жидкостеи и газов в комплекте с логометрами или электрон-

Таблица IX.9. Манометрические термометры и регуляторы температуры

Тип прибора	Характеристика	Длина капилляра, *м*	Пределы измерения или настройки, °С		Габариты, *мм*	Масса, *кг*
			от	до		
ТПГ4	Газовый, показывающий	1,6; 2,5; 6; 10; 16; 25; 40	—60	600	170 × 170 × 63	6,5
ТСГ-720	Газовый самопишущий с электроприводом	4; 10; 16	0	310	398 × 319 × 124	14
ТСГ-720 чм	То же, с часовым механизмом и заводом на 8 суток	25; 40	0	310	398 × 319 × 124	14
ТПГ-СК	Газовый, показывающий с 3-позиционным контактным устройством	1,6; 2,5; 6; 10; 16; 25; 40	—60	400	170 × 170 × 117	5,5
ТР-1Б; ТР-2Б	Контактное устройство с замыканием цепи при повышении и понижении температуры	3	—35	60	175 × 142 × 100	1,7
ТРП-К; ТРП-Д	Регулятор пропорциональный пневматический для помещений (ТРП-К), воздуховодов и трубопроводов (ТРП-Д)	2,5; 6	5	35	106 × 140 × 102	2,3
РТ	Прямого действия (для теплоносителя) и обратного (для хладоносителя) $D_y = 15 \div 80$ *мм*; условная пропускная способность 2,5 — 60 *т/ч*	1,6; 1,5	20	180		7—40

Примечание. Максимальные и минимальные значения пределов измерения или настройки включают разные диапазоны для различных моделей приборов.

Таблица IX.10. **Термометры сопротивления**

Тип	Градуировка	Пределы измерения, °С	Характеристика	Монтажная длина, *мм*	Давление *кгс/см²*	Диаметр чехла, *мм*	Область применения
ТСП-I ТСП-IA	21	0÷50 —120÷30	С неподвижным штуцером	160; 200; 320; 400; 800; 1250	40	21	Трубопроводы и аппараты
ТСП-III ТСП-IIIA	21	0÷500 —120÷30	С подвижным штуцером, негерметичны	500; 800; 1000; 1250; 1600; 2000	Атмосферное	21	Газоходы, воздуховоды под давлением или разрежением, близком к атмосферному
ТСП-XXI ТСП-XXII	21	0÷500	С неподвижным штуцером	160; 200; 250; 300	250	Конус 28; 18	Трубопроводы и аппараты
ТСП-280	22	—20÷50	С подвижным штуцером	260	Атмосферное	16	Воздуховоды и кондиционеры
ТСП-290	22	0÷100	С неподвижным штуцером	250	10	Ступенчатый 12; 10	Водопроводы, емкости для воды, кондиционеры
ТСП-300	22	15÷22	Негерметичный, в круглой коробке	50 (высота)	Атмосферное	90	Помещения
ТСМ-X	23	—50÷100	С неподвижным штуцером	80; 160; 200; 320; 400; 800; 1250	40	21	Трубопроводы и аппаратура
ТСМ-XI	23	(—50) —100	С неподвижным штуцером и кабельным вводом	100; 250; 300; 380; 480; 550	40	10	Трубопроводы и аппараты
ТСМ-XII	23	(—50) —100	Без штуцера, негерметичный	186	Атмосферное	17	Помещения и на открытом воздухе
ТСМ-XIV	23	(—50) —100	С подвижным штуцером	500; 800; 1000 1250; 1600; 2000	То же	14	Газоходы и воздуховоды

ными автоматическими мостами. Выпускаются для диапазона температур от —200 до 500° С платиновые термометры градуировок 20, 21, 22 и для диапазона температур от —50 до 150° С медные термометры градуировок 23 и 24.

Логометры пирометрические, показывающие и сигнализирующие и вспомогательная аппаратура (табл. IX.11) предназначены для измерения температуры в одной или в нескольких точках, в комплекте с термометрами сопротивления.

Таблица IX.11. **Логометры и вспомогательная аппаратура**

Тип прибора	Характеристика	Градуировка	Пределы измерения, °С		Габариты, *мм*	Масса, *кг*
			от	до		
Л-64	Логометр профильный показывающий	20	0	500	100×200×204	3
		21	—200	500		
ЛР-64-02	То же, регулирующий с двухпозиционным контактным устройством	22	—200	500	100×200×275	3,5
		23	—50	150		
		24	—50	150		
СВ-4М	Устройство питания цепей логометра		—		100×80×65	0,55
ПМТ-4 ПМТ-6 ПТМ-8 ПМТ-12 ПМТ-20	Переключатели щеточные на 4, 6, 8, 12 и 20 термометров сопротивления		—		110×110×205	1,5

Мосты автоматические электронные (табл. IX.12) предназначены для измерения, регистрации, сигнализации и регулирования температуры в одной или в нескольких точках, в комплекте с термометрами сопротивления.

Дилатометрические и биметаллические регуляторы температуры предназначены для регулирования температуры в трубопроводах, воздуховодах и помещениях (табл. IX.13).

Полупроводниковые регуляторы температуры предназначены для регулирования температуры жидкостей и газов в трубопроводах, воздуховодах и помещениях. Датчиком служит терморезистор типа ММТ-1, помещаемый в защитную термосистему. Максимальная длина линии между прибором и термосистемой — 300 *м*. Для регулятора ПТРД-2 датчиками служат термометры сопротивления платиновые градуировки 22. Максимальная длина линии — 50 *м*; напряжение питания — 220 *в*, потребляемая мощность — не более 10 *ва*. Разрывная мощность контактов выходных реле на переменном токе — 500 *ва*, на постоянном — 50 *ва*, (табл. IX.14).

Ступенчатый импульсный прерыватель типа СИП-01 предназначен для снижения средней скорости перемещения регулирующего органа с электрическим исполнительным механизмом. СИП-01 применяется в комплекте с регулятором ПТР-3, содержит синхронный двигатель на 220 *в*, 12 *ва*, который периодически замыкает ртутные контакты. Длительность замыкания контактов выбирается в пределах 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 *сек*, период повторения — в пределах 15, 30, 60, 120 *сек*. Разрывной ток контактов при 220 *в* переменного тока — 15 *а*, габариты — 157 × 162 × 112 *мм*, масса — 2,7 *кг*.

Балансное реле БР-3 предназначено для пропорционального регулирования технологических параметров, в том числе и температуры. БР-3 применяется в комплекте с первичными приборами, имеющими реостатный датчик и с электрическими исполнительными механизмами, имеющими реостат обратной связи. Реле применяется также для синхронизации хода двух или трех исполнительных механизмов (например, на воздушных заслонках, расположенных в разных местах). Разрывная мощность выходных контактов — до 200 *ва*, напряжение питания — 220 *в*, габариты — 203 × 115 × 113 *мм*, масса — 2,5 *кг*.

Таблица IX.12. **Мосты электронные**

Характеристика прибора	Единица измерения	Тип моста	
		КСМ2	КСМ3
Количество точек измерения	шт	1, 3, 6, 12	1
Погрешность измерений	проц.	±0,5	±0,5
Погрешность записи	»	±1	±1
Диаграмма	»	Ленточная, складывающаяся	Дисковая
Ширина диаграммы	*мм*	160	∅250
Скорость перемещения диаграммы	*мм/ч*	20—3600	1 оборот — 24 *ч*
Габариты	*мм*	320 × 240 × 450	320 × 320 × 380
Масса	*кг*	17	16

Примечания. 1. Питание приборов от сети 220*в*, 50 *гц*. Потребляемая мощность 50—60 *ва*.
2. Различные модели приборов могут иметь дополнительные устройства, реостатный задатчик двух- или трехпозиционное электрическое регулирующее устройство, пневматическое регулирующее устройство, электрическое устройство для многоточечного регулирования.

Таблица IX.13. **Дилатометрические и биметаллические регуляторы температуры**

Тип	Пределы регулируемых температур, °С		Характеристика	Габариты, *мм*	Масса, *кг*
	от	до			
ДТКБ	—30	50	Датчик температуры камерный биметаллический с двухпозиционным контактным регулирующим устройством	59 × 90 × 62	0,308
ТУДЭ	—30	500	Терморегулирующее устройство дилатометрическое электрическое двухпозиционное	59 × 143 × 640 195 × 152 × 640	2 5
ТУДП	—30	500	Терморегулирующее устройство дилатометрическое пневматическое для пропорционального регулирования температуры	∅ 68 × (505 ÷ 585)	2
РТБП	5	30	Регулятор температуры биметаллический пневматический для помещений	125 × 65 × 62	0,65

Примечания. 1. Пределы регулируемых температур даны для различных моделей регуляторов.
2. Пневматические регуляторы выпускаются прямого и обратного действия.

Таблица IX.14. **Полупроводниковые регуляторы температуры**

Тип прибора	Назначение	Пределы настройки, °С		Габариты, *мм*	Масса, *кг*
Датчик погружной	Для установки в трубопроводах, воздуховодах, секциях кондиционеров. Давление окружающей среды — до 5 *кгс/см²*	—	—	∅18 × (170; 220; 320; 420; 770)	1
Датчик камерный	Для установки в помещениях	—	—	∅ 60 × 53	0,1
ПТР-2	Двухпозиционное регулирование температуры. Применяется с соленоидными клапанами	—30 —10	—5 15		
ПТР-3	Трехпозиционное регулирование температуры. Применяется со ступенчатым импульсным прерывателем и электрическим исполнительным механизмом	5 30	35 60	221×131×114	3
ПТР-П	Пропорциональное регулирование температуры. Применяется с электрическими исполнительными механизмами, имеющими реостатный датчик обратной связи				
ПТРД-2	Двухпозиционное регулирование разности температур	—5	+5	160×200×153	3,5

Приборы для измерения и регулирования давления, разрежения и расхода

Таблица IX.15. **Манометры**

Тип	Верхние пределы измерения, *кгс/см²*		Характеристика	Габариты, *мм*	Масса, *кг*
	от	до			
ОБМ1-100 ОБМ1-160 МОШ1-100 МОШ1-160	1	100	Показывающие, с одновитковой трубчатой пружиной	∅160 × (96; 126)	0,68
М-250 МП-5	6	100		∅250 × 171	2,5

Тип	Верхние пределы измерения, *кгс/см²*		Характеристика	Габариты, *мм*	Масса, *кг*
	от	до			
ıС-270	0,25	4	Сильфонный показывающий	440×385×118	10
ЧС-278			То же с сигнальным устройством		
ЧС-618			Самопишущий с сигнальным устройством, привод диаграммы от электродвигателя		
ıТС-710	6	100	Самопишущие с трубчатой пружиной	385×280×124	10
ıТС-710 ч					
ТС-730					
ıТС-730 ч					
МСС-710	0,25	4	Сильфонные самопишущие	385×280×124	10
МСС-710 ч					
МСС-730					
МСС-730 ч					
ЭКМ-IV	1	100	Электроконтактный с трехпозиционным сигнальным устройством	∅ 180×95	1,86
МЭД 2306	1	40	Бесшкальный с электрической дифференциально-трансформаторной системой передачи показаний на вторичный прибор	∅250×50	3
МЭД 2364	1	16			
МЭД 2307	60	250			
МЭД 2365	25	250			

Примечания. 1. Пределы измерений приборов следующие, *кгс/см²*: от 8 до 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250.

2. Обозначение манометров типа МТС и МСС: 710 — для одного параметра, 730 — для двух параметров, *ч* — с часовым механизмом привода диаграммы на 8 суток, остальные с электроприводом диаграммы

Напоромеры, тягомеры, тягонапоромеры предназначены для измерения небольших давлений и разрежений неагрессивных газов (табл. IX.16).

Для измерения мгновенного расхода жидкостей, пара и газов методом переменного перепада давлений на сужающем устройстве применяются дифференциальные манометры. Методика и формулы расчета стандартных сужающих устройств, основные требования к дифманометрам-расходомерам, методика их поверки и определения погрешности измерения расхода установлены Правилами 28—64 *.

К стандартным сужающим устройствам относятся диафрагмы (табл. IX.17), сопла и сопла Вентури.

Сосуды конденсационные (табл. IX.18) предназначены для поддержания постоянного уровня конденсата в импульсных линиях дифманометра при измерении расхода пара и горячей воды с температурой более 120° С. Они устанавливаются в непосредственной близости от диафрагмы. Сосуды П-419 и П-475 выпускаются с запорными вентилями.

Дифманометры двухтрубные типа ДТ (табл. IX.19) предназначены для измерения расхода неагрессивных жидкостей, пара и газов путем определения величины перепада давления на сужающем устройстве, а также для измерения уровня.

* Правила 28—64 измерения расхода жидкостей, газов и паров стандартными диафрагмами и соплами. М., Госстандарт СССР, 1964.

Таблица IX.16. **Напоромеры, тягомеры, тягонапоромеры**

Тип прибора	Верхние пределы измерения *кгс/м²*	Характеристика	Габариты *мм*	Масса, *кг*
ПР-619 ПР-620 ПР-637	100 300 600	Манометр жидкостный, с заполнением дистиллированной водой	190×60 390×60 690×60	0,28 0,56 1
ТНЖ-Н	25; 40; 63; 100; 160	Тягонапоромер жидкостный с наклонной трубкой, с заполнением этиловым спиртом	125×465×46	1,84
ТДЖ	160; 250; 400; 630	Тягонапоромер жидкостный дифференциальный, с заполнением дистиллированной водой с 1, 2, 3, 4, 5, 6 трубками	От 332×138×102 до 743×322×102	1,59—4,4
НМ-П1, НМП-52 ТМ-П1, ТмМП-52	От 16 до 4000	Напоромеры и тягомеры мембранные профильные	200×245×80	2,5
ТНМ-П1, ТНМП-52	От 8 до 1250	Тягонапоромеры мембранные профильные	200×245×80	2,5
КП-3, КП-6	2000	Кран-переключатель для подключения тяго- и напоромеров к 3 и 6 точкам отбора	⌀130×125	0,82 0,86

Примечание. Пределы измерения для мембранных приборов — от 0 до 15, 25, 40, 60, 100, 160, 250, 400, 600, 1000, 1600, 2500, 4000 *кгс/м²*, для тягонапоромеров — в обе стороны от 0 до 8, 12, 20, 30, 50, 80, 120, 200, 300, 500, 800, 1200, 1250 *кгс/м²*.

Таблица IX.17. **Стандартные диафрагмы**

Тип	$p_у$ *кгс/см²*	$D_у$, *мм*	Характеристика
ДК6 ДК25 ДК40 ДК100	6 25 40 100	50; 65; 80; 100; 125; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 500	Диафрагма камерная с различными видами соединений и числом отборов до 4
ДБ6 ДБ10 ДБ16 ДБ25	6 10 16 25	400; 500; 600; 800; 900; 1000; 1200; 1400	Диафрагма бескамерная, с числом отборов до 4

Примечание. Диафрагмы камерные выпускаются без трубок либо с трубками, вентилями, ниппелями и накидными гайками, а также с конденсационными сосудами типа СКМ-100 или уравнительными сосудами типа СУМ-160.

Таблица IX.18. **Сосуды конденсационные**

Тип	P_y, *кгс/см²*	Габариты, *мм*
П-211	64	216×175×130
П-355	16	215×190×132
П-419	16	216×175×130
П-475	64	216×175×130
СКБ-40	40	275×270×207; 160×270×467
СКБ-100	100	275×270×207; 160×270×467
СКМ-40	40	255×200×188; 140×200×448
СКМ-100	100	255×200×188; 140×200×448

Примечания. 1. Сосуды типа П-419, П-475 выпускаются с запорными вентилями.
2. Сосуды типа СКБ (большие) предназначены для дифманометров с ртутным заполнением, типа СКМ (малые) — для сильфонных и мембранных дифманометров.

Таблица IX.19. **Днфманометры двухтрубные типа ДТ**

Тип	Статическое давление, *кгс/см²*	Пределы измерений		Заполнитель	Габариты, *мм*	Масса, *кг*
		от	до			
ДТ-5	5	0	250 *кгс/м²*	Вода	790×290×165	5
ДТ-50	50	0	700 *мм рт. ст.*	Ртуть	1280×290×170	11

Дифманометры бесшкальные (табл. IX.21) предназначены для дистанционной передачи электрического сигнала, пропорционального измеряемому значению расхода или уровня, на вторичный прибор. Приборы имеют дифференциально-трансформаторный датчик и работают в комплекте с вторичными приборами типа ЭПИД, ДС1, ДСР1, ЭПВ, КСД и др.

Счетчики для холодной и горячей воды

Счетчики суммарного расхода (водомеры) (табл. IX.22, IX.23) предназначены для измерения количества воды, протекающей по трубопроводу при давлении не более 10 *кгс/см²* и температуре 30° С для холодной и 90° С для горячей. Выпускаются счетчики следующих типов: крыльчатые — УВК, ВКМС, ВКОС; турбинные — УВТ, ВВ. Присоединение счетчиков с диаметром условного прохода 15—40 *мм* — резьбовое штуцерное с трубной резьбой, 50—200 *мм* — фланцевое. Верхний кратковременный расход допускается не более 1 *ч* в сутки.

Приборы для измерения, сигнализации и регулирования уровня

В санитарной технике встречаются задачи измерения, сигнализации и регулирования уровня воды в открытых резервуарах, в резервуарах под давлением (деаэраторы) и в барабанах паровых котлов. Эти задачи могут быть решены при помощи дифманометров-уровнемеров различных типов (табл. IX.19, IX.20, IX.21), в том числе и с дистанционной передачей в комплекте с вторичными приборами.

Уравнительные сосуды (табл. IX.24) применяются для подключения дифманометров-уровнемеров к резервуару, в котором измеряется уровень, и обеспечивают постоянную высоту столба жидкости в импульсных трубках. Выпускаются следующие уравнительные сосуды: для открытых резервуаров — П-350, 5414; для резервуаров под давлением — П-752, 5413, 5420, для барабанов паровых котлов — П-198, П-239, 5424.

Таблица IX.20. **Дифманометры поплавковые и сильфонные**

Тип	Верхние пределы измерения				Статическое давление, *кгс/см²*	Габариты, *мм*	Масса, *кг*
	для расходомеров		для уровнемеров				
	кгс/м²	*кгс/см²*	*см вод. ст.*	*мм вод. ст.*			
Поплавковые ртутные: ДП-780; ДП-780Р; ДП-710; ДП-710Р; ДП-710ч; ДП-710чР; ДП-778; ДП-778Р; ДП-712Р; ДП-781Р	630; 1000; 1600; 2500	0,4; 0,63; 1	63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000	±315; ±500	250	(730÷2149)×315×325	42—50
Поплавковые масляные: ДПМ-780; ДПМ-780Р; ДПМ-710; ДПМ-710Р; ДПМ-710ч; ДПМ-710чР ДПМ-712Р;	63; 100; 160; 250; 400	—	—	—	2,5	(460÷844)×(562÷439)× ×417	42—50
Сильфонные: ДСП-780Н; ДСП-780В; ДСС-710Н; ДСС-710В; ДСС-710чН ДСС-710чВ; ДСС-778Н; ДСС-778В; ДСС-712Н; ДСС-712В; ДСП-781Н; ДСП-781В	630; 1000; 2500	0,4; 0,63; 1; 1,6	63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600	—	Н—160 В—320	Н—600×590×335 В—583×555×315	45

Примечание. В обозначениях дифманометров 780 означает показывающий, 710 — самопишущий с электроприводом диаграммы, 710 ч — то же, с часовым механизмом; 778 — показывающий с фотоэлектрическим трехпозиционным сигнальным устройством; 712 — самопишущий с интегратором; 781 — показывающий с интегратором.

Таблица IX.21. **Дифманометры бесшкальные**

Тип, модификация	Статическое давление, *кгс/см²*	Верхние пределы измерения перепада давлений	Единица измерения	Габариты, *мм*	Масса, *кг*
Мембранный ДМ 3564; 3573;	63	160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500	*кгс/м²*	200×575×200	30
» ДМ 3566; 3574	250	0,4; 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3	*кгс/см²*	218×510×200	25
Колокольный ДКО 3701	2,5	10; 16; 25; 40; 63; 100	*кгс/м²*	580×235×208	20

Таблица IX.22. **Счетчики для холодной воды**

Модификация	Диаметр условного прохода, *мм*	Расход, *м³/ч*		Нижний предел измерения, *м³/ч*	Порог чувствительности, *м³/ч*	Габариты, *мм*	Масса, *кг*
		верхний кратковременный	максимальный эксплуатационный				
УВК-15	15	1,5	1	0,04	0,02	220×112×150	1,96
ВКОС-15				0,1	0,06	220×112×155	2
ВКОС-1,0				0,1	0,06	220×100×152	2,3
УВК-20	20	2,5	1,6	0,06	0,03	250×112×152	2,35
ВКОС-20				0,15	0,1	250×112×159	2,2
ВКОС-1,6				0,15	0,1	250×112×153	2,5
УВК-25	25	3,5	2,2	0,08	0,04	280×112×157	3,3
ВКМС-25				0,2	0,15	315×115×160	4,2
УВК-32	32	5	3,2	0,1	0,05	300×112×164	3,5
ВКМС-32				0,4	0,15	358×105×149	5,4
ВКОС-3,2				0,35	0,25	300×112×162	3,2
УВК-40	40	10	6,3	0,17	0,1	330×112×169	4,2
ВКОС-6,3				0,5	0,4	330×112×162	4,3
ВКОС-40				0,5	0,4	330×112×166	2,9
ВКМС-40				0,8	0,4	358×112×149	5,8

Продолжение табл. IX.22

Модификация	Диаметр условного прохода, *мм*	Расход, $м^3/ч$		Нижний предел измерения, $м^3/ч$	Порог чувствительности, $м^3/ч$	Габариты, *мм*	Масса, *кг*
		верхний кратковременный	максимальный эксплуатационный				
УВТ-50	50	22	15	3	0,7	155×165×210	7,7
ВВ-50					1	155×165×193	9
УВТ-80	80	80	45	6	1,2	205×195×245	12,2
ВВ-80					2,5	205×200×225	16
УВТ-100	100	140	75	8	2	215×220×265	15,1
ВВ-100					3,5	215×220×247,5	18,2
УВТ-150	150	320	160	12	3	261,5×285×326	25,2
ВВ-150					5	261,5×285×303,5	27
ВВ-220	200	550	265	18	8	267,6×340×357,5	40

Таблица IX. 23. **Счетчики для горячей воды**

Модификация	Диаметр условного прохода, *мм*	Расход, $м^3/ч$		Нижний предел измерения, $м^3/ч$	Порог чувствительности, $м^3/ч$	Габариты, *мм*	Масса, *кг*
		верхний кратковременный	максимальный эксплуатационный				
ВКМС-32Г	32	3,5	3,2	0,5	0,2	358×130×149	7
ВКОС-3,2		8		0,35	0,25	300×100×164	3,3
ВКМС-40Г	40	7	6,3	1	0,4	358×130×149	7,5
ВКОС-6,3		12,6	6,3	0,5	0,4	330×164×100	4,2
УВТГ-50	50	22	15	3	0,7	155×165×210	7,9
ВВ-50Г					1	155×165×193	9,2
УВТГ-80	80	80	45	6	1,2	205×195×245	11
ВВ-80Г					2,5	205×200×225	16,3
УВТГ-100	100	140	75	8	2	215×200×255	15,1
ВВ-100Г					3,5	215×220×247,5	18,6
УВТГ-150	150	320	160		3	261,5×285×326	24,8
ВВ-150Г				12	5	261,5×285×303,5	26,5
УВКГ-15	15	1,5	1	0,04	0,02	230×112×158	1,96
УВКГ-20	20	2,5	1,6	0,06	0,03	250×112×160	2,35
УВКГ-25	25	3,5	2,2	0,08	0,04	280×112×165	3,3
УВКГ-32	32	5	3,2	0,11	0,05	300×112×172	3,5
УВКГ-40	40	10	6,3	0,17	0,1	330×112×176	4,2

Таблица IX.24. **Уравнительные сосуды**

Тип	Пределы измерений, *мм вод ст*	Предельное давление, *кгс/см²*	Габариты, *мм*	Масса, *кг*
П-198; 5424	0±315	160	720 × 243 × 108	12,1
П-234	0±500	160	1090 × 243 × 108	15,3
П-348; 5413		2	126 × 130 ×105	3,5
П-350; 5414	0—160; 0—250; 0—400; 0—630	2	130 × 140 ×105	3,7
П-752; 5420		64	130 × 175 × 108	5,5

Сигнализаторы уровня, применяемые для позиционного регулирования уровня в резервуарах, приведены в табл. IX. 25.

Вторичные приборы (табл. IX.26) с дифференциально-трансформаторной системой передачи предназначены для измерения, регистрации, сигнализации и регулирования давления, расхода, уровня. Они применяются в комплекте с первичными приборами, имеющими дифференциально-трансформаторные датчики — с манометрами типа МЭД и дифманометрами типа ДМ.

Приборы для измерения, сигнализации и регулирования относительной влажности воздуха

Психрометр бытовой ПБ-1Б применяется для измерения относительной влажности воздуха в помещениях при помощи психрометрической таблицы Состоит из двух термометров (заполнитель — толуол) — сухого и увлажняемого. Пределы измерения по температуре — от 0 до 45° С. Сигнализаторы и регуляторы относительной влажности приведены в табл IX. 27.

Регулирующие органы и исполнительные механизмы

Пневматические мембранные исполнительные механизмы используются следующих типов: МИМ, поставляемые комплектно с регулирующими клапанами; МПП — для поворота воздушных заслонок в установках вентиляции и кондиционирования воздуха. Командное давление изменяется в пределах 0,2—1 *кгс/см²* (табл. IX 31).

Вентили с электромагнитным приводом служат запорными органами на трубопроводах воздуха, воды, фреона, аммиака. Питание электромагнита на переменном токе — 127, 220, 380 *в*, 20 *ва*, на постоянном токе — 110, 220 *в*, 15 *вт* (табл. IX.32).

Электрические исполнительные механизмы (табл IX.33) предназначены для плавного перемещения регулирующих органов. Они состоят из электродвигателя, редуктора, конечных выключателей, реостатных или индуктивных датчиков положения и штурвала ручного управления. Механизмы могут иметь также электромагнитный или конденсаторный тормоз.

Таблица. IX.25. **Сигнализаторы уровня**

Тип	Пределы измерения, *мм*		Характеристика	Давление среды, *кгс/см²*	Температура среды, °С	Габариты, *мм*	Масса, *кг*
	от	до					
РП-40	5	100	Сигнализатор поплавковый с контактным устройством на 2 контакта	5		334 × 206 × 240	11
ДПЭ-1	0	25		6	125	350 × 200 × 210	9,5
РМ-51	500	1000		Атмосферное		280 × 190 × 100	7,5
РУ-3Э	0	1000	Реле уровня двухпозиционное	16		292 × 152 × 90	3
АПК-3			Сигнализатор верхнего и нижнего уровня воды в котлах	13	200	250 × 220 × 120	3
ЭРСУ-2	100		То же			230 × 210 × 108	2,5
ЭРСУ-3	100		То же, и в других резервуарах			230 × 210 × 108	2,5
ЭСУ-1М	100	2000	Сигнализатор одного значения уровня в резервуарах, электронный	25		230 × 210 × 210	4,5
ЭСУ-2М	100		То же, для двух значений уровня		250	230 × 210 × 210	4,5
ЭИУ-2	1000		Индикатор уровня электронный, с дистанционной передачей показаний			207 × 210 × 110	5

Примечание. Сигнализаторы уровня предназначены для сигнализации и позиционного регулирования уровня неагрессивных жидкостей в резервуарах.

Таблица IX.26. **Вторичные приборы**

Характеристика	Единица измерения	Тип				
		КСД3	КСД2	КПД1	КСД1	КВД1
Погрешность измерения	проц.	±1,6	±1	±1	±1	—
Погрешность записи	»			—		

Способ индикации (регистрации)	—	Самопишущий с дисковой диаграммой	Самопишущий с ленточной складывающейся диаграммой	Показывающий	Самопишущий с ленточной рулонной диаграммой	Показывающий с вращающейся шкалой
Размер диаграммы	*мм*	∅ 250	160	—	100	—
Скорость перемещения диаграммы	*мм/ч*	1 оборот за 24 *ч*	20—3600	—	10—120	—
Габариты	*мм*	320 × 320 × × 380	320 × 240 × × 482	160 × 200 × × 500	—	240 × 160 × × 434
Масса	*кг*	15	17	13	13	15

Примечания. 1. Питание приборов от сети 220 *в*, 50 *гц*, потребляемая мощность 25—35 *ва*.
2. Различные модели приборов могут иметь дополнительные устройства: реостатный задатчик, двух- или трехконтактное регулирующее устройство интегратор для учета суммарного расхода.

Таблица IX.27. **Сигнализаторы и регуляторы относительной влажности воздуха** *

Тип	Пределы измерения, проц.		Характеристика	Габариты, *мм*	Масса, *кг*
	от	до			
ВДК	30	90	Влагорегулятор волосной двухпозиционный	212 × 67 × 67	0,6
ВПК	30	90	То же, пропорциональный с реостатным датчиком и контактным устройством	212 × 67 × 67	0,6
ЭВЧ-01-Т	30	70	Хлористолитиевые датчики относительной влажности воздуха	∅ 35 × 80	0,03
ЭВЧ-02-Т	60	95			
УДРОВ	30	70	Устройство дистанционного измерения, регистрации и регулирования относительной влажности	450 × 475 × 366	40
	60	95			
СПР-102	35	95	Регулятор электронный двухпозиционный	130 × 130 × 230	2
СПР-104	35	95	То же, полупроводниковый	130 × 130 × 230	2
РВТ-110	40	80	Регулятор трехпозиционный, полупроводниковый	130 × 130 × 290	2,4
	60	90			

* Ю. С. Давыдов, С. В. Нефелов. Применение электронной автоматики в санитарной технике. М., Стройиздат, 1973.

Таблица IX.28. **Регулирующие клапаны**

Тип	Характеристика	Условное давление, *кгс/см²*	Максимальная допустимая температура, °С	Максимальный перепад, *кгс/см²*	Расходная характеристика или тип плуижера
25ч931нж	Регулирующий проходной	16	300	10	Линейная
27ч905нж; 27ч 5нж	Регулирующий трехходовой смесительный	6	150	0,5	Типы I, II, III — с равновеликими окнами, тип IV — с неравновеликими окнами
25ч30нж (Н.О.) 25ч32нж (Н.З.)	Регулирующий проходной:				Линейная (I, II) и логарифмическая (III, IV)
	исполнение I, III при $D_y \leqslant 80$ (для жидкостей)	16	300	10	
	то же, при $D_y > 80$			7	
	исполнение II, IV $D_y \leqslant 80$ (для газов)			15	
	то же, при $D_y > 80$			12	

Примечание Клапаны 25ч931нж, 27ч905нж выпускаются с электрическими исполнительными механизмами типа ПР-1М; клапаны 27ч5нж, 25ч30иж, 25ч32нж — с пиевматическими типа МИМ.

Таблица IX.29. **Конструктивные характеристики регулирующих клапанов**

Тип клапана	Размеры, *мм*						*n*, шт.	Масса, *кг*	K_{100}, *м/ч*
	D_y	*H*	*L*	D_1	D_2	*d*			
25ч931нж	15	595	130	65	95	14	4	20,8	4
	20	614	150	75	105			25	6,3
	25	624	160	85	115			27	10
27ч905нж	40	741	230	125	160	18		40	25
	50	741						40	40
	50	742						45	—
	80	793	310	160	195		8	61,6	—
	100	827	350	180	215			90	—
25ч30нж 25ч32нж	15	585	130	65	95	14	4	19	4
	20	646	150	75	105	14		23	6,3
	25	656	160	85	115	4		23	10
	40	785	200	110	145	18		37	25
	50	801	230	125	160			37	40
	80	997	310	160	195		8	82	100
	100	1250	350	180	215			112	160
	150	1205	480	240	280	23		167	400
	200	1683	600	295	335			290	630
	250	1760	730	355	405	25	12	418	1000
	300	1895	850	410	560			637	1600
27ч5нж	50	650	230	125	160	18	4	39	—
	80	776	310	195	195		8	69	
	100	808	350	215	215		8	82	

Примечание. D_1 — диаметр окружности разметки центров отверстий во фланце; D_2 — наружный диаметр фланца; *d* — диаметр отверстий во флаице; *n* — количество отверстий; K_{100} — коэффициент пропускной способности, *м/ч*.

Таблица IX.30. **Коэффициент пропускной способности для K_{100} трехходовых клапанов**

D_y, *мм*	27ч905нж с плунжером типа					27ч5нж с плунжером типа				
	I	II	III	IV		I	II	III	IV	
				нижний	верхний				нижний	верхний
50	56,8	44	23,6	14,7	35,4	41	32	19	14,5	35
80	119	71	33,7	42	102	101	60	27	38	75
100	171	106,5	40,5	68,5	166,5	151	94	33	60	165

Таблица IX.31. **Механизмы типа МПП**

Тип	Вид передачи движения	Ход штока или пружины рычага, *мм*	Максимальное усилие, развиваемое мембраной, *кгс*	Диаметр мембранной коробки, *мм*	Высота, *мм*	Масса, *кг*
МПП-16	Толкающий	30		208	272	6,6
	Рычажный	105	120	318	318	6,9
МПП-20	Толкающий	30			316	11,4
	Рычажный	105	200	254	364	11,4
МПП-25	Толкающий	30			308	12,3
	Рычажный	105	360	304	348	13

Таблица IX.32. **Вентили с электромагнитным приводом**

Тип	Размеры, *мм*								Масса, *кг*
	$D_у$	H	L	D_1	Фланец	d	$D_н$	$D_в$	
СВМ с фланцевым присоединением на 4 болта	25	260	160	68	88×88	14	—		6,7
	40	277	170	88	110×110	18	—		9
	50	288	200	102	120×120	18	—		13,6
15с831рСВА с присоединением под сварку	10	165	106	—			19,5	14,5	3,6
	15	227	118	—			25	20,5	4,8

Примечание. $D_н$ и $D_в$ — наружный и внутренний диаметры трубопровода по сварке. См. также примечание к табл. IX.29.

Таблица IX.33. **Электрические исполнительные механизмы**

Тип	Угол поворота вала, *град*	Мощность двигателя, *ва*	Габариты, *мм*	Масса, *кг*
МЭО-1,6/40		28	234×234×213	10
МЭО-4/40	45 — 90 или	64	366×295×325	25
МЭО-10/100	45 — 240	64	366×356×325	25
МЭО-25/100		105	366×356×325	28,5
МЭО-63/40		585	545×575×635	180
МЭО-63/100		250	465×495×490	95
МЭО-160/250		400	545×575×635	185
МЭО-400/250		450	640×840×615	235
ПР-1М	0—180	80	180×122×230	5

Примечание. В обозначениях механизмов МЭО первое число — момент на валу, *кгс·м*, второе — время полного оборота вала, *с*.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ, АБОНЕНТСКИХ ВВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Функции и аппаратура систем автоматизации

Тепловой контроль в системах теплоснабжения охватывает измерение температуры, расхода, давления и количества тепла.

Измерение температур воды производится в подающем и обратном трубопроводе на вводе в тепловой пункт, до и после подогревателей горячего водоснабжения по сетевой и горячей воде и после элеватора на подающем и обратном трубопроводе. Измерение давлений воды производится на вводе в пункт на обеих линиях, после регулятора расхода, после элеватора на обеих линиях, а также холодной воды, подаваемой на подогреватели горячего водоснабжения, и горячей воды.

Учет количества сетевой и холодной воды, потребляемой тепловым пунктом, производится счетчиками турбинными и крыльчатыми (см. табл. IX.22 и IX.23).

Функции управления циркуляционными насосами горячего водоснабжения сводятся к их автоматическому включению при снижении разбора горячей воды и отключению при увеличении водоразбора, осуществляется также дистанционное или местное управление насосами и автоматическое включение резервного насоса (АВР) при аварийном отключении работающего.

Сигнализация о состоянии насосов («включен — отключен»), а также аварийном отключении работающего насоса осуществляется при помощи сигнальных ламп. В случае установки в системе горячего водоснабжения баков-аккумуляторов горячей воды осуществляется сигнализация опасного повышения уровня в баке при помощи поплавковых электроконтактных сигнализаторов уровня (см. табл. IX.25). Замыкание контактов сигнализатора при повышении уровня включает световую и звуковую сигнализацию.

Автоматическое регулирование на тепловых пунктах и на отдельных абонентских вводах расхода сетевой воды, поступающей в систему отопления, давления в обратном трубопроводе для предотвращения опорожнения систем отопления высоких и высоко расположенных зданий, а также автоматическое регулирование температуры горячей воды после подогревателей горячего водоснабжения и в системах с непосредственным водоразбором осуществляется специальными регуляторами и регулирующими органами.

Регулирующий клапан РК-1 (системы ОРГРЭС) с мембранным гидравлическим исполнительным механизмом применяется в комплекте с регулирующим прибором РД-3А для регулирования расхода (по перепаду давления) и регулирования давления на тепловых пунктах (табл. IX.34). В комплекте с регулирующим прибором ТРД клапан РК-1 применяется также для регулирования температуры в закрытых системах горячего водоснабжения. Конструкция клапана показана на листе IX.1. Клапан состоит из следующих частей: корпуса, дроссельной части — седла и золотника, сальникового затвора, мембранно-пружинного механизма и узла настройки. Конструктивная характеристика от 0 до 10% хода золотника — параболическая, от 10 до 100% — линейная.

Регулятор прямого действия УРРД применяется в качестве регулятора расхода и давления на абонентских вводах жилых, промышленных и общественных зданий, кроме того, он может быть использован в качестве регулирующего органа в комплекте с регулирующими приборами РД-3А или ТРД. Он выполнен в виде клапана с односедельной, разгруженной сильфоном дроссельной частью и мембранно-пружинным механизмом (лист IX.2, табл. IX.34).

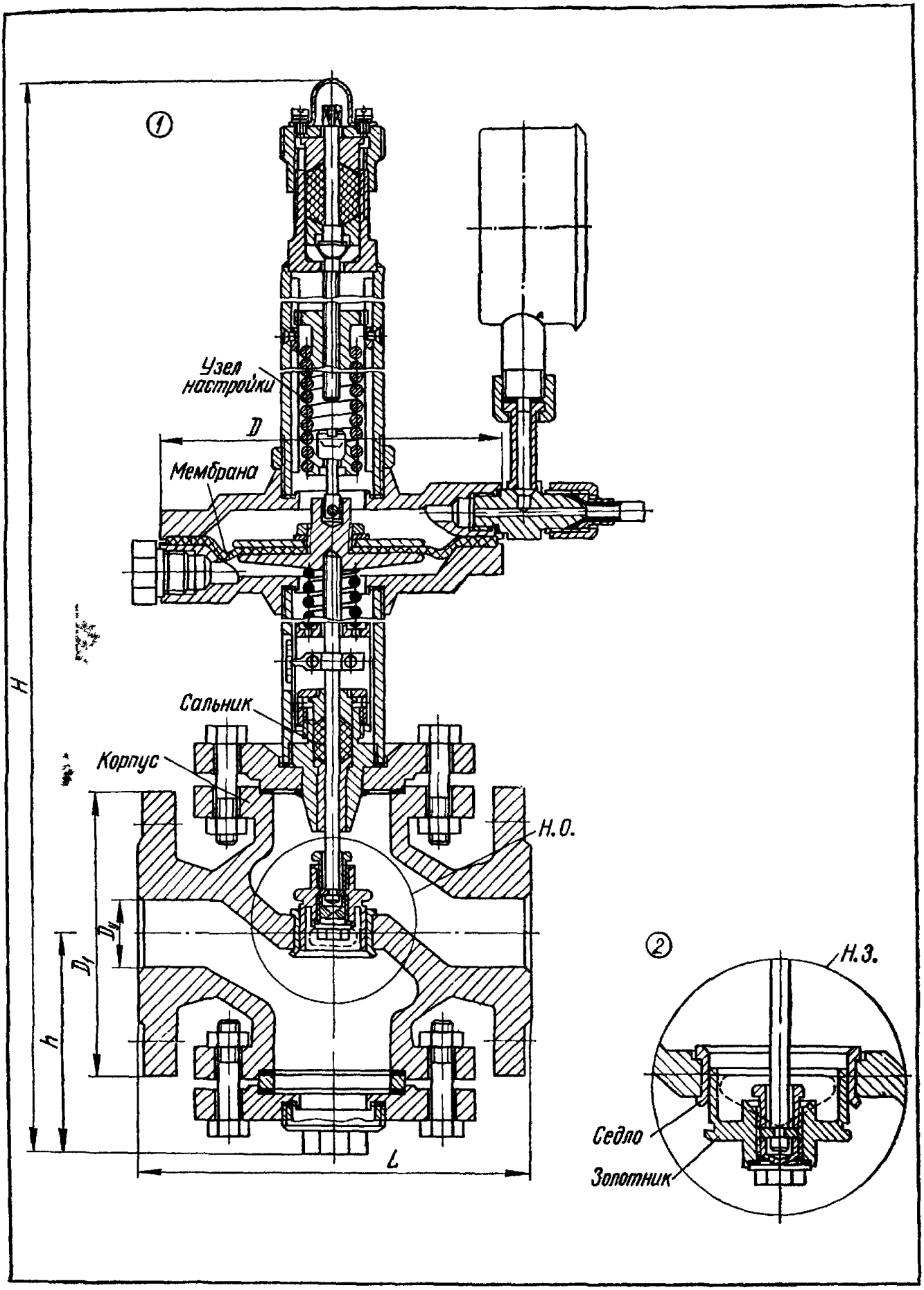
Регулятор состоит из корпуса, дроссельной части — седла и золотника, сильфонного узла, обеспечивающего разгрузку золотника и бессальниковый вывод штока, мембранно-пружинного механизма и узла настройки. Конструктивная характеристика аналогична характеристике РК-1.

Регулятор прямого действия РР (табл. IX.34) предназначен для поддержания постоянного расхода сетевой воды в отопительных системах и устанавливается на подающем трубопроводе перед элеватором. Импульсная линия, подводящая давление к сильфону регулятора, подключается к обратному трубопроводу в случае, если располагаемый напор на вводе не превышает 20 *м* (2 *кгс/см*^{2}), либо к подающему трубопроводу между регулятором и элеватором в случае, если

Таблица IX.34. Гидравлические регуляторы давления, расхода и уровня

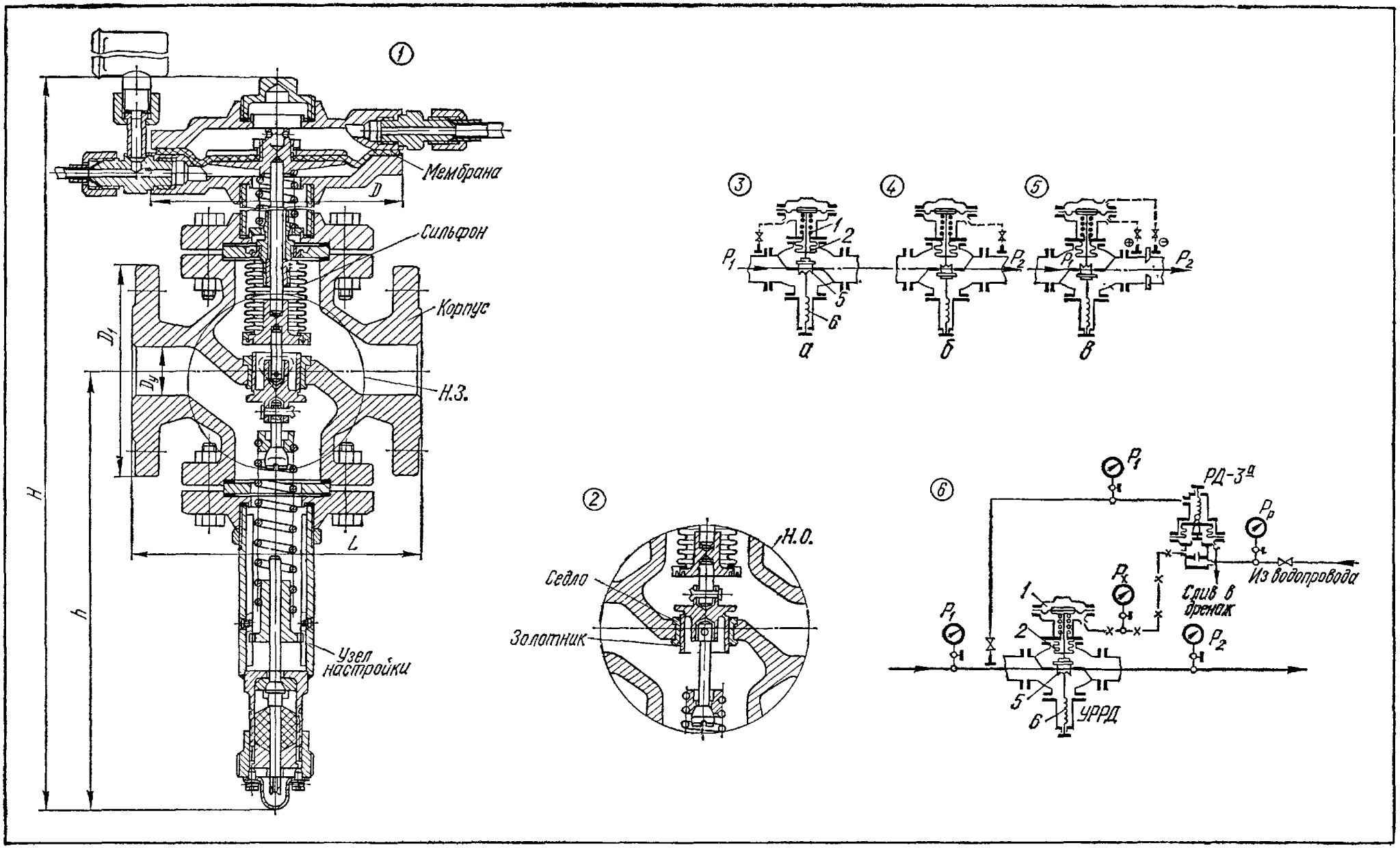
Тип	D_y	P_y, *кгс/см²*	t_{max}, °С	Ход золотника, *мм*	Эффективная площадь мембраны или сильфона, *см²*	Неравномерность	Зона нечувствительности	Верхние пределы настройки, *кгс/см²*	Размеры, *мм*							n	K_{100}, *м³/ч*	Масса, *кг*
									L	D	H	h	D_1	D_2	d			
РК-1	50 80	16	200	18	100 200	—			230 310	220 220	815 815	170 170	160 195	125 160	18 18	4 8	25 60	45 55
УРРД	25	16	150	12	100	20%	2%	0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 5,6	100	220	750	400	115	85	14	4	6	27
	50			18	100				230		815	430	160	125	18	4	25	45
	80			18	200				310		815	430	195	160	18	8	60	55
РР	25	15	150	4	3,88	1,3 *кгс/см²*	0,05 *кгс/см²*	—	100	—	405	—					5	11
	40			5	12	1,2			130		530						15	21
	50			8	15,8	1,2			150		584						23	30
	80			10	36,8	0,8			350		750						52	88
	100			15	60	0,6			450		840						82	113
РД-3а	—	16	100			6 или 30 ÷ 500 *мм вод. ст.*	0,5% или 10 *мм вод. ст.*	0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16	—									10,5 14

Примечания. 1. Неравномерность и зона нечувствительности регуляторов УРРД и РД-3а даны в процентах от верхнего предела настройки.
2. Давление и расход рабочей воды для регулятора РД-3а 2—10 *кгс/см²* и 15—30 *л/ч*.



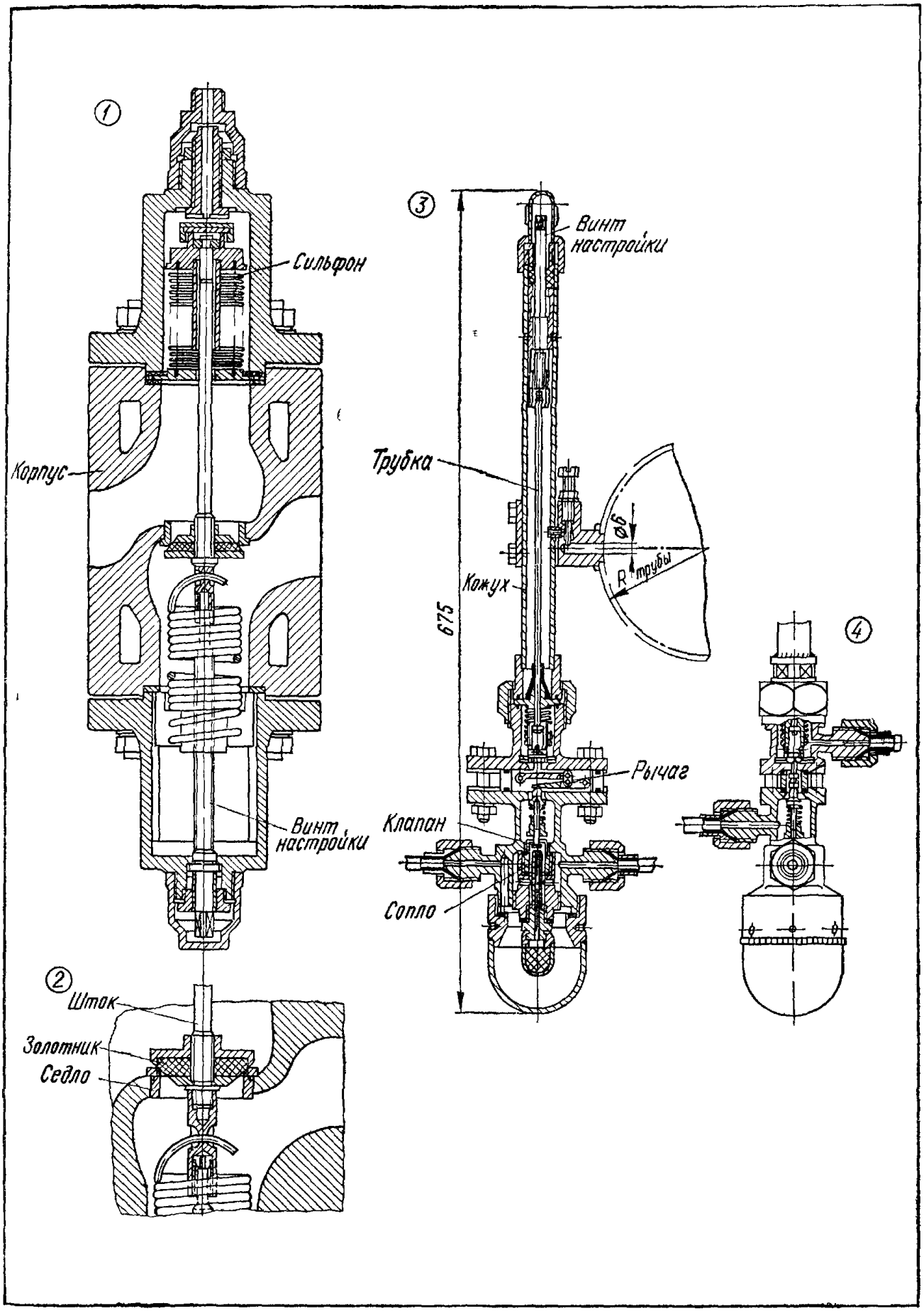
Лист IX.1. Клапан типа РК-1:

1 — клапан сборки Н.О.; *2* — узел золотника сборки Н.З.

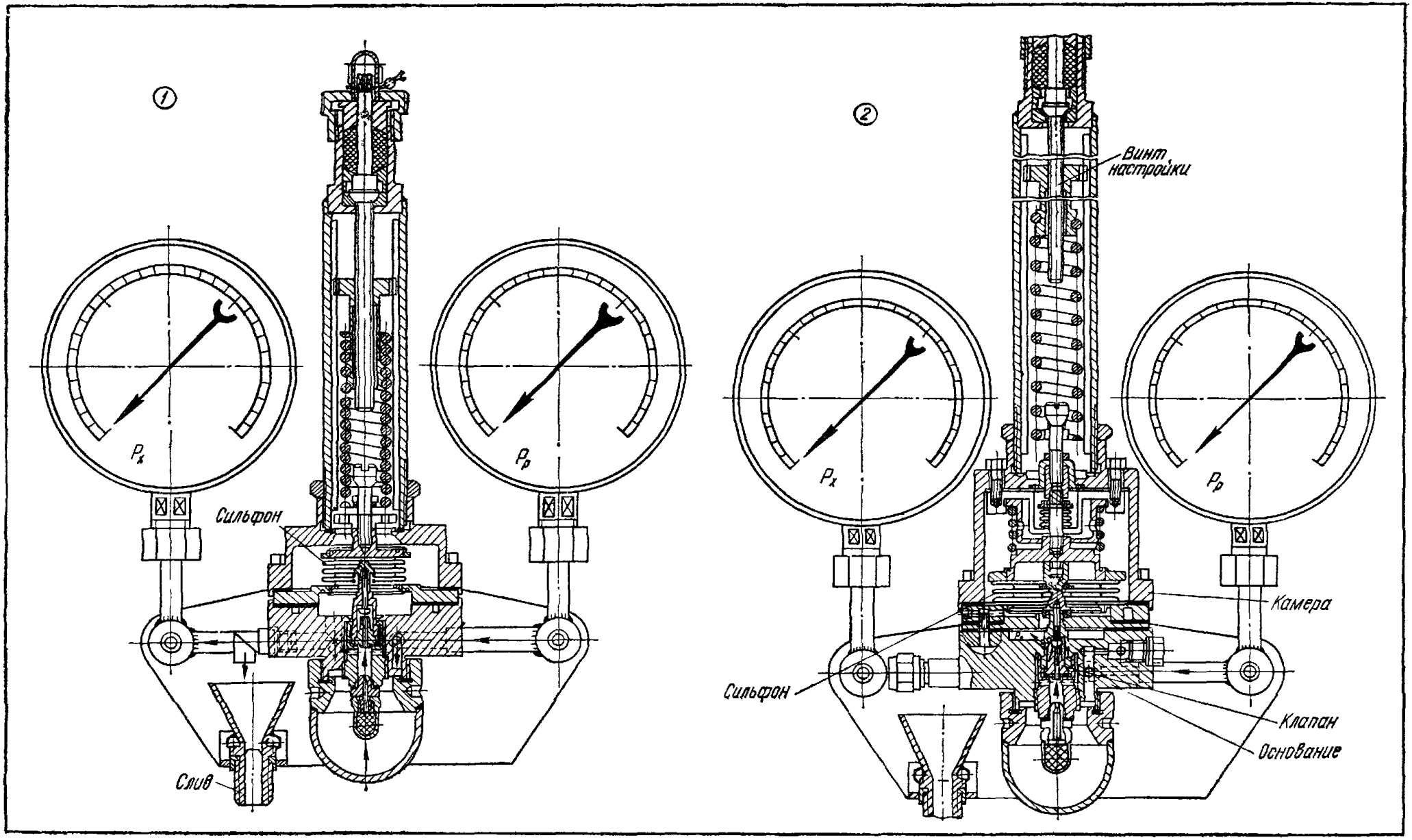


Лист IX.2. Регулятор прямого действия типа УРРД и схемы его включения:

1 — регулятор сборки Н.З.; *2* — узел золотника сборки Н.О.; *3* — регулятор давления «до себя»; *4* — регулятор давления «после себя»; *5* — регулятор перепада давлений; *6* — принципиальная схема включения регулятора как регулирующего органа с регулирующим прибором РД-3А при регулировании давления «до себя».



Лист IX.3. Гидравлические регуляторы расхода давления и температуры:
1 — регулятор расхода типа РР; *2* — сборка золотника регулятора давления типа РД; *3* и *4* — регулирующий прибор типа ТРД.



Лист IX.4. Регулирующий прибор типа РД-3А:

1 — конструкция односильфонной сборки; *2* — то же, трехсильфонной.

располагаемый напор более 20 *м*. В этом случае между регулятором и точкой отбора устанавливается шайба.

Подбор регуляторов РР при известном расходе воды и за данном регулируемом перепаде давления производится по табл. IX.35.

Таблица IX.35. **Подбор регуляторов РР**

$D_у$	Регулируемый перепад давления, *кгс/см²*, при расходе воды, *т/ч*													
	0	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50
25	2,2	1,9												
40	1,8	1,6	1,4											
50		2	1,9	1,7	1,6	1,5								
80					2,1	2	1,9	1,7	1,6	1,5				
100								1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4

Регуляторы давления РД предназначены для поддержания постоянного давления в обратном трубопроводе местных систем водяного отопления и выпускаются с диаметром условного прохода 50 и 80 *мм* (аналогично соответствующим регуляторам РР). От регулятора РР они отличаются положением клапана и более жесткой пружиной. Регулируемое давление действует на сильфон изнутри, импульсные линии к регулятору не подводятся.

Предельное регулируемое давление — 5 *кгс/см²*, неравномерность регулирования 1,1 и 0,8 *кгс/см²*.

В закрытом состоянии клапан практически не пропускает воду. Конструкция регуляторов РР и РД показана на листе IX.3.

Регулирующий прибор РД-3А (системы ОРГРЭС) предназначен для регулирования давлений, перепада давлений, расхода, уровня, а также для защиты абонентов тепловой сети при остановках насосов (см. табл. IX.34). Он применяется в комплекте с регулирующим клапаном РК-1 и УРРД. Конструкция прибора показана на листе IX.4. В нижней части основания имеется резьба для установки управляющего клапана, закрытого стаканом-отстойником. На верхней части основания крепится импульсная камера, внутри которой размещается чувствительный элемент, состоящий из одного или трех сильфонных узлов. На импульсной камере размещен узел настройки с настроечной пружиной, нижний конец которой соединен с чувствительным элементом, а верхний конец через подвижную опору с натяжным винтом. Прибор снабжен щитком, на котором закреплена дренажная воронка и имеются гнезда для установки манометров, контролирующих командное давление p_x и давление рабочей среды $p_р$.

Управляющий клапан состоит из корпуса фильтра, дросселя постоянного сечения, рабочего сопла, направляющей втулки, прикрывающего клапана и пружины. В зависимости от принятой схемы регулирования управляющий клапан собирается по одному из трех вариантов. Первая сборка — односопловая с нормально открытым клапаном; при повышении импульсного давления, подаваемого в штуцер, клапанок прикрывает проход рабочей среды на слив, и командное давление возрастает. Во втором варианте односопловой системы управляющий клапан нормально закрыт. В двухсопловой системе клапанок открывает одно сопло и одновременно прикрывает другое.

Прибор может быть включен по бессливной системе с отводом рабочей воды в обратный трубопровод либо по сливной с отводом рабочей воды в дренаж.

Регулятор температуры дилатометрический ТРД предназначен для поддержания заданной температуры горячей воды в системах горячего водоснабжения с поверхностными подогревателями и в системах с непосредственным водоразбором из сети и регулированием температуры путем смешения сетевой и холодной воды. Применяется в комплекте с клапанами типа: РК-1, УРРД (для закрытых систем), РКС (для систем со смешением).

Чувствительным элементом регулятора (см. лист IX.3) является дилатометрический жезл, состоящий из стального кожуха и латунной трубки, пространство между которыми омывается горячей водой. Удлинение латунной трубки через систему рычагов вызывает перемещение управляющего клапана относительно сопла, что вызы-

Таблица IX.36. **Подбор регуляторов ТРД**

Максимальный расход горячей воды, *т/ч*	Диаметр условного прохода клапана, *мм*	Проходное сечение золотника, *мм²*	Диаметр ограничительных отверстий, *мм*	Количество ограничительных отверстий при перепаде давления, *кгс/см²*								
				0,5	1	2	3	4	5	6	7	8
3	40	250	6	5	4	3	2					
5		440		9	7	5	4	3				2
9		700		16	11	8	7	6	5			4
15	50	1100	8,5	14	10	7	6	5	4			
25	80	2100		23	16	11	9	8	7			6
40	80	2800		36	25	18	15	13	11	10		

Примечание. При подборе клапана располагаемый перепад давления на клапане уменьшать на 0,5 *кгс/см²*, а затем пользоваться таблицей.

вает изменение командного давления рабочей воды, подаваемой на мембранный механизм регулирующего клапана. Настройка на заданную температуру производится винтом. Управляющий клапан прибора ТРД такой же, как у прибора РД-3А.

Регуляторы ТРД выпускают в двух модификациях — с раздельной компоновкой регулирующего прибора и клапана либо с компоновкой обоих узлов в одном изделии. Подбор регуляторов ТРД производится по табл. IX.36 по заданному максимальному расходу воды и перепаду давления на клапане.

Пределы настройки регулятора 30—180° С; максимальные температура и давление рабочей воды 95° С и 6 *кгс/см²*; габариты регулятора 675×120×120 *мм*, масса 6 *кг*.

Схемы автоматизации тепловых пунктов водяных тепловых сетей и систем горячего водоснабжения

Ввиду большого разнообразия схем автоматизации тепловых пунктов, здесь приводятся только примерные схемы автоматизации.

На листе IX.5 приведена примерная функциональная схема автоматизации теплового пункта с подогревателями горячего водоснабжения. В схеме осуществляется тепловой контроль при помощи местных измерительных приборов — термометров и манометров, учет расхода холодной и сетевой воды.

Регулятор расхода стабилизирует расход сетевой воды через систему отопления по перепаду давлений в подающем и обратном трубопроводе. В качестве регуляторов прямого действия могут применяться регуляторы РР либо УРРД. В качестве регулятора непрямого действия применяется регулирующий прибор РД-3А в комплекте с клапанами РК-1, УРРД, включенный по сливной или бессливной схеме.

Регулятор давления стабилизирует давление в обратном трубопроводе. В качестве регулятора давления могут применяться: регуляторы прямого действия РД, УРРД либо регулирующий прибор РД-3А в комплекте с регулирующими клапанами РК-1, УРРД.

Регулятор температуры поддерживает заданную температуру горячей воды после подогревателя. В качестве регулятора применяется дилатометрический регулятор температуры ТРД в комплекте с регулирующими клапанами РК-1, УРРД, а также регулятор температуры ТРБ-2 (теплосеть Мосэнерго) и термореле манометрическое (теплосеть Киевэнерго). При повышении давления воды и понижении температуры, что свидетельствует о снижении разбора воды, автоматически включается один из циркуляционных насосов. Отключение насоса происходит, когда один из параметров войдет в норму. Второй насос находится в резерве и включается при аварийном отключении рабочего насоса. Выбор рабочего и резервного насоса осуществляется ключом блокировки КБ. Дистанционное управление осуществляется при помощи ключей 1КУ, 2КУ.

На листе IX.6, рис. 1, показана принципиальная схема регулятора расхода и

регулятора давления с использованием регулирующего прибора РД-3А и регулирующего клапана УРРД. Регулирующие приборы включены по сливной схеме.

Для регулятора давления в обратном трубопроводе системы отопления использован регулирующий прибор РД-3А односильфонной сборки с управляющим клапаном односопловой системы по схеме Н.О.

Для регулятора расхода используется прибор РД-3А трехсильфонной сборки с управляющим клапаном односопловой системы по схеме Н.О.

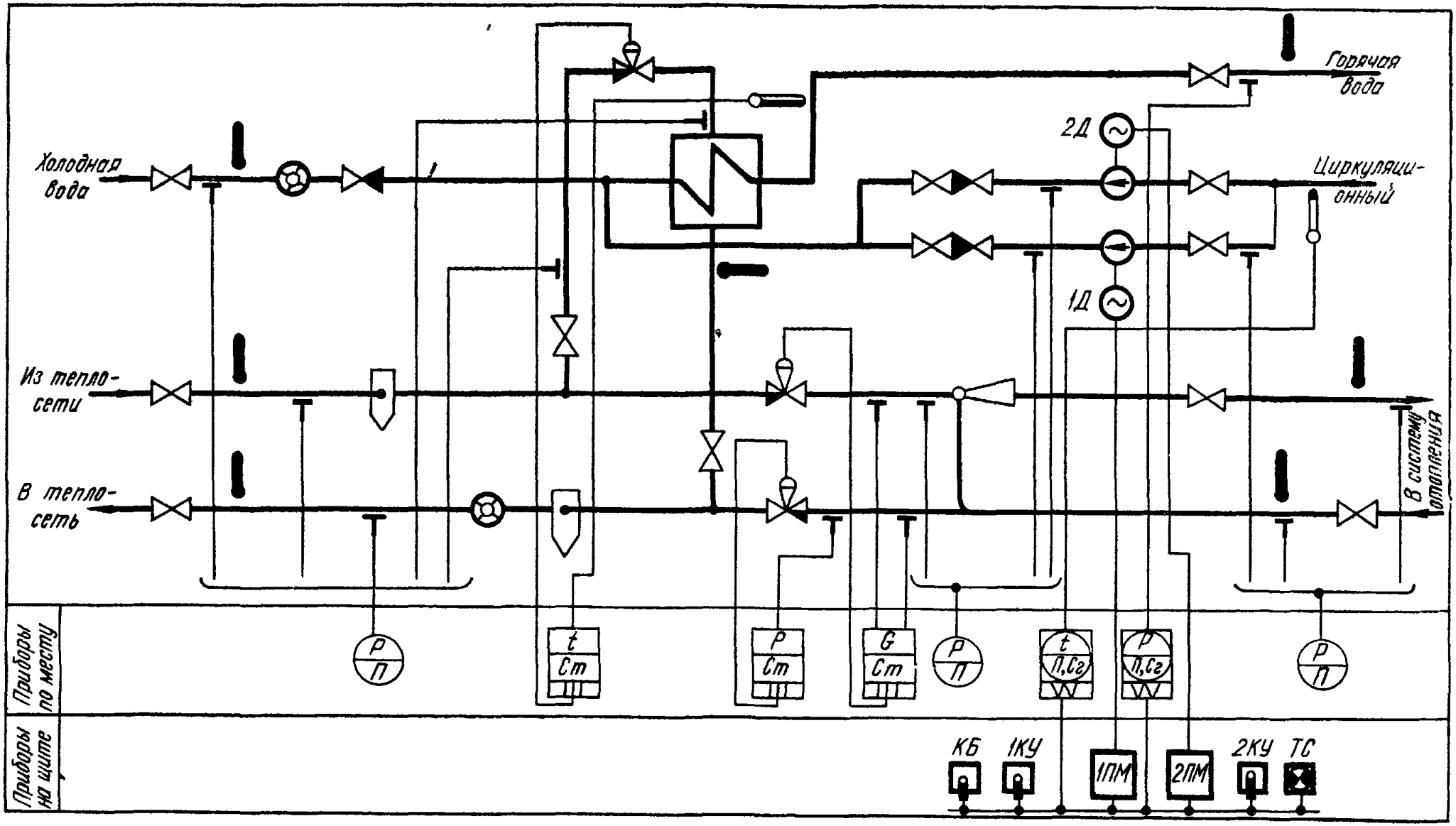
На листе IX.6, рис. 2, показана принципиальная схема регулирования температуры воды за подогревателем горячего водоснабжения с использованием дилатометрического регулятора температуры ТРД и регулирующего клапана УРРД.

На листе IX.7 показана функциональная и принципиальная схема автоматизации теплового пункта при открытой тепловой сети. К клапану смешения типа РКС поступает сетевая вода и вода из обратного трубопровода. На выходе клапана температура воды поддерживается при помощи регулирующего прибора типа ТРД. Обратная вода поступает на смешение через ограничительные отверстия в седле и ее подача не регулируется.

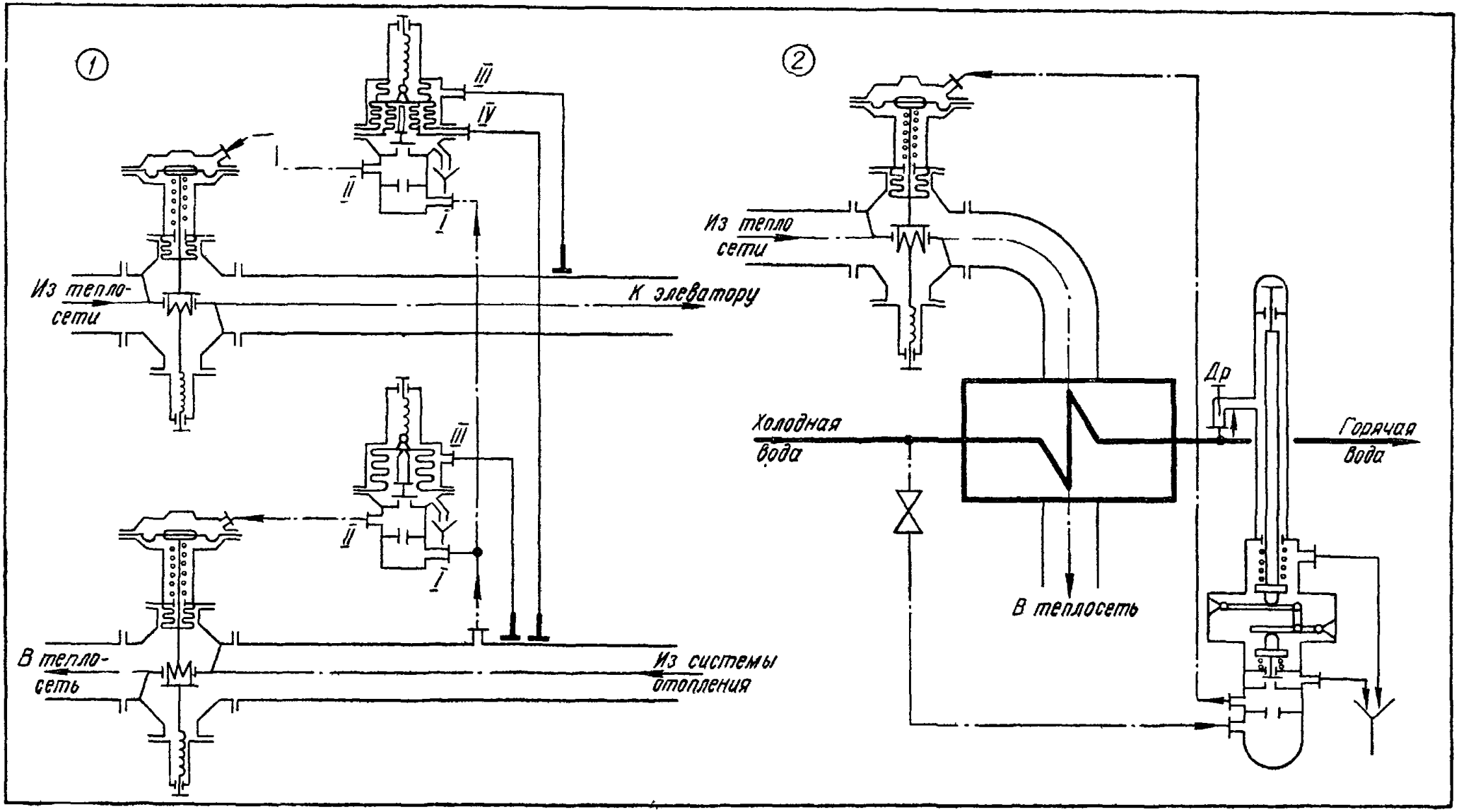
Схемы автоматического пофасадного или позонного (в зданиях повышенной этажности) регулирования отпуска тепла на отопление жилых, общественных и промышленных зданий позволяют экономить значительное количество тепла за счет стабилизации температуры по фасадам здания и включения в тепловой баланс посторонних источников тепла.

На листе IX.8, рис. 1, показана схема пофасадного регулирования температуры воздуха в помещениях, применяемая в г. Челябинске. Датчики температуры воздуха устанавливаются в контрольных точках помещений. Сигналы от датчиков поступают на полупроводниковые регуляторы, управляющие исполнительными механизмами на дроссельных регулирующих заслонках. Такая схема предусматривает применение безэлеваторных абонентских вводов, отдельных для каждого фасада здания.

В схеме пофасадного регулирования температуры воздуха в помещениях, разработанной в Физико-энергетическом институте АН Латвийской ССР (лист. IX.8, рис. 2), датчиками температуры служат медные термометры сопротивления, устанавливаемые в контрольных помещениях, по 7 термометров на каждом фасаде здания. Термометры соединяются между собой последовательно для усреднения значений температур в отдельных помещениях и подключаются к регулятору температуры типа ПФР-1Б, выполненному на базе серийного регулятора ПТР-3. Регулятор управляет соленоидным вентилем типа ВС-1 на подающем трубопроводе, осуществляя двухпозиционное регулирование усредненной температуры в помещениях каждого фасада здания. Абонентские вводы и отопительные системы каждого фасада здания должны быть раздельными. На листе IX.8, рис. 3, приведена схема пофасадного регулирования отпуска тепла, в которой температура в помещениях не контролируется. Датчиками служат термометры сопротивления, измеряющие температуру воды в подающем и обратном трубопроводе, термометр сопротивления, измеряющий температуру наружного воздуха, а также датчики, измеряющие направление и силу ветра. Датчики метеоусловий устанавливаются на крыше здания. Датчики подключаются к регулятору типа ПРР-6Ф, разработанному на базе регулятора ПТР-3. Регулятор управляет соленоидным вентилем типа ВС-1 на подающем трубопроводе отопительной системы каждого фасада здания и обеспечивает регулирование температуры теплоносителя по отопительному графику. Схема рекомендуется к применению в 9-этажных зданиях открытой застройки или расположенных в местностях с сильными ветрами.

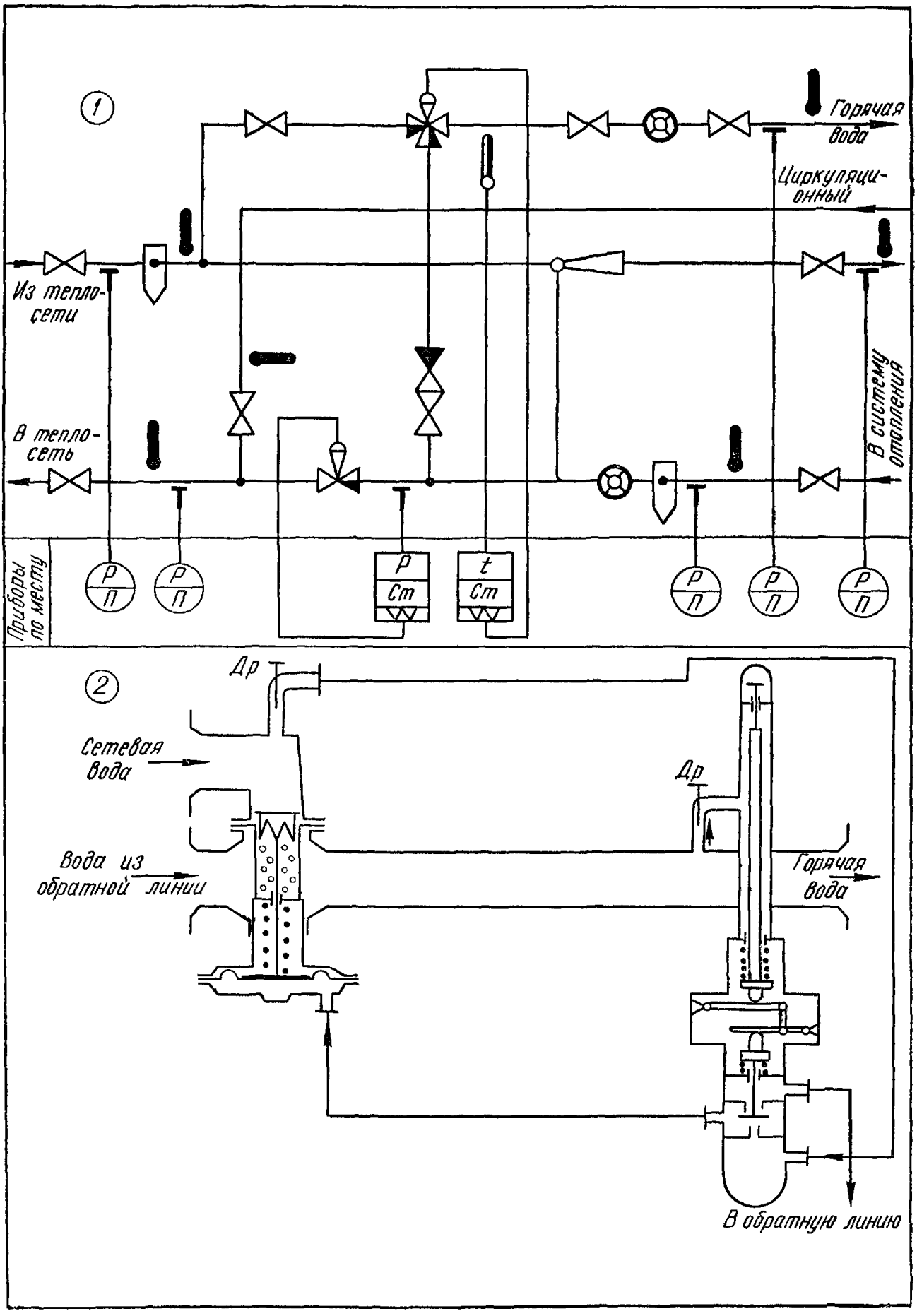


Лист IX.5. Функциональная схема автоматизации теплового пункта с подогревателями горячего водоснабжения (обозначения см. в табл. IX.1 — IX.5).

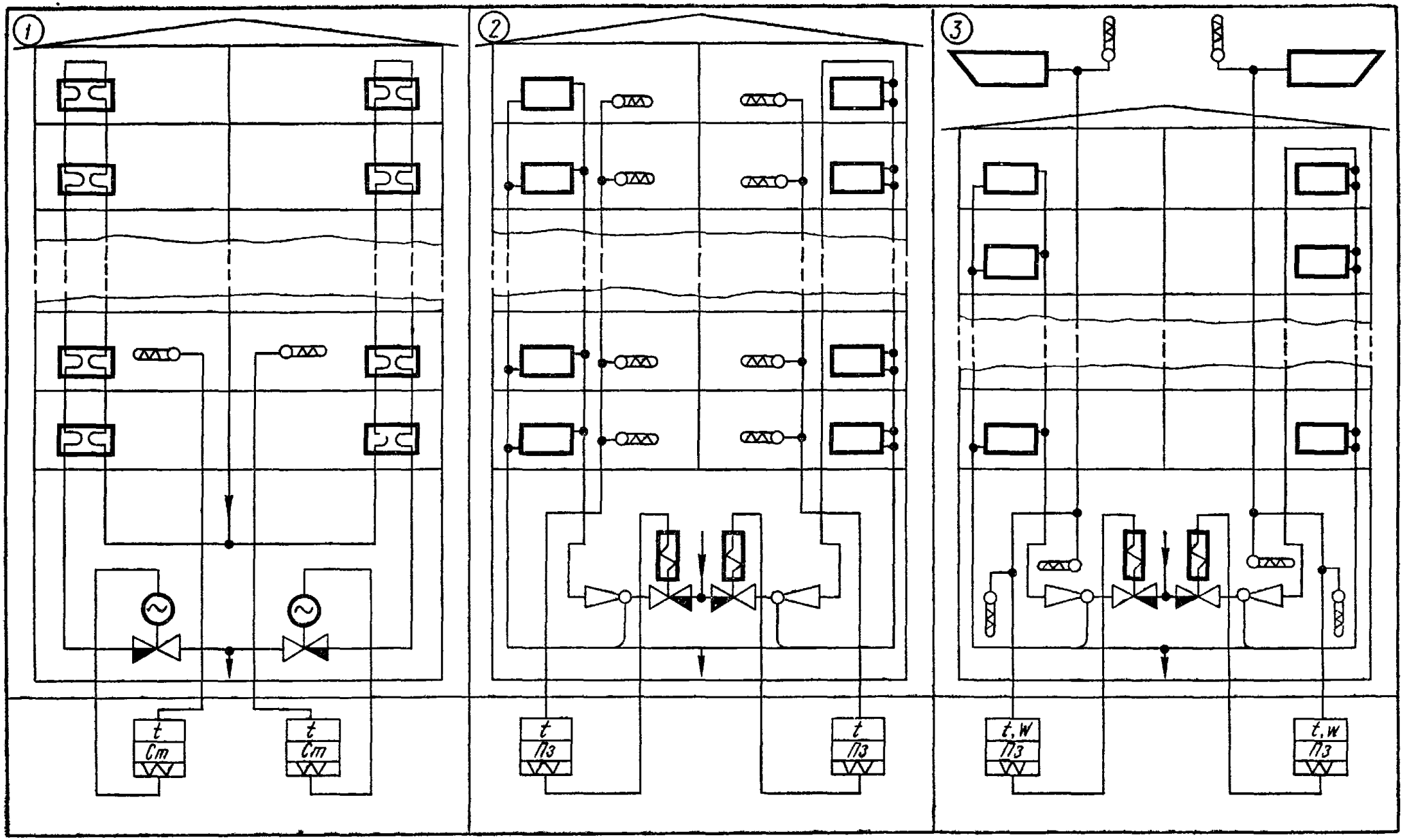


Лист IX.6. Принципиальные схемы регулирования на тепловом пункте:

1 — регулирование расхода и давления; *2* — регулирование температуры горячей воды



Лист IX.7. Схемы автоматизации теплового пункта при открытой тепловой сети:
1 — функциональная схема; *2* — принципиальная схема регулирования температуры горячей воды при открытом водоразборе.



Лист IX.8. Функциональные схемы пофасадного регулирования систем отопления:

1 — регулирование температуры воздуха в здании (г. Челябинск) с панельной бифилярной системой отопления; *2* — регулирование усредненной температуры воздуха в здании (г. Рига); *3* — регулирование отпуска тепла по метеоусловиям (г. Рига).

Автоматика АГК-2 и АГК-2П газифицированных отопительных водогрейных и паровых котлов

Автоматика АГК-2 предназначена для управления без кочегара отопительными водогрейными котлами, работающими на природном газе низкого давления с инжекционными или подовыми горелками (лист IX.9).

Регулятор давления газа *РД* — предназначен для поддержания заданного давления газа перед котлами при колебаниях давления газа в сети. Он устанавливается внутри котельной на вводе после счетчика. Стабилизированное давление 80—100 *кгс/м²*, допустимые колебания давления до регулятора 85—250 *кгс/м²*. Пропускная способность типоразмеров I и II — соответственно 50 и 250 *нм³/ч*.

Регулятор тяги *РТ* поддерживает заданное разрежение (тягу) в борове за котлом посредством изменения подсоса холодного воздуха. Пределы настройки 1,5—3 *кгс/м²*, зона нечувствительности ±0,15 *кгс/м²*.

Клапан воздуха пропорционирующий *КП* служит для подачи воздуха в топку пропорционально расходу газа. На мембрану клапана воздействует давление газа, отбираемого из газопровода перед горелками. Начало и конец подъема клапана при давлении газа — соответственно 8—10 и 50—60 *кгс/м²*. Пропускная способность клапана при тяге 2 *кгс/м²* равна 300 *м³/ч*.

Клапан главный *КГ* плавно изменяет подачу газа к горелкам по команде регулятора соотношения температур и является также отсечным органом. При снижении давления импульсного газа до 20 *кгс/м²* мембрана нажимает на шток клапана ускорителя отсечки и открывает выход импульсного газа из подмембранной полости в сбросную линию. При этом деление в подмембранной полости падает и клапан быстро закрывается. Импульсное давление начала открытия составляет 24—26 *кгс/м²*, полного открытия — 56—58 *кгс/м²*.

Пропускная способность зависит от профиля юбки клапана:

Профиль юбки клапана . . .	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
Пропускная способность, *нм³/ч*	10—15	16—23	24—33	34—40	41—70	71—100	101—120

Клапан электромагнитный *КЭ* предназначен для контроля горения факела запальника и подачи команды на закрытие главного клапана при погасании факела. Кроме того, электромагнитный клапан служит для пуска котла с автоматикой и питания приборов автоматики импульсным газом. Электромагнит питается током от термопары, нагреваемой в пламени запальника.

Расход импульсного газа через дроссель клапана 0,18—0,2 *нм³/ч*. Время отпускания якоря после потухания запальника не более 15 *с*.

Регулятор соотношения температур *РСТ* поддерживает температуру горячей воды на выходе котла в заданной зависимости от температуры наружного воздуха посредством плавиого изменения давления импульсного газа под мембраной главного клапана.

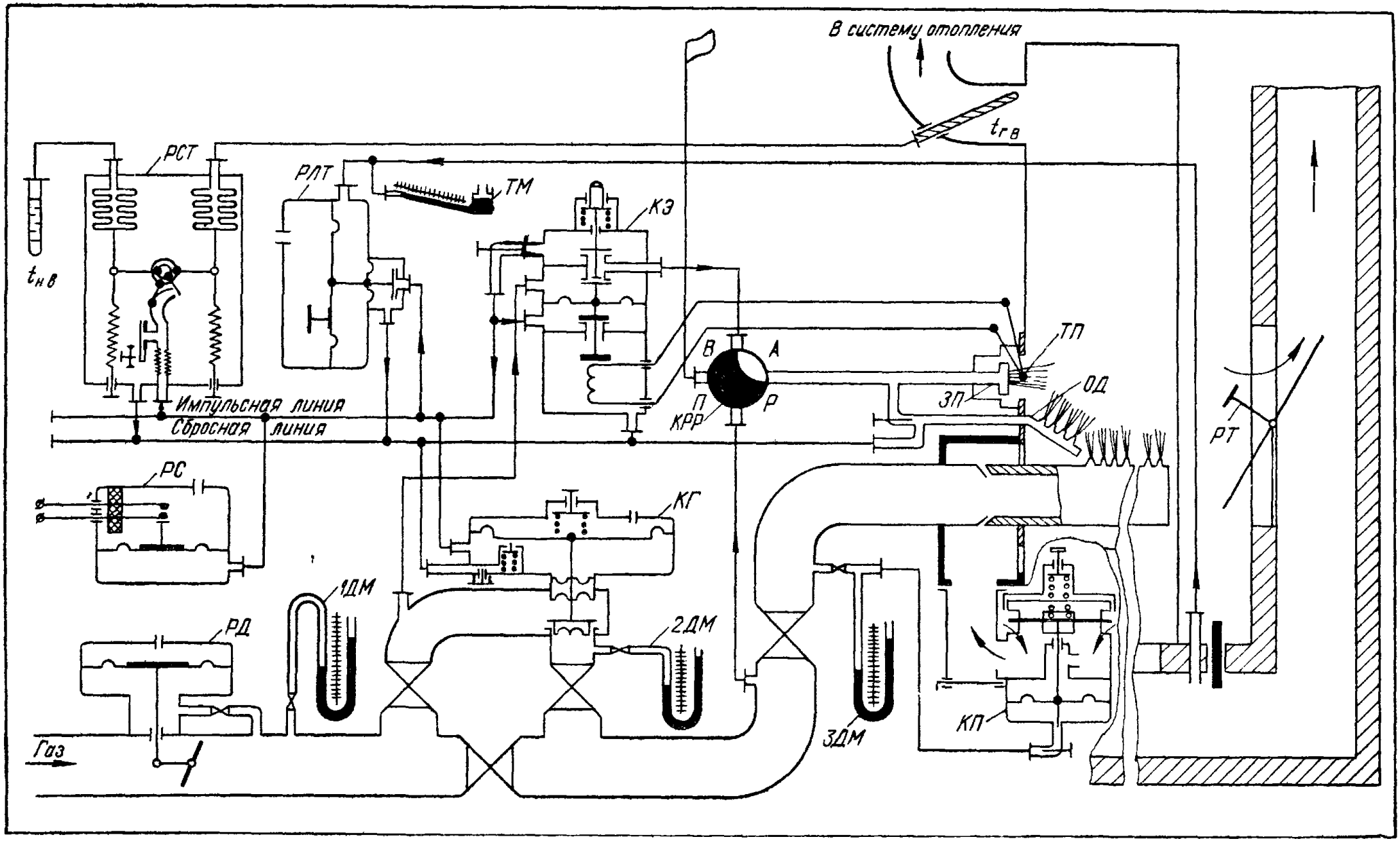
При повышении температуры горячей воды до 95—98° С открывается клапан быстрого сброса импульсного газа, что вызывает падение давления в импульсной линии и закрытие главного клапана.

Пределы настройки пружин термосистем горячей воды 45—95° С, наружного воздуха +10 ÷ —20. Неравномерность регулятора составляет 6—8° С. Длина капиллярной трубки термосистем наружного воздуха 8 и 10 *м*, горячей воды 1,5 *м*.

Реле тяги *РЛТ* предназначено для контроля тяги в борове за котлом и подачи команды на закрытие главного клапана при снижении тяги. При снижении разрежения мембрана под действием противовеса отклоняется и открывает клапан, выпускающий газ из импульсной линии в сбросную, что вызывает закрытие главного клапана. Пределы настройки на включение 1—4 *кгс/м²*.

Запальник *ЗП* с термопарой *ТП* и огневой дорожкой *ОД* служит для розжига газа, выходящего из горелок, контроля горения и сжигания газа, выходящего из сбросной линии. Диаметр провода термопары гр. ХК 3,5 *мм*. Расход газа на запальник 0,2 *нм³/ч*, на огневую дорожку — 0,35 *нм³/ч*.

Реле сигнальное *РС* — предназначено для сигнализации об отсечке газа к горелкам. При падении давления импульсного газа мембрана размыкает кон-



Лист IX.9. Принципиальная схема автоматики АГК-2.

такт микропереключателя и на сигнальном щитке гаснет лампа, сигнализируя об отключении котла.

Пределы настройки на срабатывание 5—45 *кгс/м²*.

Пульт приборов — содержит U-образный дифманометр 1 *ДМ* с водяным заполнением для измерения давления газа после регулятора давления, дифманометр 2ДМ для проверки плотности главного клапана, дифманометр 3ДМ для измерения давления газа перед горелками и наклонный жидкостный тягомер ТМ со спиртовым заполнением для измерения разрежения.

Пределы измерения давления дифманометрами 0—250 *кгс/м²*, разрежения тягомером 0—7 *кгс/м²*.

Сигнальный щиток устанавливается на диспетчерском пункте и предназначен для сигнализации об отключении котлов, отключении электродвигателей циркуляционных насосов, а также об исчезновении напряжения питания в котельной.

Кран рода работ *КРР* служит для переключения автоматики на различные режимы — «Автоматический пуск», «Работа», «Продувка» и «Выключено», которые соответствуют положениям ключа *А*, *Р*, *П* и *В*.

Автоматика АГК-2П предназначена для паровых котлов низкого давления (до 0,7 *кгс/см²*), работающих на природном газе низкого давления (до 250 *кгс/м²*) с потреблением 12—120 *нм³/ч* газа. АГК-2П разработана на базе АГК-2, содержит ряд ее узлов и выполняет аналогичные функции.

В автоматике АГК-2П сохранены без изменений следующие узлы АГК-2: регулятор расхода газа (главный клапан), электромагнитный клапан, реле тяги, регулятор давления газа, сигнальное реле, пульт приборов, запальник с термопарой, регулятор воздуха для инжекционных горелок (пропорционирующий клапан), регулятор тяги, кран рода работ.

Вновь разработаны следующие узлы: стабилизатор давления пара, регуляторы уровня и воздуха, реле уровня и щит управления.

Стабилизатор давления пара предназначен для поддержания заданного давления пара, а также для отключения подачи газа к горелкам в случае опасного его превышения.

Пределы настройки по давлению пара 0,15—0,7 *кгс/см²*, регулируемая неравномерность (статизм) при изменении нагрузки котла от 35 до 100% составляет 0,05—0,1 *кгс/см²*.

Регулятор уровня включает электродвигатель питательного насоса при достижении заданного нижнего уровня воды и выключает его при достижении заданного верхнего уровня.

Реле уровня подает команду на отсечку газа к горелкам при отклонении уровня воды в барабане котла вверх или вниз за допустимые пределы.

Регулятор воздуха для подовых горелок отличается от пропорционирующего клапана автоматики АГК-2 тем, что заслонка, изменяющая сечение окна для подачи воздуха в топку, является не подъемной, а поворотной.

Начало поворота заслонки — при давлении газа перед горелками 10 *кгс/м²*, окончание поворота при 75 *кгс/м²*.

Щит управления и сигнализации устанавливается в помещении котельной и предназначен для управления электродвигателем питательного насоса и сигнализации об отключении котла.

Пневмо-механическая автоматика ПМА водогрейных котлов

ПМА предназначена для автоматизации газифицированных котельных систем отопления и горячего водоснабжения, переводимых на диспетчерское обслуживание или на работу с сокращенным числом обслуживающего персонала.

Общекотельные системы автоматики (лист IX.10) следующие: ПМА-ООС-50, ПМА-ООС-100, ПМА-ООН-100, ПМА-ОГС-50, ПМА-ОГС-100, ПМА-ОГН-100. В обозначениях первая буква О — общекотельная система, вторая буква О — для отопительных котельных, Г — для котельных горячего водоснабжения, С —для газа среднего давления (0,05—3,0 *кгс/см²*), Н — для газа низкого давления (до 0,05 *кгс/см²*), число после дефиса (50 и 100) — диаметр условного прохода регулятора подачи газа.

Котловые системы автоматики — ПМА-КС-50, ПМА-КС-100, ПМА-КСР1-50, ПМА-КСР1-100, ПМА-КСР2-50, ПМА-КСР2-100, ПМА-КНР1-50, ПМА-КНР1-100, ПМА-КНР2-50, ПМА-КНР2-100. В обозначениях К — котловая

система, С и Н — давление газа; Р1 — для горелок с регулированием подачи воздуха с одинарным дроссельным устройством, Р2 — со сдвоенным дроссельным устройством число после дефиса (50 и 100) — диаметр условного прохода блока безопасности котла.

Для одной котельной, независимо от числа котлов в ней, общекотельная система автоматики поставляется в одном из наборов приборов, приведенных в табл. IX.37, котловая система — в табл. IX.38.

Таблица IX.37. **Комплектация приборов систем общекотельной автоматики ПМА**

Приборы	Модификации			
	ПМА-ООС	ПМГ-ООН	ПМА-ОГС	ПМА-ОГН
Регулятор подачи газа среднего давления 3696-ООВ ($D_у$=50 *мм*) и 3867-ООВ ($D_у$=100 *мм*)	+	—	+	—
Регулятор подачи газа низкого давления 3875-00 ($D_у$=100 *мм*)	—	+	—	+
Терморегулятор Т3714-ООБ	+	+	—	—
Терморегулятор ТГ 4358-00	—	—	+	+
Автоматический питательный клапан 3895-00	+	+	+	+

Общекотельная автоматика ПМА включает в себя следующие узлы (см. лист. IX.10): регулирующий клапан, терморегулятор, приборы контроля и др.

Клапан регулирующий *КР* предназначен для плавного изменения расхода газа на все котлы, установленные в котельной, в соответствии с отопительным графиком. На мембрану регулирующего клапана поступает командное давление импульсного газа от терморегулятора *Т* и от регулятора управления низкого давления *РН*.

Пропускная способность клапана для среднего давления при перепаде на клапане 1 *кгс/см*^{2} и удельном весе газа 0,73 *кг/м*^{3} при $D_у$ = 50 составляет 200 *нм*^{3}*/ч* и при $D_у$ = 100 *мм* 2900 *нм*^{3}*/ч*; для низкого давления при перепаде 100 *кгс/м*^{2} и $D_у$ = = 100 *мм* она составит 354 *нм*^{3}*/ч*.

Терморегулятор *Т* предназначен для поддержания температуры горячей воды в системах отопления в соответствии с температурой наружного воздуха по отопительному графику (табл. IX.39) посредством изменения давления импульсного газа, поступающего на мембрану регулирующего клапана.

Длина капилляра термобаллонов для наружного воздуха равна 8 *м*, для горячей воды и для терморегулятора *ТГ*, предназначенного для систем горячего водоснабжения — 3 *м*.

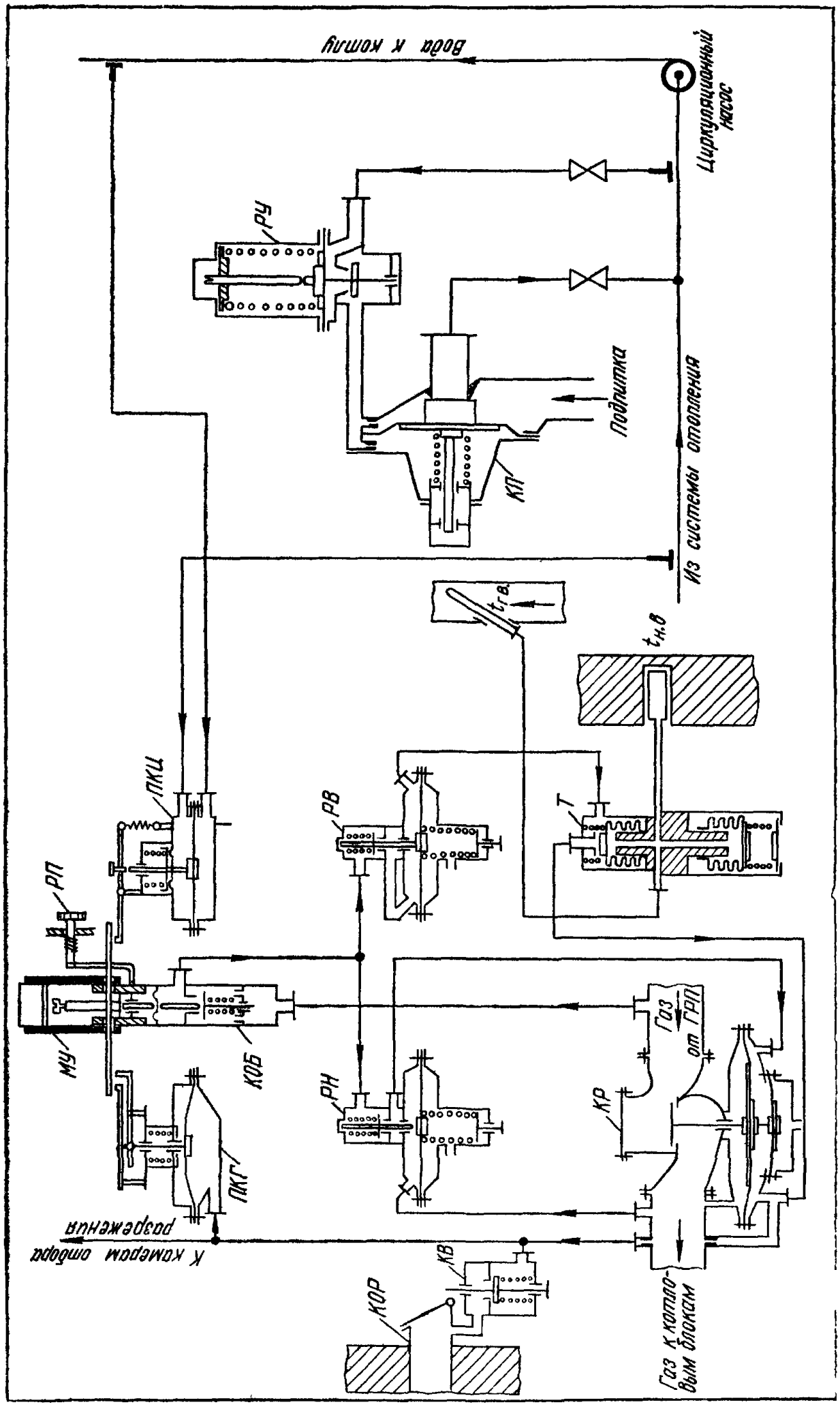
Регулятор управления низкого давления *РН* предназначен для ограничения снижения давления газа за регулирующим клапаном, регулятор управления высокого давления *РВ* — для стабилизации давления газа, поступающего к терморегулятору *ТР*.

В регулятор подачи газа входит также общекотельный блок безопасности, состоящий из следующих узлов.

Клапан общекотельного блока *КОБ* предназначен для отсечки газа к горелкам всех котлов посредством прекращения подачи газа к регуляторам управления *РН* и *РВ*. Клапан открывается вручную при помощи рукоятки с пружиной *РП*, при этом ставится в вертикальное положение механический усилитель МУ, который через толкатель давит на клапан и открывает проход газа к регуляторам управления.

Прибор контроля циркуляции *ПКЦ* предназначен для контроля циркуляции воды в системе отопления по перепаду давления на циркуляционных насосах и подачи команды на отсечку газа к котлам в случае остановки насосов. При остановке насоса мембрана опускается и рычаг под действием пружины давит на ось механического усилителя и клапан *КОБ* закрывается.

Перепад давления на насосе — не менее 0,05—0,07 *кгс/см*^{2}. Давление воды перед насосом составляет 1—5 *кгс/см*^{2}, за насосом — 6,6.



Лист IX.10. Принципиальная схема общекотельной автоматики ПМА.

Таблица IX.38. **Комплектация приборов систем котловой автоматики ПМА**

Приборы	Модификации				
	ПМА-КС	ПМА-КСР1	ПМА-КСР2	ПМА-КНР1	ПМА-КНР2
Блок безопасности 3699-00В ($D_y = 50$ *мм*) и 3818-00А ($D_y = 100$ *мм*)	+	+	+	+	+
Электромагнитный клапан 4250-00	+	+	+	+	+
Термопара угловая 4324-00 или прямая 4219-00	+	+	+	+	+
Камера отбора разрежения 3515-00	+	+	+	+	+
Прибор контроля температуры воды 3512-00	+	+	+	+	+
Запальник переносный ИПЗ-2-00В	+	+	+	+	+
Тягонапоромер ТНЖ	+	+	+	+	+
Регулятор соотношения «газ—воздух» 4249-00, 4248-00	—	+	+	+	+
Регулятор управления РВ 4359-00	—	+	+	—	—
U-образный манометр ПР-620	—	—	—	+	+
Узел дросселя 4325-00	—	+	+	+	+
Дроссельное устройство одинарное 4503-00	—	+	—	+	—
Дроссельное устройство двойное 4502-00	—	—	+	—	+

Таблица IX.39. **Терморегуляторы Т**

Наименование показателей	Модель			
	Т10	Т20	Т30	Т40
Расчетная температура наружного воздуха, °С	—10	—20	—30	—40
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\Delta t_{г.в}}{\Delta t_{н.в}}$	2,75	2,03	1,6	1,33

Примечание. $\operatorname{tg}\alpha$ — тангенс угла наклона касательной, проведенной к отопительному графику в расчетной точке. Угол наклона может дополнительно регулироваться глубиной заделки в стену термобаллона наружного воздуха.

Прибор контроля давления газа *ПКГ* предназначен для подачи команды на отсечку газа к котлам при опасном понижении или повышении давления газа за регулирующим клапаном *КР*. При падении давления газа ниже заданного мембрана опускается и рычаг толкает ось механического усилителя, который закрывает клапан *КОБ*; при повышении давления выше заданного мембрана поднимается и второй рычаг действует аналогично. Срабатывание прибора происходит при понижении давления газа перед котлами на 25% ниже установленного нижнего предела и при повышении на 20% от установленного верхнего предела.

Пределы настройки прибора, на среднем давлении газа составляют: нижний предел 300—1000, верхний — 2000—5000 *кгс/см²*; на низком давлении газа нижний предел 5—25, верхний — 100—500 *кгс/м²*.

Камера отбора разрежения *КОР* относится собственно к котловой автоматике, но работает совместно с общекотельной автоматикой. При хлопке или взрыве в топке или дымоходах заслонка камеры падает и открывает клапан КВ, выпускающий газ из трубки, по которой газ поступает к прибору контроля давления. Давление газа в трубке падает и прибор срабатывает, как при понижении давления газа, подавая команду на отсечку газа к котлам.

Автоматический питательный клапан служит для автоматической подпитки системы отопления и состоит из регулирующего клапана подпитки КП и регулятора управления *РУ*. При падении давления в системе золотник регулятора открывает сброс воды из левой мембранной полости регулирующего клапана, который при этом открывается и начинает подпитку системы до установления в ней заданного давления.

Давление воды перед питательным клапаном не более 8 *кгс/см*^{2}, пропускная способность при перепаде на клапане 0,5 *кгс/см*^{2} составляет 6 *м*^{3}*/ч*.

Котловой блок безопасности состоит из следующих узлов (лист IX.11): отсекательного клапана, приборов контроля, электромагнита и др.

Клапан отсекательный КО производит отсечку газа к горелкам котла в случае срабатывания одного из приборов автоматики безопасности. В рабочем положении тяга *Т* клапана поднята и ее сектор находится в зацеплении с выступом рычага *Р*; молоточек *М* установлен вертикально. При срабатывании приборов разрежения *ПКР* или контроля давления газа *ПКГ*, а также при отпускании якоря электромагнита *ЭМ* молоточек падает, ударяет по рычагу, который освобождает тягу, и клапан закрывается под действием возвратной пружины; одновременно размыкаются контакты в цепи сигнализации.

Пропускная способность клапана при перепаде давления на 300 *кгс/м*^{2} и удельном весе газа 0,73 *кг/м*^{3} для $D_у = 50$ *мм* составляет 280 *нм*^{3}*/ч*, для $D_у = 100$ *мм* — 1100 *нм*^{3}*/ч*.

Прибор контроля разрежения *ПКР* предназначен для закрытия отсекательного клапана при падении разрежения в топке. При нормальном разрежении мембрана смещена вниз и при помощи тяги, связанной с рычагом, удерживает молоточек в вертикальном положении. При падении разрежения в топке мембрана смещается вверх, освобождает молоточек и отсекательный клапан закрывается. Пределы настройки прибора 0,2—1 *кгс/м*^{2}.

Прибор контроля давления газа *ПКГ* срабатывает при понижении давления газа перед горелками на 15% ниже допустимой величины. В этом случае мембрана опускается, освобождается молоточек и закрывается отсекательный клапан.

Электромагнит *ЭМ* закрывает отсекательный клапан по сигналу от датчика, не предусмотренного в комплекте автоматики ПМА (например, сигнализатора уровня, давления пара).

Клапан трехходовой *КТ* служит для подачи газа к переносному запальнику ЗП.

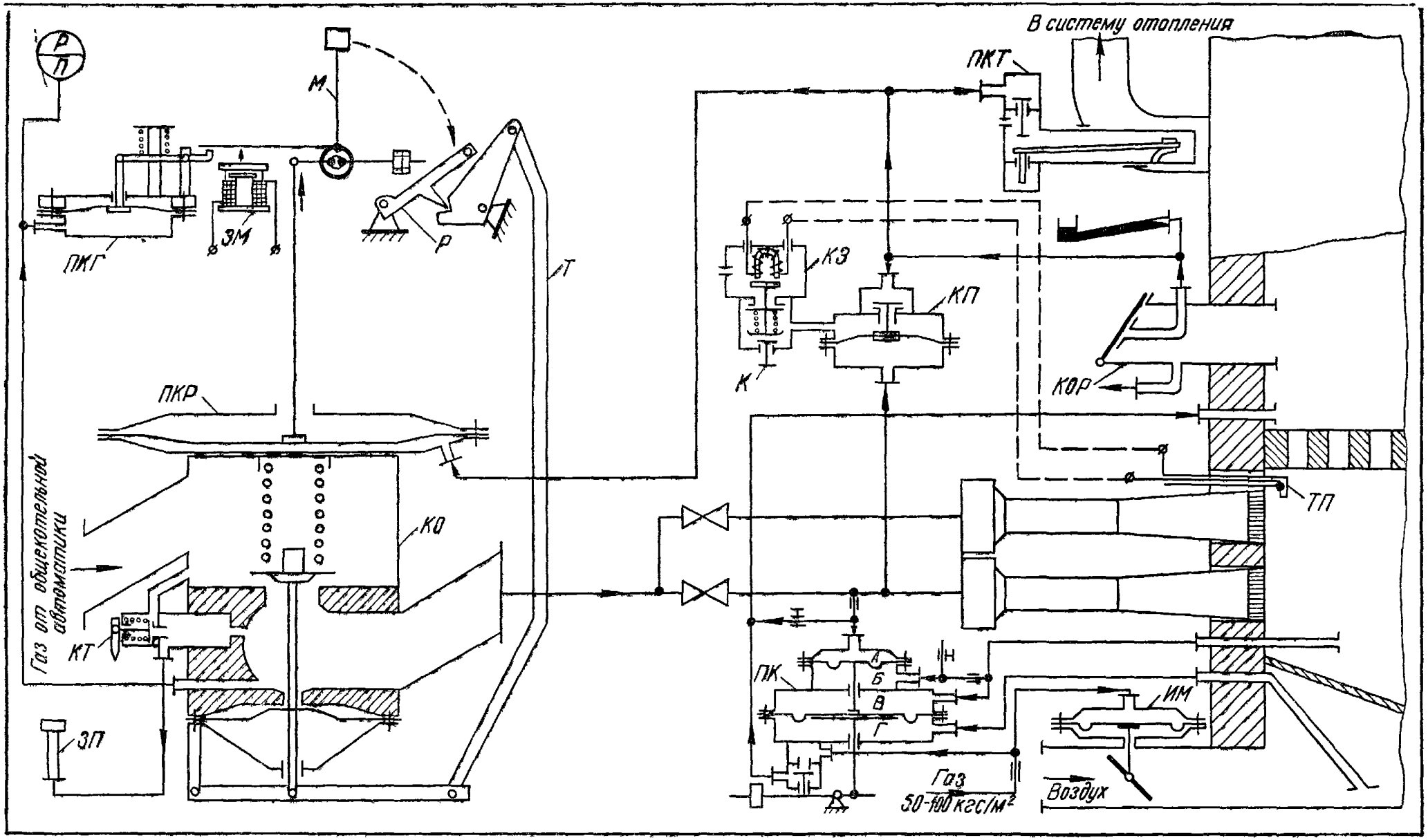
Прибор контроля температуры *ПКТ* предназначен для отключения котла в случае повышения температуры воды на выходе до предельно допустимой. Пределы срабатывания прибора 95—100° С.

Прибор контроля погасания пламени состоит из термопары *ТП*, охлаждаемой водой, электромагнитного *КЭ* и пускового *КП* клапанов. При погасании запальной горелки термопара остывает, якорь электромагнита с клапаном отпадает и соединяет импульсную трубку прибора контроля разрежения с атмосферой; отсекательный клапан прекращает подачу газа.

Камера отбора разрежения *КОР* имеет две импульсные трубки — одну соединенную с прибором контроля разрежения и другую соединенную через клапан *КВ* (см. лист IX.10) с прибором контроля давления газа общекотельного блока безопасности. При хлопке или взрыве в топке крышка камеры открывается, соединяя первую трубку с атмосферой, и отсекательный клапан прекращает подачу газа.

Регулятор соотношения «газ—воздух» *РС* регулирует подачу воздуха к инжекционным, подовым или форкамерным горелкам низкого давления. Он состоит из командного прибора ПК и исполнительного механизма *ИМ*.

Газ из газопровода перед горелками поступает в полость *А* командного прибора через дроссель. Сброс газа осуществляется в дымоход. В полости *Б* и *В* поступает



Лист IX.11. Принципиальная схема котловой автоматики ПМА.

воздух из поддувального пространства над разделительным щитом, а в полость *Г* — воздух из-под разделительного щита. При изменении давления газа на малую мембрану шток через рычаг перемещает клапан прибора, который изменяет расход импульсного газа и его давление на мембрану исполнительного механизма *ИМ*, тот, в свою очередь, перемещает заслонку, изменяя подачу воздуха, до тех пор, пока перепад давления воздуха на большой мембране уравновесит изменившееся давление газа на малую мембрану. Газ к исполнительному механизму поступает от отдельного регулятора (аналогичного регулятору *РВ* — см. лист IX.10), который поддерживает давление перед клапаном 50—100 *кгс/м²*.

Пропускная способность дроссельной заслонки (при перепаде давления на заслонке 0,2 *кгс/м²* и удельном весе воздуха 1,25 *кг/м³*) составляет 680 *нм³/ч*.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Функции систем автоматизации

Проектирование систем автоматизации нормируется СНиП II-Г.7—62.

Местный контроль при помощи показывающих приборов предусматривается для следующих параметров: температур наружного воздуха, воздуха в помещении, приточного воздуха, воздуха за камерой орошения, теплоносителя и хладоносителя на входе и выходе калорифера или воздухоохладителя; относительной влажности воздуха в помещениях, где требуется ее поддержание в заданных пределах; давления воздуха в распределительных камерах для двухканальных систем и систем с количественным регулированием, а также давления или перепада давлений в воздуховодах и в помещениях, где требуется поддержание давления или перепада давлений; давления теплоносителя, хладоносителя и воды, подаваемой на форсунки камеры орошения (за насосом).

Дистанционный контроль рекомендуется предусматривать только для основных параметров, характеризующих работу системы в целом (например, температура и влажность воздуха в кондиционируемых помещениях).

Самопишущие приборы следует применять лишь в тех случаях, когда качество технологического продукта зависит от параметров воздуха в кондиционируемых производственных помещениях. Следует предусматривать сигнализацию отклонений параметров, которые могут привести к аварии оборудования системы вентиляции или кондиционирования либо к ухудшению качества технологического продукта.

Автоматическое (дистанционное сблокированное) управление системами приточной вентиляции (СПВ) и системами кондиционирования воздуха (СКВ) позволяет нажатием кнопки «Пуск» одновременно включать двигатели приточного и вытяжного вентиляторов (а также рециркуляционного, в случае наличия такового), двигатели фильтра, насоса подачи воды на форсунки камеры орошения (для СКВ), открывать клапаны наружного воздуха и на выбросе, а также подавать разрешение на открытие регулирующих клапанов на тепло- и хладоносителе. При отрицательных температурах наружного воздуха включается электрообогрев створок клапана наружного воздуха за 5—30 *мин* до включения системы. При нажатии кнопки «Стоп» указанные двигатели одновременно отключаются, воздушные клапаны и клапаны на тепло- и хладоносителе закрываются. При индивидуальном дистанционном управлении каждый двигатель включается и отключается отдельной кнопкой или ключом, аналогично открываются и закрываются воздушные и регулирующие клапаны. Выбор вида управления осуществляется ключом выбора режима, сигнализация состояния оборудования осуществляется при помощи сигнальных ламп.

Автоматическое включение и выключение воздушных завес у ворот обеспечивается блокировкой при помощи конечных выключателей с открыванием и закрыванием ворот. Автоматическое включение вытяжной вентиляции обеспечивается блокировкой с технологическим оборудованием. Блокировка может осуществляться тремя способами: одновременный пуск вентиляции и технологического оборудования; задержка пуска технологического оборудования после включения вентиляции; задержка выключения вентиляции после остановки технологического оборудования. Задержка обеспечивается при помощи реле времени. При наличии выделений сильнодействующих ядовитых веществ в ходе технологического процесса основное оборуд-

вание не должно работать при отключенной вытяжной вентиляции. Блокировка осуществляется при помощи реле воздуха типа РПВ-2, устанавливаемого за вытяжным вентилятором.

В СКВ с регулируемым соотношением наружного и рециркуляционного воздуха рекомендуется предусматривать автоматическое переключение (реверсирование) клапанов на пропуск санитарной нормы наружного воздуха и охлаждение рециркуляционного воздуха в случае, если теплосодержание наружного воздуха больше теплосодержания рециркуляционного воздуха.

Автоматическая защита калориферов 1-го подогрева от замораживания является обязательной для СПВ и СКВ, работающих при отрицательных температурах наружного воздуха, и действует следующим образом:

при выключенной системе и снижении температуры воздуха перед калорифером ниже +3°С открывается клапан на теплоносителе и калорифер прогревается до тех пор, пока температура воздуха повысится выше +3° С, после чего клапан закрывается;

перед включением системы и при отрицательных температурах наружного воздуха калорифер прогревается в течение 3 *мин* по команде реле времени;

при работающей системе и снижении температуры наружного воздуха ниже +3° С и температуры теплоносителя за калорифером ниже 20—30° С система отключается, подается аварийная сигнализация и калорифер прогревается, как в первом случае.

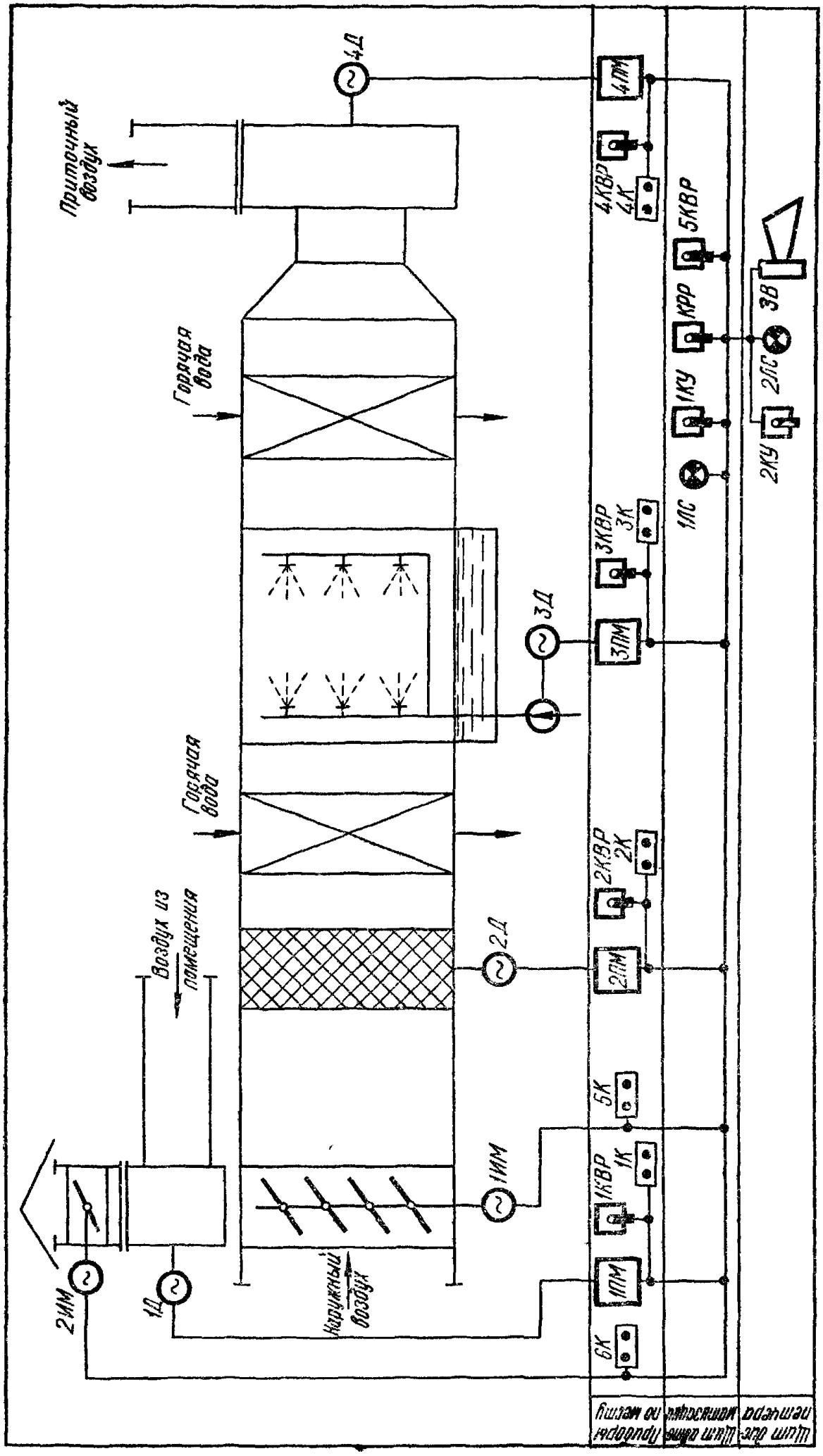
Автоматическое регулирование предусматривается в следующих случаях: для непрерывно действующих воздушных завес — стабилизация температуры воздуха в обслуживаемом помещении; для СПВ — стабилизация температуры приточного воздуха или воздуха в помещении; для СКВ — то же, а также стабилизация температуры воздуха за камерой орошения (температуры «точки росы»), стабилизация относительной влажности воздуха в помещении, где это необходимо по требованиям технологии, стабилизация давления или перепада давлений в помещении или в камерах статического давления (при количественном регулировании).

Кроме стабилизации параметров, при автоматическом регулировании обеспечивается синхронизация работы двух или трех исполнительных механизмов, управляемых одним регулятором (например, механизмов на регулирующих клапанах наружного воздуха, рециркуляционного воздуха и на выбросе, которые должны перемещаться одновременно), а также автоматическое переключение нескольких исполнительных механизмов, управляемых поочередно одним регулятором (например, переход на регулирование температуры «точки росы» клапаном на калорифере 1-го подогрева при полном использовании рециркуляционного воздуха).

Схемы автоматизации систем вентиляции и кондиционирования воздуха

Схемы управления для вытяжных и приточных вентиляционных систем, а также для СКВ имеют много общего. В схему управления центрального кондиционера, приведенную на листе IX.12, входит наибольшее количество управляемого оборудования: местное управление при помощи кнопок *1К — 4К*, магнитных пускателей *1ПМ — 4ПМ* двигателями *1Д* (вытяжного вентилятора), *2Д* (самоочищающегося фильтра), *3Д* (насоса) и *4Д* (приточного вентилятора); местное управление при помощи кнопок *5К* и *6К* исполнительными механизмами *1ИМ*, *2ИМ* воздушных клапанов наружного воздуха и на выбросе; дистанционное сблокированное управление всем оборудованием кондиционера при помощи ключа *1КУ* (со щита автоматизации) или *2КУ* (со щита диспетчера). Переключение управления с местного на дистанционное осуществляется ключами *1КВР — 4КВР*, со щита автоматизации на щит диспетчера — ключом *5КВР*. Ключом КРР выбирается режим работы «зима — лето», от которого зависит включение предварительного прогрева калорифера.

Схемы регулирования отличаются большим разнообразием применяемых регулирующих воздействий и аппаратуры (лист IX.13 и IX.14). В конкретных СКВ для различных сезонов могут использоваться различные регулирующие воздействия с учетом климатических условий данной местности. Байпас камеры орошения по воздуху рекомендуется применять при кондиционировании воздуха



Лист IX.12. Функциональная схема управления центральным кондиционером.

по оптимальным режимам. * В многозональных СКВ при регулировании температуры воздуха в помещениях с помощью зональных подогревателей или смесительных воздушных клапанов (в двухканальных системах) датчик температуры «точки росы» устанавливается не за камерой орошения, а за приточным вентилятором.

В двухканальных СКВ в одном из каналов поддерживается заданная расчетная температура при помощи изменения расхода теплоносителя через калорифер, по второму каналу поступает воздух с температурой «точки росы»; воздух из обоих каналов смешивается в смесительном клапане, которым управляет регулятор, поддерживающий заданную температуру в помещении. Регулятор давления поддерживает равенство давлений в обоих каналах для улучшения регулировочных характеристик смесительных клапанов.

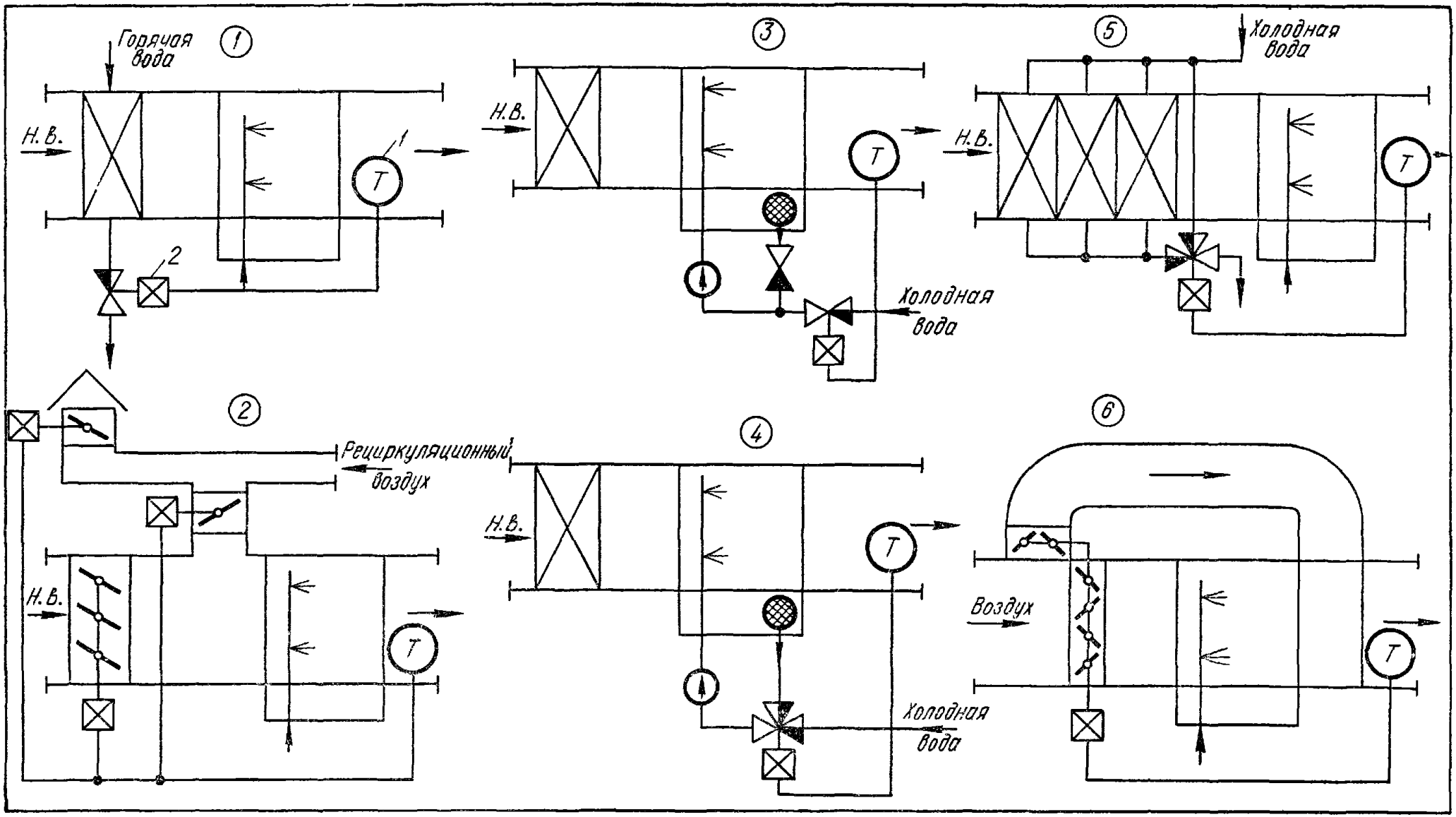
Приведенные схемы могут применяться для конкретных СКВ в различных комбинациях. При выборе вида энергии для системы автоматики нужно учитывать следующие соображения: пропорциональные операции (плавное перемещение регулирующих органов) пневмоавтоматикой выполняются проще, релейные операции (сигнализация об опасности замораживания) — при помощи электрических датчиков; дистанционное управление исполнительными механизмами и переключение их на выходе регулятора проще выполняется с применением электроавтоматики; пневмокоммуникации дороже и ненадежнее, а исполнительные механизмы дешевле и надежнее электрических. Пневмоавтоматику следует применять в относительно простых, неразветвленных системах вентиляции и кондиционирования при наличии сети сжатого воздуха с давлением не менее 2 *кгс/см*^{2} либо при необходимости установки датчиков, регулирующих приборов и исполнительных механизмов во взрывоопасных помещениях. Защиту от замораживания во всех случаях рекомендуется выполнять на электрических датчиках, учитывая, что калорифер 1-го подогрева, как правило, находится в невзрывоопасной зоне. Переход от электрических датчиков к пневматическим исполнительным механизмам в этом случае можно выполнить, например, при помощи электропневматического клапана.

Примерная функциональная схема автоматического регулирования и контроля однозональной СКВ с пневмоавтоматикой показана на листе IX.15. Для регулирования температур «точки росы» и приточного воздуха применены регуляторы температуры дилатометрические типа ТУДП-1М с пределами настройки 0—40° С. Регулятор температуры «точки росы» зимой управляет клапаном с мембранным исполнительным механизмом типа 25ч30нж, сборки Н.О. на теплоносителе калорифера 1-го подогрева, летом — клапаном на холодной воде типа 25ч32нж сборки Н.З. Перевод выхода регулятора с одного исполнительного механизма на другой может быть выполнен при помощи позиционеров типа ПР-10, устанавливаемых на мембранных исполнительных механизмах. В этом случае позиционеры настраиваются так, чтобы при изменении командного давления в пределах 0—0,5 *кгс/см*^{2} полностью закрывался Н.О. клапан на теплоносителе, а в пределах 0,5—1 *кгс/см*^{2} полностью открывался Н.З. клапан на холодной воде. Эта задача может быть решена при помощи прибора простейших алгебраических операций типа ПФ1.1 (система пневмоавтоматики «Старт»). При помощи панели байпасного управления типа МБПДУ может осуществляться дистанционное управление клапанами. Регулятор температуры приточного воздуха управляет клапаном на теплоносителе калорифера 2-го подогрева. Для защиты от замораживания калорифера 1-го подогрева применены дилатометрические датчики с электрическим сигнальным устройством: ТУДЭ-1 для контроля температуры наружного воздуха (срабатывает при +3° С); ТУДЭ-4 — для контроля температуры обратной воды (срабатывает при температуре 20—30° С). В случае срабатывания обоих датчиков при работающем кондиционере подается команда на отключение кондиционера, а трехходовой электропневматический клапан отключает исполнительный механизм на теплоносителе от регулятора и соединяет его с атмосферой. При этом клапан сборки Н. О. открывается и обеспечивает полный расход теплоносителя для прогрева калорифера. Контроль температур по кондиционеру осуществляется ртутными стеклянными термометрами, контроль температуры и влажности в помещении — психрометром типа ПБ-1Б.

Примерная функциональная схема автоматического регулирования двухканальной СКВ с применением электроавтоматики приведена на листе IX.16. Для регули-

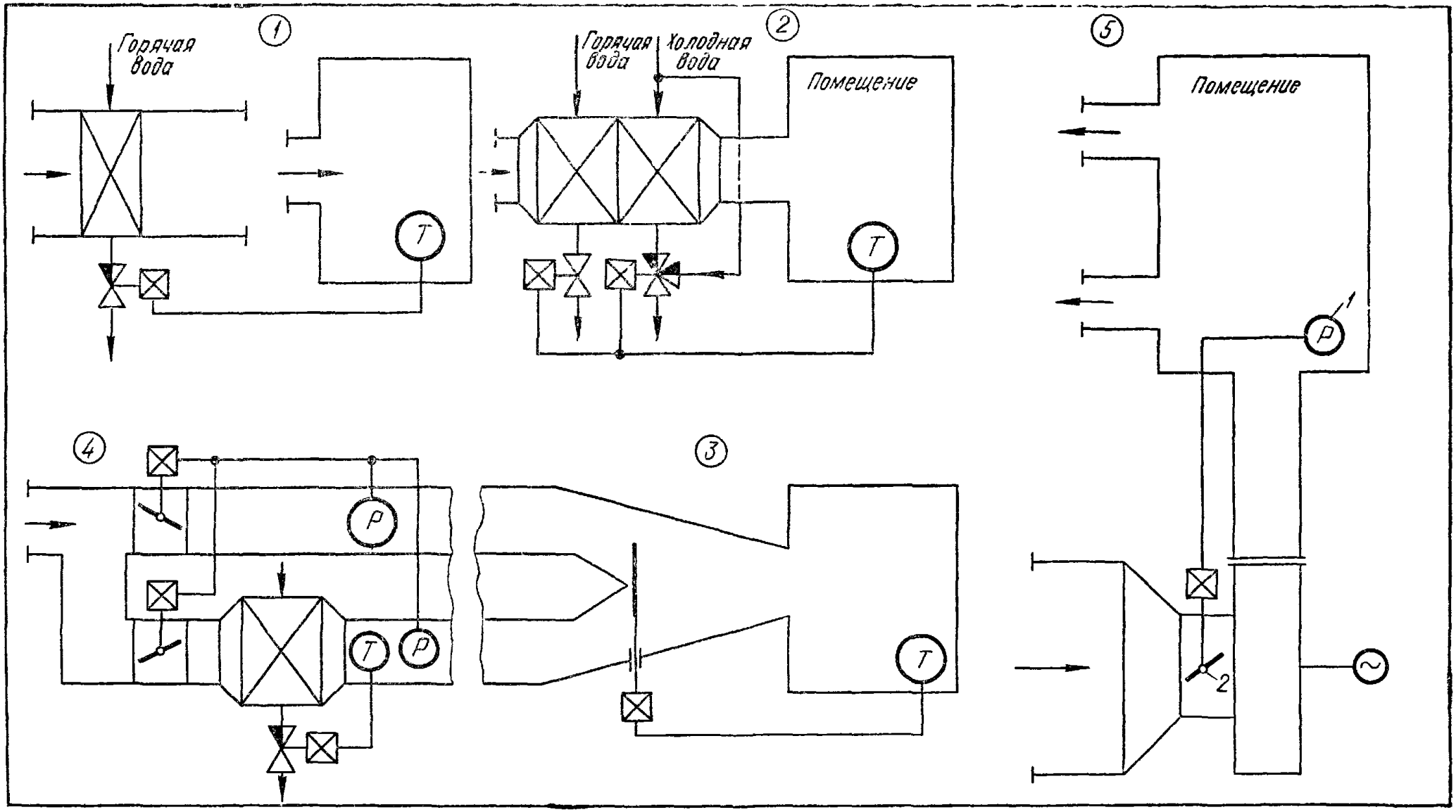
---

* А Я. К р е с л и н ь. Автоматическое регулирование систем кондиционирования воздуха. М., Стройиздат, 1972.



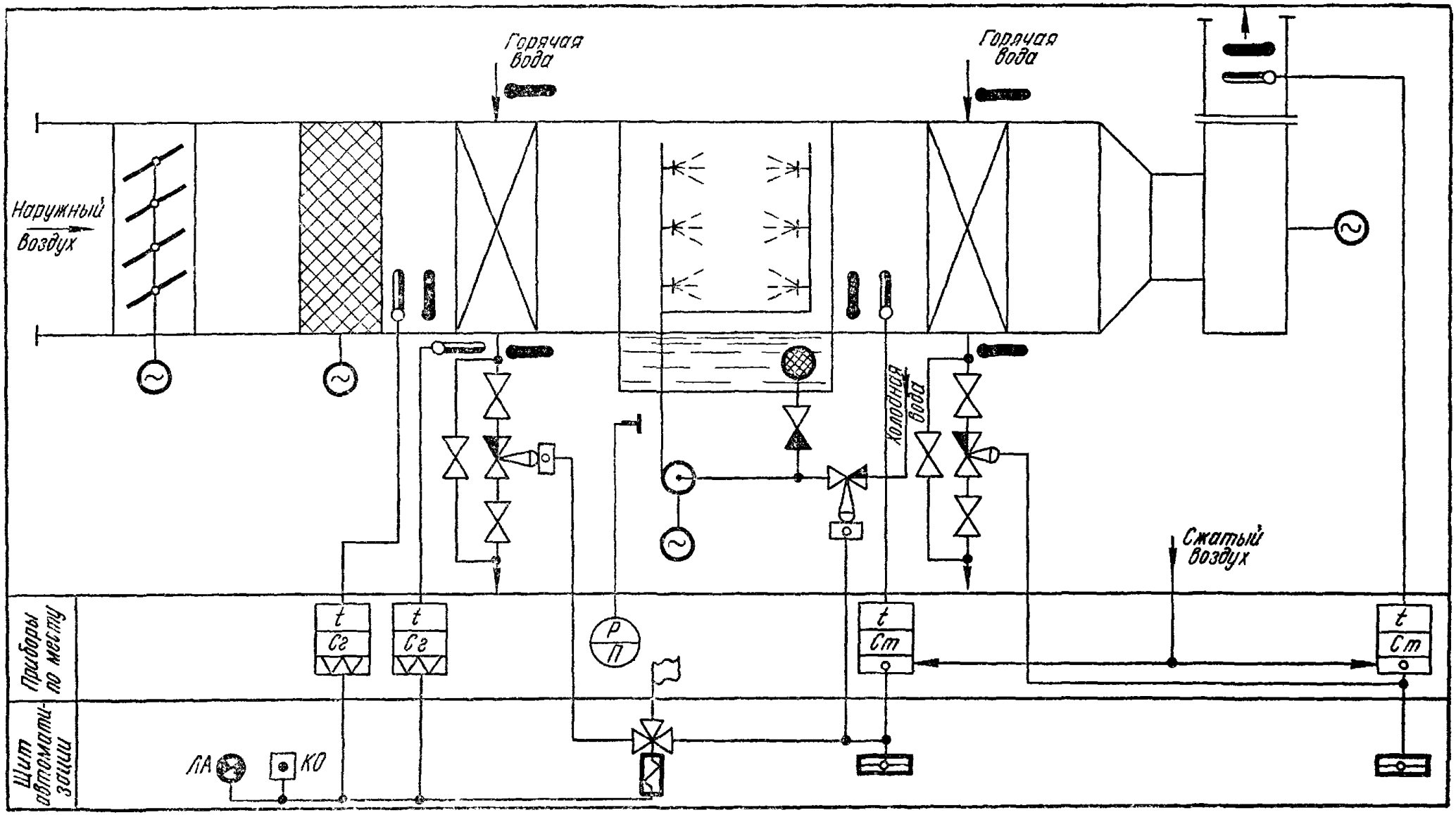
Лист IX.13. Скелетные схемы регулирования температуры «точки росы»:

1 — при помощи изменения расхода теплоносителя через калорифер 1-го подогрева; *2* — то же, соотношения наружного и рециркуляционного воздуха; *3* и *4* — то же, соотношения теплой и холодной воды, подаваемой в камеру орошения; *5* — то же, расхода холодной воды через поверхностный воздухоохладитель; *6* — то же, соотношения воздуха, проходящего через камеру орошения и через байпас.

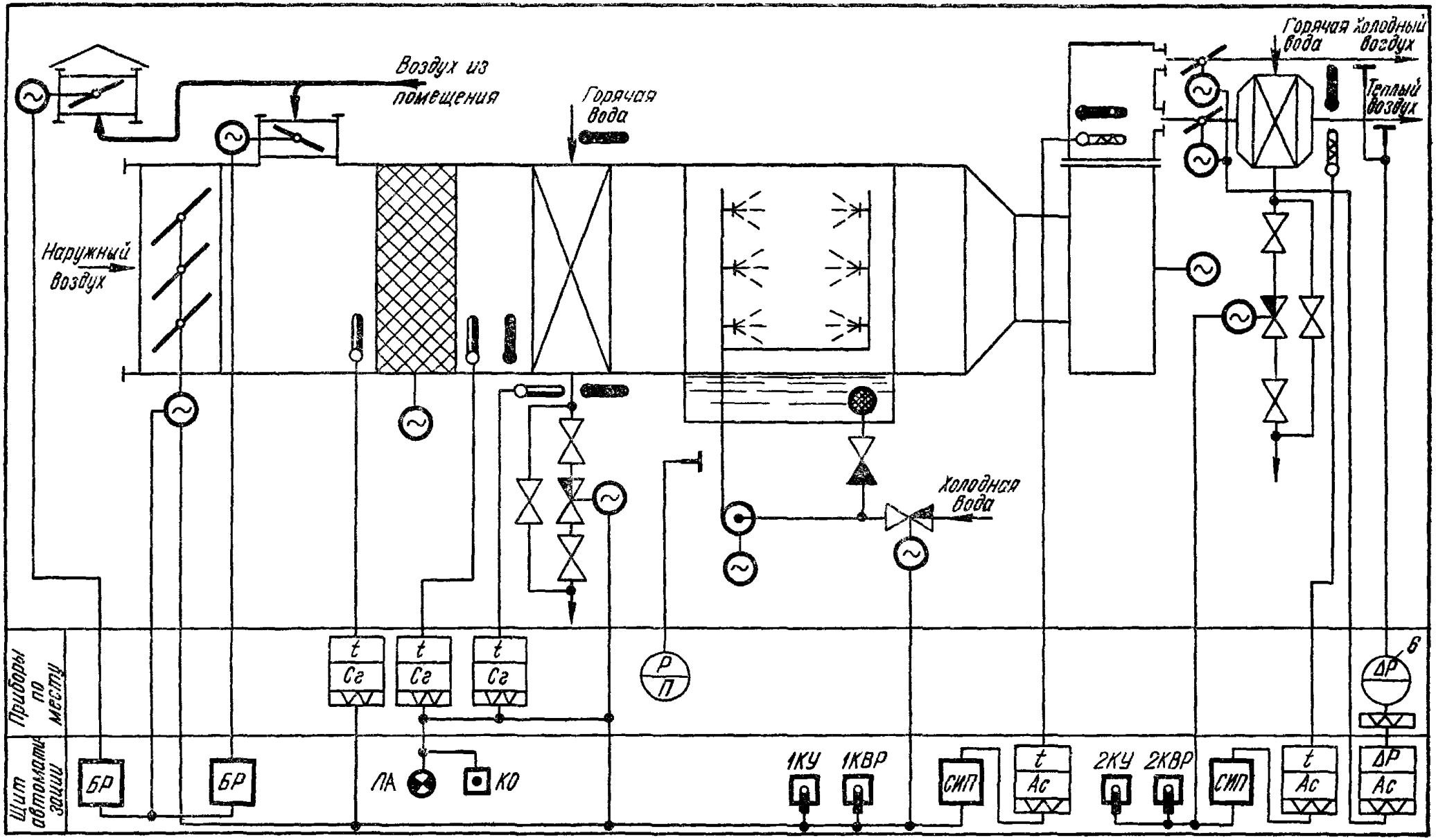


Лист IX.14. Скелетные схемы регулирования температуры и давления воздуха в помещении:

1 — при помощи изменения расхода теплоносителя через калорифер 2-го подогрева; *2* — то же, расхода теплоносителя или хладоносителя через зональный подогреватель или воздухоохладитель; *3* — то же, соотношения теплого и холодного воздуха; *4* — схема регулирования температуры и давления в каналах теплого и холодного воздуха двухканальной СКВ; *5* — схема регулирования давления воздуха в камере статического давления изменением количества приточного воздуха.



Лист IX.15. Функциональная схема контроля и автоматического регулирования однозональной СКВ с пневмоавтоматикой.



Лист IX.16. Функциональная схема автоматического регулирования двухканальной СКВ с электроавтоматикой.

рования температуры «точки росы» применен регулятор температуры полупроводниковый типа ПТР-3-04 в комплекте со ступенчатым импульсным прерывателем типа СИП-01. Регулятор температуры «точки росы» зимой управляет клапаном калорифера 1-го подогрева типа 27ч931 нж с электрическим исполнительным механизмом типа ПР-1М, летом — клапаном того же типа на холодной воде, в переходные периоды — электрическими исполнительными механизмами типа МЭО-4/100 на клапанах наружного и рециркуляционного воздуха и на клапане выброса. Перемещение механизмов синхронизировано при помощи балансных реле типа БР-3 таким образом, что когда клапан наружного воздуха прикрывается, одновременно открывается клапан на рециркуляции и прикрывается клапан на выбросе. Предусмотрен реверс клапанов при повышении температуры наружного воздуха. Для упрощения схемы вместо датчиков теплосодержания — увлажняемых термометров сопротивления — устанавливается дилатометрический датчик температуры типа ТУДЭ-1 в потоке смеси наружного и рециркуляционного воздуха, который настраивается на 0,5° С выше заданной температуры воздуха в помещениях. При срабатывании датчик дает команду на реверс клапанов. Дистанционное управление исполнительными механизмами осуществляется ключом *1КУ*.

Защита от замораживания выполнена на той же аппаратуре, что и в схеме на листе IX.15, и работает аналогично.

Регулятор температуры в канале горячего воздуха — также типа ПТР-3-04 и управляет клапаном калорифера 2-го подогрева. Для поддержания равенства давлений в каналах холодного и горячего воздуха Сантехпроект рекомендует вторичные приборы типа ЭПИД с позиционным регулирующим устройством. Более экономичным и надежным по сравнению с вторичными приборами является полупроводниковый усилитель электронно-гидравлической автоматики «Кристалл». Усилитель допускает включение на вход до трех трансформаторных датчиков и может работать в комплекте со ступенчатым импульсным прерывателем и электрическим исполнительным механизмом. В качестве первичного прибора, сравнивающего давления воздуха в каналах, применяется дифманометр колокольный типа ДКО-1 с трансформаторным датчиком. Регулятор давления управляет клапанами холодного и горячего воздуха.

Для регулирования температуры воздуха в помещении при помощи эжекционного кондиционера-доводчика применяется регулятор температуры прямого действия типа РТК-5215-ТС-15.

Регулятор температуры типа РТК-5215-ТС-15

Диаметр условного прохода регулирующего клапана, *мм*	15
Условное давление, *кгс/см²*	16
Условная пропускная способность клапана, *т/ч*	0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5;
Диапазон настройки, °С	15—30
Зона пропорциональности (статизм), °С	3—4
Температура регулирующей среды, °С	5—95
Длина капилляра, *м*	1,6
Габариты термобаллона, *мм*:	
диаметр	20
длина	625
То же, клапана	237×240×60
Масса, *кг*	5,4

Регулятор применяется для двухтрубных систем с переменной температурой горячей воды и обеспечивает постоянный расход воды через клапан. Регулятор состоит из манометрической термосистемы РТК-5215 и трехходового регулирующего клапана ТС-15. На заданную температуру регулятор настраивается изменением внутреннего объема термосистемы. Для четырехтрубных систем применяется регулятор типа РТК-5225-$\frac{1ТС-15}{2ТС-15}$, состоящий из термосистемы РТК-5225 и двух трехходовых клапанов 1ТС-15 — для холодной воды и 2ТС-15 — для горячей воды. Данные регулятора аналогичны данным регулятора РТК-5215-ТС-15.

X. РАСЧЕТ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основные цели использования ЭВМ в проектировании отопительно-вентиляционных устройств заключаются в повышении качества проектирования и получении экономического эффекта путем выбора оптимальных решений. Например, при расчете калориферов с помощью программы КАМА-32 учитывается схема подключения теплоносителя (попутно-перекрестная, противоточно-перекрестная, перекрестная) и моделируется работа калориферов в переходном режиме; при этом определяется расход теплоносителя при работе регулирующего клапана, действительная температура обратной воды и проверяются условия защиты от замораживания.

Как правило, в отопительно-вентиляционных системах имеет место противоречивый вариант оптимизации, т. е. выбора наиболее экономичного решения: с уменьшением капиталовложений K увеличиваются эксплуатационные расходы $Э$ и наоборот. В этих условиях с учетом основных положений методики АН СССР * машинный расчет должен обеспечивать выбор решения, для которого приведенные годовые затраты

$$W = S_э P_э + S_т P_т + (E + 1{,}56r)\,RK = \min, \qquad (X.1)$$

где E — коэффициент относительной эффективности капиталовложений;
$S_э$, $S_т$ — стоимость электроэнергии и тепла;
$P_э$, $P_т$ — расход электроэнергии и тепла;
r — коэффициент амортизационных отчислений;
R — коэффициент, учитывающий ресурсы производства.

Весьма значительный эффект обеспечивает использование ЭВМ для сокращения сроков проектирования и повышения производительности труда проектировщиков. В то же время, ЭВМ позволяют решать задачи, которые прежде вообще не ставились — например, выбор оптимальной схемы системы отопления. В этом случае вопрос сокращения трудозатрат, естественно, не имеет смысла, скорее наблюдается их увеличение; однако сокращение стоимости строительства окупает дополнительные затраты. Наконец, машинный расчет позволяет ввести стандартизацию расчетных методов и снизить «квалификацию» задач путем передачи сложных расчетов работникам более низкой квалификации.

Технология выполнения машинных расчетов состоит в следующем:

подготовка системы к расчету — нумерация ее участков, определение длины, расходов и пр.;

заполнение проектировщиком индивидуальных бланков на основании подготовленной схемы или задания;

набивка исходных данных на перфоленту или перфокарты;

машинный расчет, состоящий из трех этапов: 1) вызова программы для решения данной задачи из библиотеки программ (программа или ее часть считывается с магнитной ленты и записывается в оперативное запоминающееся устройство машины); 2) передачи управления программе (программа вводит перфоленту с исходными данными, воспринимая информацию о решаемой задаче при помощи фотосчитывающих устройств); 3) осуществления счета задачи и печати результатов.

Большинство из широко эксплуатируемых программ разработано для ЭВМ «Минск-32», «Минск-22», НАИРИ и МИР, имеются программы и для М-220, БЭСМ-4, БЭСМ-6 и других машин. При использовании машин, оснащенных операционной системой, поиск программ на магнитных лентах, их вызов в память машины и передача управления производятся автоматически.

---

* Академия наук СССР. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в народном хозяйстве СССР. М., Госпланиздат, 1960.

Таблица X.1. **Перечень основных программ для ЭВМ по теплоснабжению и вентиляции**

Назначение программы	Шифр	ЭВМ	Организация-разработчик
Автоматизированные системы проектирования			
Автоматизированная система проектирования отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха	ГИДРА	«Минск-32»	Гипрохиммаш, Гипроград (Киев), Узгипротяжпром (Ташкент), Молдместпромпроект (Кишинев), Сантехпроект (Москва), ПИ-3 (Одесса), ЛГПИ, ЛГСПИ (Ленинград), Белпромпроект (Минск)
Теплоснабжение и тепловой режим здания			
Расчет горизонтальных систем водяного отопления	ГОРСИ-1	«Минск-32»	Гипрохиммаш (Киев)
Оптимизация вертикальных однотрубных тупиковых систем водяного отопления с емкими нагревательными приборами	ОРГАС-23 и ОРГАС-23/32 *	«Минск-22» «Минск-32»	Промстройпроект, Гипрохиммаш
Комплексная оптимизация систем отопления и теплохладоснабжения	КУСТО	ЕС-1020	Гипрохиммаш (Киев)
Оптимизация напорных трубопроводов, транспортирующих жидкости (расчет тепловых сетей, систем теплоснабжения калориферов, маслопроводов, мазутопроводов и пр.)	ОРГАС-4/32 *, АРАКС *	» «Минск-32»	Гипрохиммаш (Киев)
Расчет вертикальных систем отопления	—	М-220	ЦНИИЭП инженерного оборудования (Москва)
Расчет плоских и пространственных температурных полей	—	«Минск-22»	Ленпроект
Расчет теплопоступлений и теплового режима зданий	—	Урал-2	Московский инженерно-строительный институт
Расчет отопления жилых и гражданских зданий (комплекс программ)	ОТ	»	КиевЗНИИЭП
Расчет водоподогревательных установок	—	Мир-1	Гипроград (Киев)
Автоматический расчет отопительных систем	АРОС	БЭСМ-4 «Минск-32»	Новосибирский Промстройпроект, ПИ-3 (Одесса)
Расчет тупиковых систем отопления	ОВ-7	БЭСМ-4	ГСПИ (Ленинград)
Выбор оптимальной теплоизоляции зданий	—	«Минск-22», НАИРИ	КиевЗНИИЭП

Гидравлический расчет трубопроводов сжатого воздуха, паропроводов и конденсатопроводов	ГРС	»	Промстройпроект (Алма-Ата)
Расчет нагревательных приборов вертикальных систем водяного отопления	П-37	НАИРИ	ПИ-3 (Одесса)
Расчет пароводяных и водяных подогревателей	П-42	»	То же
Теплофизический расчет ограждающих конструкций	РОК-1	»	»
Расчет неразветвленных трубопроводов на самокомпенсацию при тепловом расширении	СК1-1	»	Союзпроектверфь (Ленинград)
Вентиляция и кондиционирование воздуха			
Оптимизация вентиляционного комплекса (расчет воздуховодов, калориферов, выбор вентиляторов и решение задачи потокораспределения для разветвленных и коллекторных систем вентиляции и аспирации)	КАМА-32 *	«Минск-32 (22)»	Гипрохиммаш, Промстройпроект (Киев)
Автоматизированное проектирование воздухораспределения горизонтальными компактными струями	СТРУИ	«Минск-32»	Гипрохиммаш (Киев)
Расчет рассеивания в атмосфере вредностей, выбрасываемых промышленными предприятиями с оптимизацией высот труб для высотных и теневых выбросов	АРЗА-4 АРЗА-20	«Минск-32» ЕС-1020	Гипрохиммаш (Киев) Гипрохиммаш, ГПИ-5 (Киев)
Оптимизация калориферов, соответствующих ГОСТ 7201-70	Терма	«Минск-32»	Гипрохиммаш (Киев)
Расчет воздухораспределителей равномерной раздачи (переменного сечения)	ОРГАС-15 *	МИР-1	Промстройпроект (Киев)
Гидравлические расчеты воздуховодов	ОВ-6	БЭСМ-4	ГСПИ (Ленинград)
Оптимизация систем вентиляции, аспирации и пневмотранспорта с круглыми и прямоугольными воздуховодами	Харьков-072	«Минск-22»	Сантехпроект (Харьков)
Расчет тепловых, газовых и влажностных выделений от оборудования в промышленных и гражданских зданиях	СТАН	«Минск-32»	Молдместпромпроект (Кишинев)
Расчет воздухообмена и инфильтрации в зданиях	—	«Минск-22»	Ленпроект

Продолжение табл. X.1

Назначение программы	Шифр	ЭВМ	Организация-разработчик
Оптимизационный расчет схем холодоснабжения в системах кондиционирования воздуха	ОВ-7	«Минск-22»	КиевЗНИИЭП
Расчет теплопоступлений через наружные ограждения зданий	—	»	»
Расчет и выбор солнцезащитных устройств в зданиях, оборудованных системами кондиционирования воздуха	—	«Минск-22»	КиевЗНИИЭП
Расчет нестационарного теплового режима зданий, оборудованных системой вентиляции и кондиционирования воздуха, с учетом солнечной радиации	ТУС-1	«Минск-22», «Минск-32»	Узгипротяжпром (Ташкент)
Расчет глушения аэродинамического шума в системах вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха	БТ-49	«Минск-22» М-222	Сантехпроект (Алма-Ата) ЛГСПИ (Ленинград)
Расчет систем вентиляции, аспирации и пневмотранспорта с трубопроводами круглого и прямоугольного сечения	П-15, П-15П	НАИРИ	ПИ-3 (Одесса)
Расчет калориферных установок	П-13, П-22	»	То же
Расчет теплопоступлений через наружные ограждения помещений и зданий	П-29	»	»
Расчет воздухораспределителей заданного профиля	ОРГАС-26	МИР-1	Промстройпроект (Киев)
	Сметы		
Составление смет по разделу «Сантехника»	Смета-С	«Минск-22»	КиевЗНИИЭП
Составление смет по отоплению и вентиляции на основе сборников ЕРЕР	Смета-3	»	Узгипротяжпром (Ташкент)
Составление смет на санитарно-технические работы на основе УСН и ЕРЕР	АСС-77	«Минск-32»	Гипрохиммаш (Киев)

Примечание. Программы, отмеченные звездочкой, включены в библиотеку ПИРС.

При возможности использования программ, составленных для различных машин, следует отдавать предпочтение ЭВМ «Минск-32» и машинам серии ЕС, имеющим операционную систему, режим разделения времени, характерный для машины 3-го поколения, а также значительное быстродействие и оперативную память. Опыт ведущих организаций, имеющих ЭВМ «Минск-32» или «Минск-22», показал, что при совершенной организации процесса счета время, прошедшее от сдачи бланков до получения результатов, не превышает 24, а для срочных задач — 3—4 *ч*; при аренде машины это время, как правило, увеличивается до 2—3 суток.

Перечень основных программ приведен в табл. X.1. В справочнике подробно рассматриваются только 3 основные программы для ЭВМ «Минск-32 (22)» — КАМА-32, ОРГАС-4/32 и ОРГАС-23/32, решающие широкий круг задач расчета систем вентиляции, отопления и теплоснабжения.

При использовании ЭВМ 2-го поколения, как правило, каждая программа хранится на индивидуальной магнитной ленте, имеет собственные перфоленты вызова, начальные адреса и отличается специфическими особенностями ввода исходных данных. Для ряда программ ввод производится автоматически, другие требуют ввода с пульта и пр.

В институте Гипрохиммаш (Киев) создана универсальная библиотека ПИРС для ЭВМ «Минск-32», включающая 36 программ в области строительного проектирования. Все программы размещены последовательно на магнитной ленте и для вызова любой из них достаточно занести с пульта ее номер.

Организующий блок библиотеки ПИРС вызывает программу, печатает ее имя и переписывает на рабочую ленту. Передача управления вызванной программе также производится автоматически, что освобождает от необходимости помнить пусковые адреса. Все основные программы, в достаточной мере апробированные, записаны в библиотеку ПИРС. Описанные в настоящем справочнике программы КАМА-32, ОРГАС-4/32, ОРГАС-23/32 введены в библиотеку со следующими номерами (соответственно): 10, 12 и 13 * .

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ «МИНСК-32»

Описание программы КАМА-32

Программа КАМА-32 осуществляет комплексное решение вентиляционных систем, включающих вентиляторы, воздуховоды и калориферы, поэтому для нее характерна тщательная взаимоувязка между отдельными элементами систем **.

Программа КАМА-32 включает:

расчеты круглых (нормализованных или индустриальных) и прямоугольных воздуховодов систем вентиляции, аспирации и пневмотранспорта, изготовляемых из металла, железобетона или кирпича;

расчеты воздуховодов коллекторных систем;

автоматический выбор вентиляторных установок с учетом их стоимости, окружной скорости колеса и пр.;

оптимизацию калориферных групп с учетом действительного располагаемого давления вентилятора;

решение задачи потокораспределения (определение действительных расходов воздуха на всех участках воздуховодов);

распечатку программ на алфавитно-цифровое печатающее устройство, перезапись магнитных лент, автоматический поиск ошибок, изготовление корректирующей перфоленты, ввод дополнений в программу и их запись на магнитную ленту.

Одновременно с расчетом вентиляционных систем ставится задача оптимизации. выбранные параметры системы должны удовлетворять ее минимальной приведенной

---

* Основной целью приведенных данных является обеспечение проектировщиков справочными материалами, позволяющими квалифицированно заполнить расчетные бланки, а также, при необходимости, выявить возможные ошибки задания, в общих чертах излагается постановка задач.

** Программа разработана кандидатами техн. наук Цалем Р. Я., Чечиком Е И., Ривелисом И. Я. и инженерами Домбровской Г. А. и Одельской С. А.

годовой стоимости, учитывающей как капиталовложения, так и эксплуатационные затраты. При этом конструкция системы должна быть индустриальной, ее элементы — стандартными, а оборудование — комплектным.

Комплекс КАМА-32 включает организующий блок МОЗГ, осуществляющий подключение того или иного вспомогательного блока и межблочный перенос информации, и 8 вспомогательных блоков:

блок ПИ, осуществляющий распечатку исходной информации;

блок БПИ, предназначенный, для переработки информации, заданной в безадресной форме;

блок ОРГАС-12, осуществляющий выбор вентиляторов;

блоки ОРГАС-11м и ОРГАС-20, оптимизирующие сечения круглых и прямоугольных воздуховодов;

блок ОКА-2м, оптимизирующий выбор калориферов;

блок ОРГАС-22, осуществляющий решение задачи потокораспределения;

блок «Сервис», осуществляющий перезапись магнитных лент, печать программы, поиск и печать несовпадающих на магнитных лентах ячеек, контрольное суммирование, корректировку сдублированных программ и др.

КАМА-32 предусматривает следующую организацию счета систем вентиляции:

технико-экономический расчет калориферов для приточных вентиляционных систем;

выбор всех возможных характеристик вентиляторов, удовлетворяющих заданную производительность;

расчет воздуховодов;

пересчет калориферов на заданное давление в случае, если фактическая потеря давления в воздуховодах оказывается меньше давления вентилятора.

Таким образом комплекс КАМА-32 состоит из ряда взаимосвязанных блоков; для каждого из них исходной информацией служат результаты счета предыдущих блоков.

Результаты численного анализа систем вентиляции и пересмотра методики их расчета позволили сделать ряд рекомендаций.

При возможности установки диафрагм критерием расчета вентиляционных систем является не гидравлическая увязка, а минимальное значение специальной функции, включающей стоимость воздуховодов, вентиляторов, калориферов и расходы на эксплуатацию систем.

Условие нарастания скоростей воздуха к вентилятору оправдано лишь в весьма редких случаях и, как правило, программой не выдерживается. В то же время строго выполняются требования в ограничении предельных скоростей воздуха в воздуховодах. Расчет диаметра диафрагм производится с целью обеспечения равенства потерь давления во всех ветвях системы. Во всех случаях отказа от установки диафрагм необходимо решать задачу потокораспределения.

Проектирование большого числа раздающих решеток на одном ответвлении воздуховодов не рекомендуется. При задании исходной информации следует концевые участки с двумя-тремя решетками рассматривать как один общий участок. Установка каких-либо решеток на сборных участках нежелательна.

В круглых воздуховодах не следует допускать, чтобы расход на ответвлении превосходил расход на участке, имеющем тройник-проход, так как отсутствуют экспериментальные данные для определения их коэффициентов местного сопротивления.

В результате машинного расчета возможны отрицательные потери давления на ветвях, однако, если они принимают существенные значения (свыше 10 *кгс/м*^{2}), это, в большинстве случаев, свидетельствует об ошибке в исходных данных.

В связи с отказом от установки шиберов у вентиляторов, наличие большого «запаса» давления может привести к превышению мощности и перегоранию обмотки электродвигателя, поэтому алгоритмом предусматривается установка диафрагмы на корневом участке *.

Максимальный запас в поверхности теплоотдачи калориферов определяется следующими соображениями: вычисляется расход теплоносителя при температуре наружного воздуха 0÷ —5° С и отопительном графике теплосети, т. е. моделируется работа системы автоматики; затем вычисляется действительная температура обратно-

---

* Под корневым следует понимать участок, на котором установлен вентилятор.

го теплоносителя и, если она оказывается не ниже 35° С (уставка датчика защиты от замораживания), рассматриваемый вариант калориферной установки считается конкурентоспособным, в противном случае он отбрасывается. Программой предусматривается проверка наименьшей скорости воды в трубках калориферов.

Для получения наиболее качественного и экономичного решения рекомендуется диапазон между предельными скоростями воздуха в воздуховодах задавать наибольшим. Решение задачи потокораспределения весьма эффективно для проверки мощности вентиляторов, подключенных параллельно к одной сети, в случае отключения некоторых из них.

При расчете вентиляционных систем, оборудованных воздухораздаточными устройствами типа плафонов, программа КАМА-32 может быть использована для определения диаметров диафрагм, устанавливаемых на участках подключения плафонов.

Задание исходной информации

Для задания исходной информации к программе КАМА-32 необходимо предварительно вычертить схему воздуховодов, затем заполнить расчетные бланки.

Если система воздуховодов вычерчена на листе, рекомендуется использовать расчетный бланк в виде рамки, накладываемой на лист. Если же система вычерчена на отдельной форматке, порядок выполнения расчетов следующий. На расчетный бланк временно наклеивается вычерченная схема воздуховодов, нумеруются участки, затем от каждого участка проводится сноска к любому из размещенных на периферии бланка кадров (число кадров может быть увеличено до 50). Далее заполняются данные в кадрах и на обороте бланка; после этого схема отклеивается и бланк передается на перфорацию.

Нумерация участков воздуховодов производится в восьмеричной системе счисления (отсутствуют номера 8, 9, 18, 19, 28, 29 и т. п.), общее число участков не должно быть более 62 (лист X.1). Первоначально нумеруются все концевые участки (сообщающиеся с атмосферой) от 1 до r_1; нумерация сборных участков производится от ($r_1 + 1$) до r_2 таким образом, чтобы в каждом узле номер сборного участка был больше номеров исходных участков. Номер участка, имеющего крестовину — проход, должен быть больше номеров участков, имеющих крестовину — боковое ответвление.

Для искусственного разделения некоторых участков могут быть использованы вставки, называемые фиктивными или псевдофиктивными. Фиктивные вставки, представляющие собой концевые участки с близкими нулю расходами, используются для разделения участков с разными пределами скоростей, отличными сечениями и пр. Псевдофиктивные вставки представляют собой участки с действительными расходами и близким нулю сопротивлением. Как правило, фиктивные участки используются для разделения участка, на котором установлен циклон или фильтр, псевдофиктивные — в коллекторных системах. При наличии фиктивного участка счет коэффициентов местного сопротивления тройников для всех инцидентных * ему участков не производится, происходит так называемое отключение к. м. с. тройника.

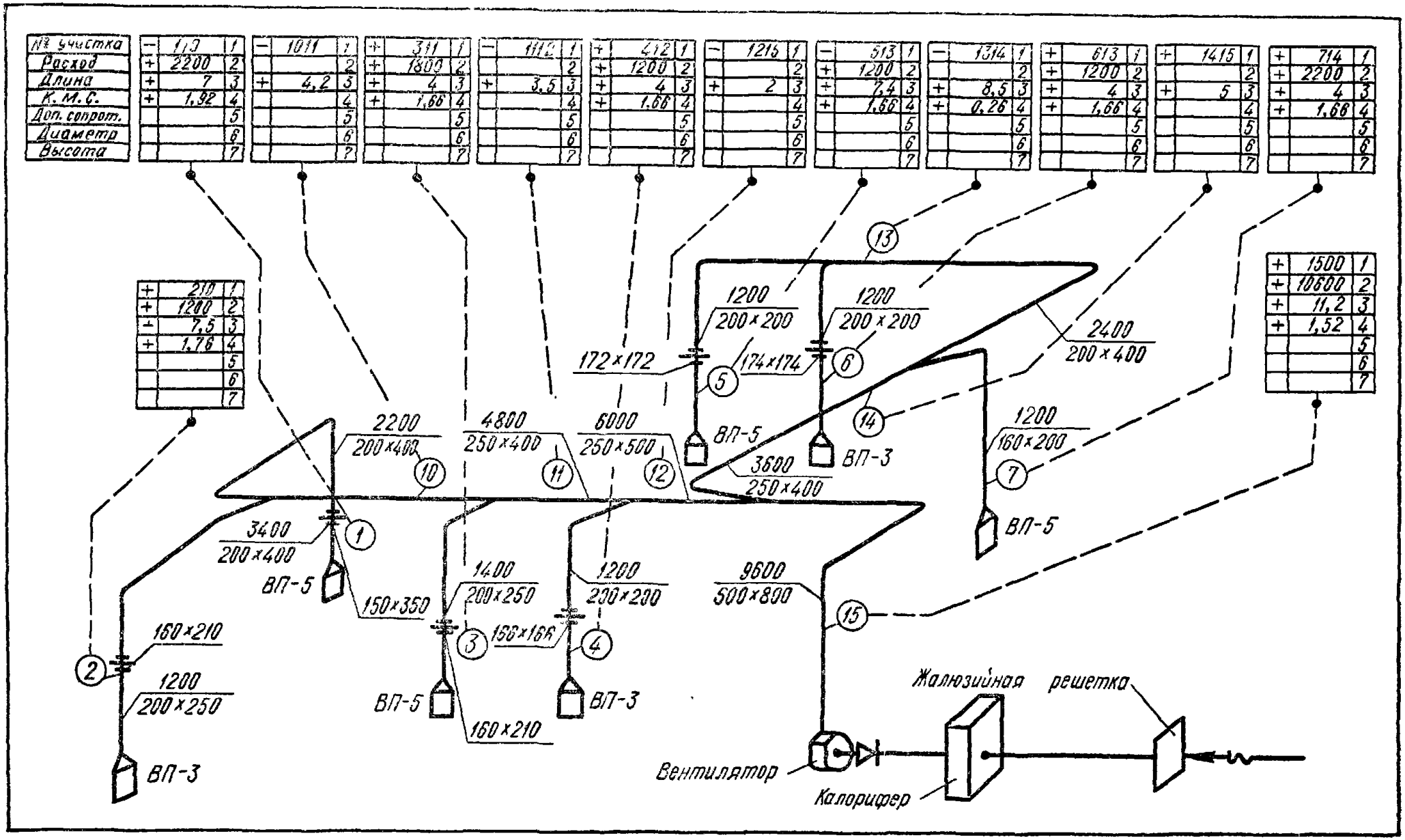
Записываются номера участков в первых строках соответствующих кадров четырехзначными числами, из которых первые две — номер рассматриваемого участка, вторые — номер сборного к нему. Если участок имеет тройник — проход или крестовину — проход, его номер записывается со знаком «минус», тройник — боковое ответвление — со знаком «плюс». Для корневого участка вместо номера сборного записывается два нуля.

Расходы воздуха записываются во 2-ю строку кадра. Вносить в бланк следует только расходы на концевых участках. Если же по какой-либо причине условие суммирования расходов должно быть нарушено (учет подсоса в циклоне, периодичность работы отдельных участков и т. п.), в кадр заносится необходимый расход, который машиной изменен не будет.

При попеременно работающих подключениях может оказаться, что расходы на сборном и исходном участках равны. В этом случае необходимо расход на сборном участке искусственно увеличить на 5—10 $м^3/ч$. Расходы на фиктивных участках следует задавать равными 5 $м^3/ч$.

---

* Инцидентными называются участки, пересекающиеся в одном узле.



Лист X.1. Расчет системы приточной вентиляции (схема системы, заполнение кадров и запись адресной информации).

В связи с тем, что наименьший стандартный диаметр равен 0,1 *м*, необходимо в системах аспирации следить за тем, чтобы заданные расходы не были ниже минимальных, при которых обеспечивается наименьшая допустимая скорость воздуха (табл. X.2).

Таблица X.2. **Минимальные расходы при заданной скорости воздуха**

Скорость, *м/с*	Расход, *м³/ч*	Скорость, *м/с*	Расход, *м³/ч*	Скорость, *м/с*	Расход, *м³/ч*	Скорость, *м/с*	Расход, *м³/ч*
10	283	12,5	353	15	424	17,5	494
10,5	297	13	367	15,5	438	18	509
11	311	13,5	381	16	452	18,5	523
11,5	325	14	395	16,5	466	19	537
12	339	14,5	410	17	480	19,5	551

Длины участков записываются в 3-х строках кадров. Как правило, в аспирационных системах имеются участки, транспортирующие пыльный воздух, и участки, транспортирующие воздух после его очистки. При выборе диаметров для таких участков необходимо учитывать, что предельные скорости воздуха для них должны задаваться различными.

В исходных данных необходимо также указать, по каким участкам движется запыленный воздух и по каким чистый. Если длина записывается со знаком «плюс», это значит, что воздух пыльный и движется по участкам, для которых его скорости выбираются в пределах $v_{min} \div v_{max}$. Если же длина записывается со знаком «минус», воздух чистый и диаметры подбираются таким образом, чтобы скорости находились в пределах $v'_{min} \div v'_{max}$.

Длину фиктивных участков необходимо принимать равной 0,1 *м*. Следует учитывать, что расчет к. м. с. тройников и крестовин и печать на алфавитно-цифровом печатающем устройстве (АЦПУ) участков длиной менее 0,21 *м* не производится, т. к. они принимаются за фиктивные или псевдофиктивные.

При необходимости расчета воздуховодов из различных материалов сопротивление воздуховодов с большим коэффициентом шероховатости следует имитировать увеличением их длины. Если принят коэффициент шероховатости для металлических воздуховодов, то длину бетонных каналов необходимо увеличивать в 2—2,5 раза и после расчета исключить излишнюю поверхность из объемов работ.

Сумма коэффициентов местного сопротивления (к. м. с.) ζ на участках записывается без учета к. м. с. тройников и крестовин, а также полуотводов при них, которые учитываются машиной *. Заданные к. м. с. относятся к скорости воздуха на рассчитываемом участке воздуховодов; если к. м. с. насадка отнесен к скорости в каком-либо другом сечении, необходимо вместо к. м. с. задавать его дополнительное сопротивление.

Для фиктивных и псевдофиктивных участков рекомендуется задавать $\zeta = 0$; для огнезадерживающих, автоматических и лепестковых клапанов к. м. с. принимают равным 0,1.

Дополнительные сопротивления на участках записываются в 5-й строке со знаком «плюс» (в *кгс/м²*). Для отключения счета к. м. с. тройника и крестовины на j-ом участке в круглых воздуховодах следует записывать условную величину $H_{доп_j} = 0{,}1$. Этим рекомендуется пользоваться при расчете коллекторных систем, учитывая вместо к. м. с. тройников, к. м. с. на внезапное расширение при входе воздуха в коллектор.

Заданные диаметры для круглых воздуховодов записываются в 6-й строке кадров со знаком +10. Для прямоугольных воздуховодов в 6 и 7-й строках

---

* Коэффициенты местного сопротивления тройников и крестовин определяются автоматически для круглых воздуховодов на основании зависимостей, приведенных в сборнике трудов ВНИИГС (вып. 28, Стройиздат, 1970); для прямоугольных — путем интерполяции таблиц, приведенных в «Справочнике по гидравлическим сопротивлениям» И. Е. Идельчика (М.—Л., Госэнергоиздат, 1960).

записываются заданные размеры сторон (в *м*). Не рекомендуется задавать одно из значений сторон; запрещается задавать нестандартные размеры одной из сторон.

При расчете круглых воздуховодов 7-я строка не заполняется.

Для расчета вентиляционных систем с числом участков более 62_8 рекомендуется предварительно выделить и рассчитать ветвь, имеющую наибольшее число подключений (тройников), принимая подключающиеся к ней подветви за псевдофиктивные, а после этого, получив располагаемое давление на подветвях, рассчитать их, как индивидуальные системы.

На обороте бланка заполняются данные, приведенные в табл. X.3.

В первых четырех строках записываются шифр задачи (шифр объекта и номер системы) в десятичной системе счисления; общее число участков в восьмеричной системе счисления, различные признаки системы.

В том случае, если вентилятор выбран проектировщиком предварительно и известно его давление, для расчета воздуховодов следует задавать давление вентилятора, соответствующее расчетной точке на его характеристике, в *кгс/м*^{2}; к. п. д. вентилятора; коэффициент запаса на производительность вентилятора, одновременно увеличивающий и расход воздуха на корневом участке системы воздуховодов (принимается равным 1—1,15); коэффициент запаса на давление вентилятора (принимается равным 1—1,2).

Если вентилятор должен быть выбран автоматически, вместо давления и к. п. д. вентилятора записываются минимальное и максимальное допустимые давления вентилятора в *кгс/м*^{2}.

Далее записываются расчетная производительность системы (без учета запаса на производительность вентилятора) в *м*^{3}/*ч*; предельная окружная скорость колеса вентилятора в *м/сек* и признак схемы исполнения β вентиляторной установки. При $\beta = 1$, если это возможно, выбираются вентиляторы, установленные на одной оси с электродвигателем, в остальных случаях $\beta = 0$. Затем указываются шифры вентиляторных установок, выбор которых допускается проектировщиком; они записываются в произвольном порядке.

Задавать расчетную производительность L_B при известном давлении вентилятора не допускается. Если решается только прямая задача и известно давление вентилятора, задавать L_B, $v_{max}^{окр}$, β и I не следует.

С целью упрощения задания исходной информации для некоторых величин в программу внесены наиболее часто встречающиеся значения P, $(E + 1{,}56\ r)\ R$, m, n, T, z, r и E, которые воспринимаются только в том случае, если вместо них не вводится какая-либо другая величина. Значения эти записаны в бланках и взяты в скобки. Если нет необходимости в выборе вентилятора, эти значения задавать не следует.

Коэффициент абсолютной шероховатости зависит от материала, из которого изготавливаются воздуховоды; для бетонных каналов $K = 0{,}01$ *м*, для кирпичных $K = 0{,}04$, для металлических воздуховодов значение K задавать не следует, так как в программе задано $K = 0{,}0001$ *м*, соответствующее металлу. При расчете металлических воздуховодов размеры сечений или диаметры выбираются по нормализованному ряду, при расчете бетонных или кирпичных каналов программа использует их типизированные размеры.

Для аспирации и пневмотранспорта задается коэффициент концентрации примесей в *кг/кг*, умноженный на опытный коэффициент; для чистого воздуха принимают $\mu k = 0$, для участков, длина которых записана со знаком «минус», $\mu k = 0$ во всех случаях.

Далее записываются минимальная и максимальная допустимые скорости воздуха для участков, длина которых записана со знаком «плюс» (в программе принято $v_{min} = 4{,}5$ *м/сек*, $v_{max} = 20$ *м/сек*), и для участков, длина которых записана со знаком «минус» (только для круглых воздуховодов; при расчете прямоугольных воздуховодов задавать v'_{max} и v'_{min} не следует).

Коэффициент P, определяющий стоимость 1 *м*^{2} поверхности воздуховодов (из кровельной стали без изоляции с окраской), для 1-го района строительства принимают равным единице, что и предусмотрено в программе. В остальных случаях следует пользоваться табл. X.4.

Коэффициент амортизационных отчислений рекомендуется принимать в пределах 0,12—0,22; в программе $r = 0{,}15$. Коэффициент относительной эффективности

Таблица X.3. **Задание исходной информации (оборот бланка)**

16755	$+_{10}$	218005	Шифр задачи	
10231	$+_8$	15	r_2 — число участков	
2	$+_8$	1	0 — вытяжка; 1 — приток	* Ц4-70—1; ЦП7-40—8 Ц6-46—7; Ц4-76—2 ** КВБ-01, КФС-02, КМС-03, КЗПП-04, КЗВП-05, КФБ-06, КМБ-07, КЧПП-10, КЧВП-11, КФСО-12, КФБО-13, КЧПС-14, СТД3009В-15, СТД3010В-16
3	$+_8$	2	0 — аспирация без потокораспределения; 1 — вентиляция с круглыми воздуховодами; 2 — то же, с прямоугольными; 3 — аспирация с потокораспределением; 9 — вентиляция с круглыми индустриальными воздуховодами	
			Вентиляторы	
16756	$+_{10}$	16	$H_{\text{в зад}}$ (заполняется только при расчете системы на заданное давление) или $H_{\text{вmin}}$	
7	$+_{10}$	80	$\eta_{\text{в зад}}$ (заполняется только при расчете системы на заданное давление) или $H_{\text{вmax}}$	
16760	$+_{10}$	1	$З_L$ — запас по расходу (1,1)	
1	$+_{10}$	1,1	$З_H$ — запас по давлению (1,1)	
2	$+_{10}$	10560	$L_{\text{в}}$ — расчетный расход	
3	$+_{10}$	65	$v_{\text{ок}}^{\max}$ — предельная окружная скорость	
4	$+_{10}$	0	β 0 — произвольная схема; 1 — только на одной оси	
5	$+_{10}$	1	I — модели вентиляторов *	
11062	$+_{10}$		K — коэффициент шероховатости	Принято ($K = 0{,}0001$)

Продолжение табл. X.3

3	$+_{10}$		μk — коэффициент концентрации примесей	$(\mu k = 0)$
11064	$+_{10}$		v_{min} — минимальная скорость для участков с $l > 0$	$(v_{min} = 4{,}5)$
5	$+_{10}$	16	v_{max} — максимальная скорость для участков с $l > 0$	$(v_{max} = 20)$
6	$+_{10}$		v'_{min} — минимальная скорость для участков с $l < 0$	$(v'_{min} = 0)$
7	$+_{10}$		v'_{max} — максимальная скорость для участков с $l < 0$	$(v'_{max} = 0)$
11070	$+_{10}$		P — коэффициент стоимости воздуховодов	$(P = 1)$
1	$+_{10}$	1.9	$(E + 1{,}56r)\,R$ E — коэффициент относительной эффективности; r — коэффициент амортизации; R — коэффициент ресурсов	$(E + 1{,}56r)\,R = 038$
2	$+_{10}$		m — стоимость 1 *квт·ч* электроэнергии	$(m = 0{,}006)$
3	$+_{10}$		n — число часов работы в год	$(n = 4400)$
4	$+_{10}$		T — стоимость 1 *ква* электроэнергии в год	$(T = 10)$
5	$+_{10}$		z — коэффициент запаса	$(z = 1{,}1)$
6	$+_{10}$		γ — объемный вес воздуха	$(\gamma = 1{,}2)$
11077	$+_{10}$		$H^{сист}_{доп}$ — дополнительная потеря воздуха в системе	
			Калориферы	
11105	$+_{8}$		Номер заданного калорифера в 8-ричной системе (задается при поверочном расчете)	
11106	$-_{8}$	20305060711	«+» обвод по воздуху не допускается «—» обвод по воздуху допускается	
7 11110	$+_{8}$ $+_{8}$	1213 0	TI — допускаемые модели (записываются по 6 шт. в ячейке двузначными числами) **	

1	$-_{10}$	30	$H_{пр}$ — предельное сопротивление, «+» — стоимость вычисляется для $H_{пр}$; «—» — то же, для $H_к \leqslant H_{пг}$ (в основном $H_{пр} = 0$)
2	$+_{10}$	16 000	$[h]$ — допустимое сопротивление калориферов и клапана по воде, *кг/м²*; «+» — попутная схема; «—» — противоточная схема
3	$-_{10}$	22	$t_{н.о}$ — расчетная отопительная температура наружного воздуха
4	$-_{10}$	0	$t_{н\,в}$ — расчетная вентиляционная температура (задается только при расчете вентиляционного режима)
5	$+_{10}$	130	$T_п$ — расчетная температура теплоносителя при $t_{н\,о}$
6	$+_{10}$	70	$T_о$ — то же
7	$-_{10}$	22	$t_{вх}$ — температура входящего воздуха
11 120	$+_{10}$	18	$t_{вых}$ — температура выходящего воздуха
1	$+_{10}$	4,2	A — ширина предельные размеры фронтального сечения, *м*
2	$+_{10}$	3,5	B — высота
3	$+_{10}$		$x_{зад}$ — число калориферов, установленных параллельно Задается при поверочном расчете
4	$+_{10}$		$y_{зад}$ — то же, последовательно
5	$+_{10}$		$\tau_{зад}$ — число подключений по воде
6	$+_{10}$		m — стоимость 1 *ква* электроэнергии (0,006) Задается при расчете калориферов без расчета воздуховодов
7	$+_{10}$		n — число часов работы в год (4400)
11 130	$+_{10}$		T — стоимость 1 *ква* электроэнергии (10)
1	$+_{10}$		$(E + 1{,}56r)\,R$ — коэффициент (1,9)
11 132	$+_{10}$	9600	$L_в$ — расчетный расход, *м³/ч*
	Граница ввода		

Таблица X.4. **Выбор коэффициентов *P***

Воздуховоды	Толщина стали, *мм* (до)	Районы строительства									
		1—6	7—9	10	11	12	13	14	15	16—17	18—19
Круглые из стали кровельной с окраской	0,8	1	1,1	1	1,1	1,2	1,14	1,1	1,12	1,2	1,1
То же, с окраской и изоляцией	0,8	1,42	1,56	1,42	1,56	1,7	1,62	1,56	1,59	1,7	1,56
Прямоугольные из стали оцинкованной	0,7	1,01	1,11	1,01	1,11	1,21	1,15	1,11	1,13	1,21	1,11
То же, с изоляцией	0,7	1,44	1,58	1,44	1,58	1,73	1,64	1,58	1,61	1,73	1,58
Круглые из стали оцинкованной	0,8	0,98	1,08	0,98	1,08	1,18	1,12	1,08	1,1	1,18	1,08
То же, с изоляцией	0,8	1,41	1,55	1,41	1,55	1,69	1,61	1,55	1,58	1,69	1,55
То же	1,2	1,05	1,16	1,05	1,16	1,26	1,20	1,16	1,13	1,26	1,16
То же, с изоляцией	1,2	1,48	1,63	1,48	1,63	1,78	1,69	1,63	1,66	1,78	1,63
Прямоугольные из стали оцинкованной	1,2	1,12	1,23	1,13	1,23	1,34	1,28	1,23	1,25	1,34	1,23
То же, с изоляцией	1,2	1,55	1,71	1,55	1,71	1,86	1,77	1,71	1,74	1,86	1,71
Круглые из стали нержавеющей	0,8	2,36	2,6	2,36	2,6	2,83	2,69	2,6	2,64	2,83	2,6
То же, с изоляцией	0,8	2,78	3,06	2,78	3,06	3,34	3,17	3,06	3,11	3,34	3,06
Прямоугольные	0,8	2,41	2,65	2,41	2,65	2,89	2,75	2,65	2,70	2,89	2,65
То же, с изоляцией	0,8	2,95	3,13	2,95	3,13	3,54	3,36	3,13	3,3	3,54	3,13
Круглые для систем аспирации и пневмотранспорта из стали кровельной с окраской	0,8	1,2	1,32	1,2	1,32	1,44	1,37	1,32	1,34	1,44	1,32
То же, с изоляцией	0,8	1,62	1,78	1,62	1,78	1,94	1,85	1,78	1,81	1,94	1,78
То же, с окраской	1,2	1,49	1,64	1,49	1,64	1,79	1,70	1,64	1,67	1,79	1,64
То же, с изоляцией	1,2	1,73	1,9	1,73	1,9	2,08	1,97	1,9	1,94	2,08	1,9

капиталовложений рекомендуется принимать в пределах 0,10—0,17; в программе $E = 0{,}17$.

Вводимый в расчет коэффициент $(E + 1{,}56\ r)\ R$ для жилых и общественных зданий рекомендуется принимать 1,4. Статистический анализ расчетов по программе показал, что при существующем соотношении цен на электроэнергию и оборудование оптимальные скорости движения воздуха в калориферах и воздуховодах находятся значительно ниже обычно применяемых в практике проектирования величин. Оптимизация расчетов по методике нормативного срока окупаемости приводит к существенному увеличению потребности в калориферах и воздуховодах. Поэтому в исходную информацию вводится коэффициент ресурсов R, приводящий средние значения скоростей движения воздуха в сечениях калориферов и воздуховодов к общепринятым величинам *.

Стоимость 1 *квт · ч* электроэнергии на стороне вторичного напряжения и 1 *ква* установленной мощности принимается по прейскуранту № 09-01. При использовании одноставочного тарифа на электроэнергию $T = 0$.

Число часов работы установки в год, принятое в программе равным 4400 *ч*, предусматривает двухсменную работу; для односмениой работы $n = 2200$, для трехсменной $n = 6600$, для круглогодичной $n = 8750$ *ч*.

Коэффициент запаса на мощность электродвигателя, используемый в экономической части расчета, принят в программе равным 1,1; γ — объемный вес воздуха, принят в программе 1,2 *кг/м*^{3}.

Сумма дополнительных сопротивлений в системе $H_{доп}^{сист}$ (сопротивление фильтров, участков воздухозабора и проч.) определяется вручную; при отсутствии дополнительных сопротивлений задавать $H_{доп}^{сист}$ не следует. Для аспирационных систем, а также для систем с заданным вентилятором вводить рекомендуется только значения скоростей и $H_{доп}^{сист}$, если они отличаются от принятых.

Для расчета калориферов (см. табл. X.3) номер заданного калорифера заносится в бланк (при поверочном расчете) в восьмеричной системе счисления. Коды допускаемых для выбора моделей записываются со знаком «плюс» или «минус». Если значение *T1* со знаком $-_8$ («минус восьмеричный»), это означает, что допускается обвод части воздуха через «монтажный» обводной клапан (не более 30%), если же обвод не допускается, записывается знак $+_8$ («плюс восьмеричный»). Коды моделей записываются в произвольном порядке в трех строках. На каждую модель отводится по два восьмеричных разряда, т. е. в каждой ячейке можно записать по 6 кодов: КВБ-0,1, КФС-02, КСМ-03, КЗПП-04, КЗВП-05, КФБ-06, КМВ-07, К4ПП-10, К4ВП-11, КФСО-12, КФБО-13, К4ПС-14, СТД3009В-15, СТД 3010В-16. Следует учитывать, что независимо от выбора кодов для пара будут рассчитаны только паровые калориферы, для воды — водяные **.

Предельная потеря давления по воздуху $H_{пр}$ (в *кгс/м*^{2}) записывается со знаком $+_{10}$ (плюс десятичный»), если в расчете стоимости учитывается $H_{пр}$. Если же в расчете стоимости учитывается выбранное значение падения давления, $H_{пр}$ записывается со знаком $-_{10}$; при неограниченной потере давления можно задавать $H_{пр} = 0$; при задании коэффициента ресурсов $R = 5$ рекомендуется принимать $H_{пр} = -_{10}\ 30$.

Знак при максимальном допустимом сопротивлении калориферной группы по теплоносителю с учетом сопротивления клапана (в *кгс/м*^{2}) указывает на схему подключения теплоносителя в случае выбора двух- и трехрядной установки калориферов Рекомендуется при расчетной наружной отопительной температуре $t_{н.о} < 10°$ С принимать попутно-перекрестную схему подключения с подачей горячей воды в первый ряд калориферов и записывать h со знаком «плюс». В противном случае $(t_{н.о} > -10°$ С) рекомендуется принимать противоточно-перекрестную схему и записывать h со знаком «минус».

Значение расчетной вентиляционной температуры наружного воздуха записывается тольков в том случае, если работа установки предусматривается в вентиляционном режиме, иначе задается условная величина $t_{н.в} = 0$.

---

* Рекомендуется временно принимать $R = 5$.

** Программа КАМА-32 предназначена для расчета калориферов моделей, выпускавшихся до издания ГОСТ 7201-70. Для расчета калориферов по ГОСТ 7201-70 используется программа ТЕРМА.

Температуры теплоносителя в подающем $T_п$ и обратном трубопроводе T_0 задаются в любом случае для $t_{н.о}$; если же $t_{н.в} \neq 0$, пересчет температур теплоносителя производится автоматически в соответствии с температурным графиком работы теплосети. При теплоносителе паре следует принимать $T_п = T_0$ равными температуре насыщения.

Далее записываются температура входящего воздуха, при которой определяется требуемая теплопроизводительность калориферов, и температура выходящего воздуха (°С), ширина и высота фронтального сечения, в котором допускается установка калориферной группы (в *м*). Если A и B не ограничены, следует задать $A = B = 20$; при установке калориферов в типовых приточных камерах необходимо увеличивать A на 1,3 *м* и B на 1,5 *м*.

При поверочном расчете задаются данные калориферной группе: число калориферов $x_{зад}$, установленных параллельно ходу движения воздуха, число рядов $y_з$, количество подключений теплоносителя $\tau_{зад}$. Код принятой модели записывается на место *T1*.

Заданная калориферная установка может приниматься машиной только в том случае, если она не противоречит всем ограничениям; в противном случае программа ее отбрасывает, рекомендуя другой номер и компоновку.

В случае, когда калориферы рассчитываются независимо от системы воздуховодов, в бланк заносят дополнительно следующие величины: стоимость 1 *квт·ч* электроэнергии m и 1 *ква* установленной мощности T (в руб., согласно прейскуранту № 09-01); число часов работы установки в год. Для непромышленных потребителей используется одноставочный тариф и значение T рекомендуется принять равным нулю. Коэффициент $(E + 1{,}56\ r)\ R$ принят в программе 1,9.

Расчетный расход воздуха $L_к$ (в $м^3$) необходимо задавать во всех случаях, если коэффициент запаса $З_L \neq 1$; в противном случае выбирается расход вентилятора, деленный на $З_L$.

Программа КАМА-32 позволяет осуществить как расчет (оптимизацию воздуховодов, калориферов, выбор вентиляторов и пр.), так и получение результатов расчета отдельных элементов системы. Их подключение к счету производится автоматически при наличии исходной информации.

Результаты расчета

Печать исходных данных (табл. X.5) производится алфавитно-цифровым печатающим устройством (АЦПУ). Часто при обнаружении какой-либо ошибки в исходных данных машина прекращает, расчет и останавливается. Место «останова» (адрес) свидетельствует о характере ошибки.

Как правило, большинство ошибок допускается при заполнении кадров; поэтому, если имеют место машинные остановы по адресу 1041 или 1705, свидетельствующие об ошибках в кадрах, их поиск производится следующим способом:

каждый новый кадр начинается с единицы в крайней правой графе и легко отделяется от смежных кадров;

подсчитывается количество кадров и сверяется с числом участков; крайние правые разряды в каждом кадре должны возрастать; 1 и 2-ая цифры первой строки каждого кадра, определяющие номер рассматриваемого участка, не должны повторяться.

Если проверка по этим признакам не выявила ошибку, на листе бумаги строят конфигурацию системы, используя информацию о номере рассматриваемого участка и сборного для данного узла. Если в построенной системе будет разрыв или в каком-либо узле окажется два инцидентных участка вместо трех, следует пересмотреть нумерацию участков и ее запись в бланки, а возможно и перфоленту с задачей.

В процессе счета возможен останов по адресу 2014, свидетельствующий о том, что выбор какого-либо вентилятора невозможен, а также по адресу 6537, свидетельствующий об отсутствии решения для калориферов.

Печать колонок нулей связана с размещением информационных массивов в памяти ЭВМ, их количество рассчитано на максимальное число и заполнение кадров.

Расшифровка печати результатов расчета, выводимых машиной на АЦПУ, требуется только для некоторых вспомогательных данных (табл.X.6). Так, при выборе вентилятора в графе давлений печатаются два значения: без учета запаса $З_H$ и с его учетом. Последняя величина служит для определения выбранного машиной вентилятора, т. к. совпадает со значением расчетного давления вентилятора, которое печа-

Таблица X.5. Печать исходных данных (к задаче 218005)

Воздуховоды

Число участков	0000015				
приток		min.— скорость (+)	4,5	коэффициент стоимости	1
тип системы	2	max.— скорость (+)	16	коэффициент	.38
коэффициент шерохов.	.0001	min.— скорость (—)		стоимость 1 *квт·ч*	.006
коэффициент концентрации		max.— скорость (—)		число часов работы	4400
		объемная масса	1.2	стоимость 1 *ква*	10
		дополнительное давление	.1	коэффициент запаса	1.1

—000001101	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000022002	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000000073	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+00001.924	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
—000010111	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000004.23	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
—000005131	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000012002	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000007.43	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+00001.664	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
—000011121	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000003.53	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
—000013141	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000008.53	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+00000.264	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000006131	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000012002	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000000043	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+00001.664	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000007141	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000012002	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000000043	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+00001.664	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000015001	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000011.23	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+00001.524	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000014151	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000000053	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
—000012151	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000000023	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000004121	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000012002	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000000043	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+00001.664	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000003111	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000014002	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000000043	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+00001.664	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000002101	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000012002	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+000007.53	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
+00001.764	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000

Продолжение табл. X.5.

Вентилятор			
min. давление	16	Расчетный расход	10560
max. давление	80	max. окружная скорость	65
запас по L	1	Схема исполнения	
запас по H	1.1	Модели вентиляторов	+000000001

Калорифер			
Модели —020305060711 + + 000000001213 + 0000 0000000			
H пред. по воздуху	+000000000		
H пред. по воде	+000016000		
Отопительная температура	—000000022	Номер калорифера	
Вентиляционная температура	+000000000	Параллельно по воздуху	
Подающая температура теплоносителя	130	Последовательно по воздуху	
Обратная температура теплоносителя	70	Число подключений теплоносителя	
Температура входящего воздуха	—000000022	Стоимость 1 *квт·ч*	
Температура выходящего воздуха	18	Число часов работы	
Размеры камеры	4,2×3,5	Стоимость 1 *ква*	
Расход	9600	Коэффициент	

тается после расчета воздуховодов. Расходы воздуха в графе $L_в$ печатаются с учетом коэффициента запаса, как и расход на корневом участке r_2. Знак * в графе скоростей воздуха на участках воздуховодов обращает внимание проектировщика на низкую скорость.

В результате решения задачи потокораспределения АЦПУ может отпечатать следующие фразы:

«давление вентилятора задано» — при вычислении расходов для известного давления, соответствующего заданному;

«расход в системе меньше $L1$» или «расход в системе больше $L5$» — в процессе решения общий расход воздуха в системе вышел за пределы эффективных значений выбранной характеристики вентилятора; при этом задача потокораспределения решается для давления, соответствующего крайним значениям эффективной части характеристики,— меньшему $L1$ или большему $L5$.

Изредка встречается печать обеих фраз, так как в процессе увязки расчетная точка первоначально сдвигается к одной из границ характеристики, затем к другой.

При расчете воздуховодов АЦПУ может отпечатать фразу «внимание — 77 77 7777 7777», которая сигнализирует о том, что сопротивление системы близко к давлению вентилятора либо превосходит его.

При выборе вентилятора с промежуточным диаметром колеса в графе «тип» печатается признак * и в графе D шкива печатается отношение фактического диаметра колеса к номинальному в проц. (см. табл. X.6). Напечатанные номера вентиляторов следует читать: Ц4-70 № 25 — Ц4-70 № 2,5; Ц4-70 № 32 — Ц4-70 № 3,2; Ц4-70 № 63 — Ц4-70 № 6,3.

При печати вентиляторных агрегатов в графах «канавки» и «тип» печатаются слова «агрегат» и «вес» (см. табл. X.6). Собственно масса агрегата печатается в графе L, а диаметр промежуточного колеса — в графе D. Шапка с обозначением граф выбранных вентиляторов печатается даже в том случае, если задано значение $H_в$; при этом в отпечатанные графы можно вписать характеристику заданного вентилятора.

При машинном выборе вентиляторов расчетная точка на характеристике определяется с учетом принятых запасов на расход и давление.

Таблица X.6. **Печать результатов расчета вентиляторов и воздуховодов**

Вентилятор									Электродвигатель					Клиноременная передача	
Тип	Номер	Схема исполнения	L, $м^3/ч$	H, $кгс/м^2$	К. п д.	n, $об/мин$	Шкив		Тип	n, $об/мин$	N, $квт$	Шкив		Тип	L, $мм$
							D, $мм$	Канавки				D, $мм$	Канавки		
Ц 470	63	1	10560,00	43,56 39,60	0,7483	930		0	А02-326	930	2,2	105	агрегат	вес	200
Ц 470	8	6	10560,00	46,80 42,54	0,7796	670		0	А02-416	965	3,0		агрегат	вес	568
Ц 470	8	6	10560,00	60,59 55,09	0,7584	755		0	А02-426	965	4,0		агрегат	вес	568
Ц 470	8	6	10560,00	77,66 70,60	0,7349	850		0	А02-516	965	5,5		агрегат	вес	587

Номер участков	Расчетный расход, $м^3/ч$	Длина, $м$	Сечение, $м$		Скорость, $м/с$	Падение давления, $кгс/м^2$		Сечение диафрагмы, $м$	
			A	B		по участкам	по ветвям	A	B
0001	2200,00	6,99	0,2000	0,4000	7,61	8,49	19,22	0,1509	0,3509
0002	1200,00	7,50	0,2000	0,2500	6,64	9,80	20,53	0,1599	0,2099
0003	1399,99	4,00	0,2000	0,2500	7,74	10,68	19,50	0,1599	0,2099
0004	1200,00	4,00	0,2000	0,2000	8,30	12,57	19,28	0,1659	0,1659
0005	1200,00	7,40	0,2000	0,2000	8,30	10,33	20,75	0,1719	0,1719
0006	1200,00	4,00	0,2000	0,2000	8,30	10,85	21,27	0,1739	0,1739
0007	1200,00	4,00	0,1600	0,2000	10,37	16,81	23,76		
0010	3400,00	4,19	0,2000	0,4000	11,76	1,91			
0011	4800,00	3,50	0,2500	0,4000	13,28	2,10			
0012	6000,09	2,00	0,2500	0,5000	13,28	1,85			
0013	2400,00	8,50	0,2000	0,4000	8,30	3,47			
0014	3599,99	5,00	0,2500	0,4000	9,96	2,09			
0015	9600,00	11 19	0,5000	0,8000	6,64	4,85			

Периметр, $м$	Поверхность воздуховодов F, $м^2$
0,68	0
1,0	25,55
1,55	37,69
2,07	0
2,78	29,12
3,46	0
4,84	0
Свыше 4,84	0

Расчетное давление вентилятора 39,60 $кгс/м^2$

Таблица X.7. **Печать результатов**

Калорифер		F, $м^2$	H, $кгс/м^2$	L, $м^3/ч$	Температура
модель	номер			калорифер/обвод	входящего
КФС	5	83,60	9,86	9600,00 / 0	—22,00
КФВ	5	107,19	11,25	9600,00 / 0	—22,00
КФСО	7	60,09	15,41	9600,00 / 0	—22,00
КФБО	8	94,08	12,74	9600,00 / 0	—22,00
КМС	2	59,40	15,63	9600,00 / 0	—22,00
К3ВП	2	59,40	15,63	9600,00 / 0	—22,00
К4ВП	4	64,19	4,15	9600,00 / 0	—22,00
КМБ	7	77,80	2,96	9600,00 / 0	—22,00
КФСО	7	60,09	15,41	9600,00 / 0	—22,00

Сечение проема: ширина 1,59 *м*
высота 0,8599 *м*
Диаметр обвязки 0,0358 *м*
патрубков 0,0699 *м*

W = 71,43 руб.
ФИ = 1,09
TBO = 21,84° С
z = 1,00

В графе «Сечение диафрагмы» может печататься в скобках сечение диафрагмы, устанавливаемой на последнем участке, в том случае, если разность между давлением вентилятора и максимальной потерей давления системы превосходит 10%. В связи с отсутствием шиберов на вентиляторах установка диафрагмы на концевом участке необходима. Исключение составляют только те случаи, когда после повторного счета калориферов их сопротивление компенсирует неизрасходованное давление вентилятора. При этом устанавливать диафрагму на концевом участке не следует. Электродвигатели печатаются только типов АО2 и АОЛ.

При наличии системы воздуховодов расчет калориферов производится дважды: первоначальный — с целью выбора экономичной потери давления, окончательный — после расчета воздуховодов.

При поверочном счете заданной калориферной группы могут печататься следующие фразы:

«низкая скорость воды» — имеется в виду, что скорость воды в трубках калориферов близка к предельному значению;

«пределы тепла не выдержаны» — фактическая теплопроизводительность заданной группы меньше требуемой.

Печать результатов расчета калориферов производится для каждой заданной модели (табл. X.7). Кроме этого, вторично печатается наилучший вариант из всех моделей и некоторые его расчетные данные:

сечение проема (ширина и высота);

W — приведенная стоимость;

ФИ — коэффициент запаса по теплопроизводительности;

расчета калориферов

воздуха, выходящего	Q, ккал/ч	Количество калориферов	Количество рядов	Вес, кг калорифера	Вес, кг группы
17,99	111795,40	4,00	2,00	94,98	379,92
17,99	111795,40	4,00	2,00	109,87	439,48
17,99	111795,40	2,00	1,00	123,10	246,20
17,99	111795,40	2,00	1,00	174,80	349,60
17,99	111795,40	6,00	2,00	44,40	266,40
17,99	111795,40	6,00	2,00	55,00	330,00
17,99	111795,40	3,00	1,00	110,00	330 00
17,99	111795,40	2,00	1,00	153,60	307,20
17,99	111795,40	2,00	1,00	123,10	246,20

HT = 852,01 *кгс/м²*
$VГ$ = 6,40 *кгс/м²*
TTO = 64,23° С
$ФИF$ = 1,23

G = 1863,25 *кг/ч*
WK = 0,0424 *м/с*
$TП$ = 1,00° С

HT — потеря давления по теплоносителю в калориферах и обвязке;
$VГ$ — весовая скорость;
G — расход теплоносителя;
WK — скорость воды в трубках калориферов;
диаметр обвязки и патрубков;
ТВО — действительная температура выходящего воздуха;
z — количество рядов установки калориферов в высоту;
ТТО — действительная температура теплоносителя, выходящего из калориферов;
ФИF — коэффициенг запаса в поверхности теплоотдачи;.
ТП — количество подключений теплоносителя к калориферной группе.

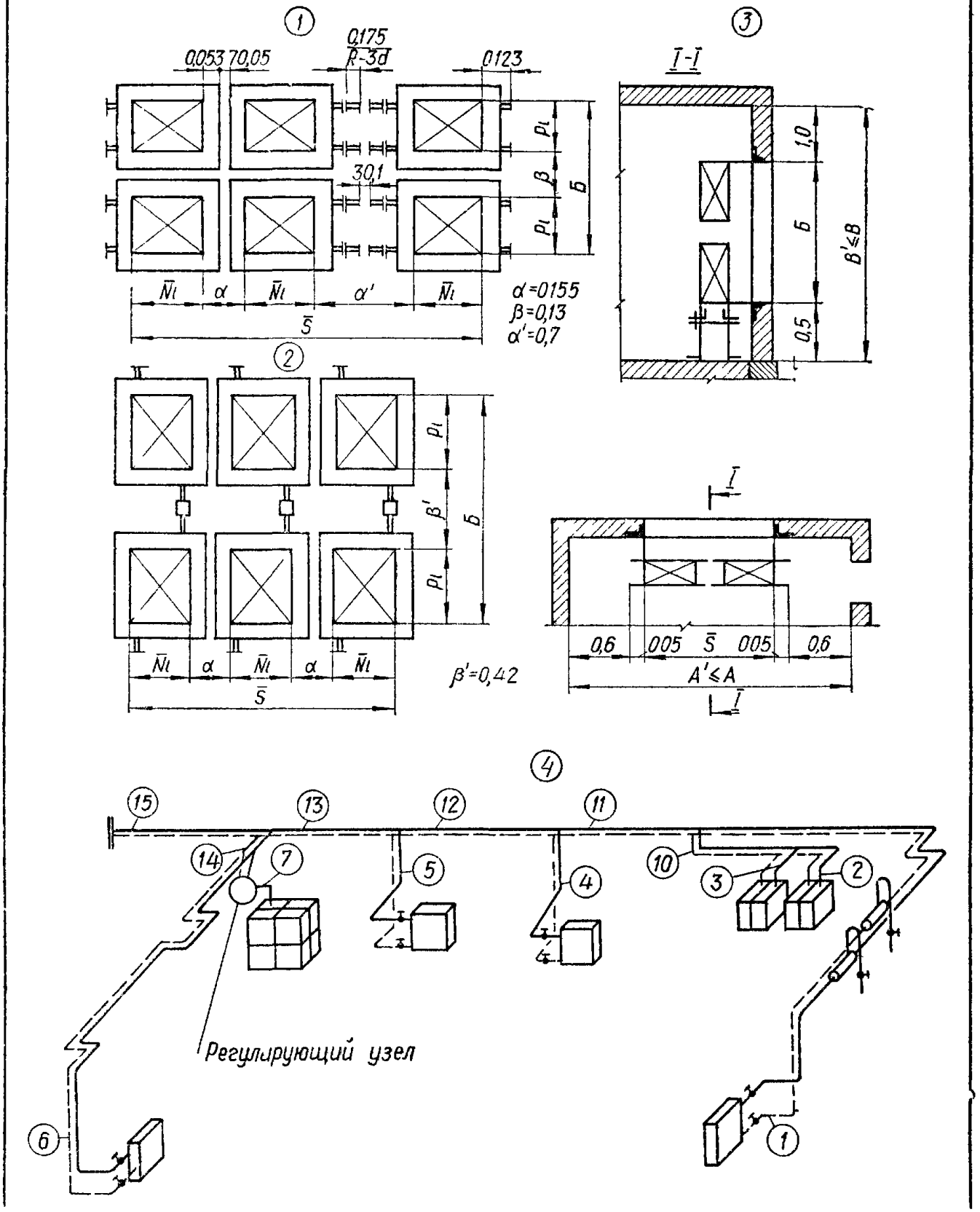
В результате счета производится как бы автоматическое конструирование калориферной группы. Схема предусмотренной установки и подключения группы приведена на листе Х.2, рис. 1—3.

При использовании программы КАМА-32 необходимо иметь в виду следующее.

Калориферы моделей К3ВП и К4ВП приняты в изготовлении предприятия КООП Мордовской АССР.

При расчете прямоугольных воздуховодов возможно незначительное превышение v_{max}, объясняемое условием наложения «штрафа» за изменение одной из сторон воздуховодов. Учитывая субъективность выбора v_{max}, полученные решения желательно сохранить; в противном случае можно повторить расчет, задав необходимое сечение на участке, в котором превышена скорость.

В процессе решения задачи потокораспределения производится перераспределение расходов воздуха на всех участках системы (кроме фиктивных); при этом действительные скорости могут оказаться ниже предельно допустимых, что свидетельст-



Лист X.2. Схемы установки и подключения калориферов и схема системы теплоснабжения:

1 — горизонтальное подключение калориферов по теплоносителю, *2* — то же, вертикальное; *3* — установка калориферов, *4* — схема системы теплоснабжения калориферов

вует о неудачном конструировании системы. Принятый первоначально запас в расходе воздуха на корневом участке не учитывается; расход воздуха через обводной клапан калориферов используется для снятия запаса и поэтому должен быть обеспечен в процессе всего периода эксплуатации калориферной группы.

При расчете паровых калориферов подключение теплоносителя производится только по перекрестной схеме; калориферы КМС, КМБ, К3ВП и К4ВП предусмотрены только с горизонтальным расположением трубок. При подборе калориферов

принят запас на сопротивление по воздуху 10%, потерю давления по теплоносителю 20%, минимальный запас, по теплоотдающей поверхности — 15%; максимальный запас по теплу диктуется условиями замораживания и рассчитывается автоматически.

Увязка падений давления фиктивных участков не производится. При частично заданных сечениях воздуховодов телескопичность может не выдерживаться.

Если в результате счета машина печатает признак 77777777, обозначающий, что давления вентилятора недостаточно, расчет сети производится на наименьшее возможное давление, которое печатается в строке «Расчетное давление вентилятора». В том случае, когда удается подобрать вентилятор с близким давлением к наименьшему возможному (в пределах 5—7%), пересчет системы можно не производить.

В связи с тем, что в программу введены дискретные значения аэродинамических характеристик вентиляторов, в процессе машинного счета, как правило, получаются промежуточные значения, определяемые путем интерполяции, и их печать производится с точностью до сотых долей *кг/м*^{2}.

Пример. Требуется произвести расчет приточной вентиляционной системы 218005 (см. X.1), включающий определение сечений прямоугольных воздуховодов, выбор вентиляторов модели Ц4-70 и оптимизацию калориферов. Заполнение бланков приведено на листе X.1 и в табл. X.3. При задании исходной информации коэффициент запаса $З_L$ принимается равным единице, что сохраняет истинный расход на корневом участке, однако расчетный расход вентилятора задается с 10%-ным запасом. Распечатка исходной информации с отделенными кадрами приведена в табл. X.5, результаты расчета — в табл. X.6 и X.7.

Для определения рекомендуемого вентилятора находим в графе H давление, равное выбранному давлению вентилятора 39,60 *кг/м*^{2}. Таким образом, рекомендован вентилятор Ц4-70 № 6,3, $H_в = 43{,}56$ *кг/м*^{2} с промежуточным диаметром колеса, равным 105% от номинального; масса вентиляторного агрегата составляет 200 *кг*. В системе воздуховодов следует установить 6 диафрагм. Для подогрева воздуха рекомендуется группа из двух калориферов КФСО № 7, установленных в один ряд и соединенных последовательно по теплоносителю. Запас по теплопроизводительности в размере 9% приведет к перегреву воздуха до 21,84° С. Однако система регулирования сможет обеспечить расчетные параметры.

ОПТИМИЗАЦИЯ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ, ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ ЖИДКОСТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ «МИНСК-32»

Описание программы ОРГАС-4/32

Программа ОРГАС-4/32 предназначена для расчета трубопроводов систем теплоснабжения калориферов, некоторых горизонтальных отопительных систем, тепловых сетей, мазутопроводов, маслопроводов (со спутниками) и других трубопроводов, транспортирующих жидкости практически с постоянной вязкостью *.

Целью расчета является выбор диаметров участков, при которых обеспечивались бы наименьшие годовые затраты на строительство и эксплуатацию системы. При расчете систем теплоснабжения калориферов в пределах одного здания, подключенных к тепловым сетям, как правило, утрачивает смысл учет эксплуатационных расходов и задача оптимизации состоит в распределении падений давлений, обеспечивающих минимальные капиталовложения при заданной потере давления.

Программа позволяет рассчитывать также варианты, при которых диаметры некоторых участков или всей системы заданы.

В основу расчета положены следующие условия:

равенство потерь давления по ветвям обеспечивается как при помощи изменения диаметров, так и диафрагмами с центральным отверстием и приравнивается к наибольшему сопротивлению ветвей;

максимально допустимые скорости жидкости в трубопроводах ограничиваются в зависимости от их диаметра;

на одном участке допускается установка не более двух диафрагм диаметром не

* Программа разработана кандидатами техн. наук Р. Я. Цалем, Е. И. Чечиком и инж. Г. А Домбровской.

менее 5 *мм*; если этого недостаточно, печатается фраза «Установить вентили», которую, однако, рекомендуется расценивать как неудачное проектирование ветви в системе;

диафрагмы необходимо устанавливать толщиной не менее 3 *мм* в индивидуальных фланцах на расстоянии не менее 10 калибров одну от другой и обеспечивать их тщательную центровку;

программа позволяет учесть сопротивление емких нагревательных приборов в системе теплоснабжения калориферов, однако совмещение отопительной системы и калориферов в одной системе теплоснабжения нежелательно.

При расчете систем теплоснабжения калориферов в пределах одного здания необходимо задаваться потерей давления на регулирующих клапанах; для обоснования этой величины необходимо производить расчет условий регулирования всей системы, что представляется весьма трудоемким. Можно рекомендовать следующие сопротивления клапанов в зависимости от располагаемой потери давления на вводе:

Располагаемое давление на вводе . . .	30 000	20 000	15 000	10 000	7000	5000
Сопротивление клапана	12 000	10 000	7000	5000	3000	2000

Приведенные данные весьма ориентировочны и могут быть изменены для конкретных условий при соответствующем обосновании. При расчете наружных тепловых сетей также приходится задаваться необходимым располагаемым напором на вводе в здание, который рекомендуется принимать не менее 15 000 *кгс/м*^{2}.

Программа ОРГАС-4/32 позволяет рассчитывать сети горячего водоснабжения. Расчет производится в следующем порядке:

определяются диаметры трубопроводов и диафрагм, а также потери напора в подающем трубопроводе при максимальном водопотреблении;

расходы уменьшаются до 10—20 % в зависимости от теплового расчета сети и производится аналогичный расчет диаметров трубопроводов, диафрагм и потерь напора для циркуляционной сети (учитывать при этом сопротивление подающего трубопровода нет смысла, так как оно снижается в десятки раз).

Задание исходной информации

Задание на расчет выдается на специальном бланке (табл. X.8 и X.9). Нумерация участков не отличается от нумерации к комплексу КАМА-32 (см. стр. 303).

Исходная информация заносится в бланк в следующем порядке: шифр задачи (не более 7 цифр); число концевых участков r_1; общее число участков в системе r_2; ноль; различные признаки системы (при $s = 0$ рассматривается система в пределах одного здания, для которой допускается выбор диаметров трубопроводов меньше 25 *мм*; если же $s = 1$, рассматриваются наружные сети, для которых наименьшим принимается трубопровод диаметром 25 *мм* (табл. X.10).

Массив конфигурации записывается в порядке возрастания номеров сборных участков. Каждый сборный участок имеет два (тройник) или три (крестовина) исходных, соответственно записываемых в двух или трех правых колонках бланка. Порядок записи номеров исходных участков не имеет значения, однако число цифр в каждой колонке строго определено — в средней и правой колонке их четыре, в левой — две, поэтому недостающие цифры дополняются нулями (например, сборный участок входит в крестовину с исходными участками 3,17 и 26; их запись в бланк будет следующей: 0300170026, или 1700030026, или 2600170003; нули слева от первой значащей цифры могут быть опущены, поэтому для тройника с исходными участками 7 и 34 окончательная запись имеет вид: 70034 или 340007).

Далее записывают располагаемый напор на вводе либо в точке подключения к тепловым сетям H_c. Если производится технико-экономический расчет с выбором насоса, вместо располагаемого напора записываются напоры допускаемых к установке насосов (не более 13) с вычетом запаса, ячейки в бланке при этом можно дополнить от 5443 до 5457. Записываются к. п. д. $\eta_и$, соответствующие выбранным насосам; если имеется располагаемый напор, вместо к. п. д. следует записать 0,7.

Коэффициент кинематической вязкости ν. Для воды при средней температуре близкой к 120° С можно вводить признак 0, при этом машиной принимается $\nu = 0{,}25 \cdot 10^{-6}$ *м*^{2}*/с*; в остальных случаях ν выбирается в зависимости от температуры:

Таблица X.8. **Запись исходной информации**

0033	Граница ввода		Шифр задачи
	$+_{10}$	4	
5000		7	r_1
1		15	r_2
2		0	
3		0	$\begin{matrix}0\\1\end{matrix}$ $D_{min} = \begin{cases}15\\25\end{cases}$
4	2	0003	Конфигурация участков
5	1	0010	
6	4	0011	
7	5	0012	
5010	6	0007	
1	13	0014	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
5020			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
5030			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

5631	$+_{10}$	0	ν
2	$+_{10}$	0,0002	K
3	$+_{10}$	0	
4	$+_{10}$	1,5	R_{min}
5	$+_{10}$	28	R_{max}
6	$+_{10}$	0	
7	$+_{10}$	0	
5640	$+_{10}$	1	P
1	$+_{10}$	0,28	$(E + 1{,}56r)\,R$
2	$+_{10}$	0,0044	m
3	$+_{10}$	4200	n
4	$+_{10}$	10	T
5	$+_{10}$	1,1	z
6	$+_{10}$	975	γ
7	$+_{10}$	0,1	$H_{зад}$
5650	$+_{10}$	0,15	r
1	$+_{10}$	0,17	E
2	$+_{10}$	60	Δt

5443	$+_{10}$	10 000	H_c
4	$+_{10}$		

5460	$+_{10}$	0,7	$\eta_н$
1	$+_{10}$		

Таблица X.9. **Запись**

Номера участков	Тепловые нагрузки Q, *ккал/ч*			Длины l, *м*			Внутренние диаметры D, *м*	
1	5051	$+_{10}$	180 000	5133	$+_{10}$	78	5277	10
2	2	$+_{10}$	92 000	4	$+_{10}$	15	5300	10
3	3	$+_{10}$	92 000	5	$+_{10}$	14	1	10
4	4	$+_{10}$	105 000	6	$+_{10}$	24	2	10
5	5	$+_{10}$	105 000	7	$+_{10}$	24	3	10
6	6	$+_{10}$	57 000	5140	$+_{10}$	60	4	10
7	7	$+_{10}$	450 000	1	$+_{10}$	20	5	10
10	5060	$+_{10}$		2	$+_{10}$	24	6	10
11	1	$+_{10}$		3	$+_{10}$	35	7	10
12	2	$+_{10}$		4	$+_{10}$	40	5310	10
13	3	$+_{10}$		5	$+_{10}$	32	1	10
14	4	$+_{10}$		6	$+_{10}$	20	2	10
15	5	$+_{10}$		7	$+_{10}$	37	3	10
16	6	$+_{10}$		5150	10		4	10
17	7	$+_{10}$		1	10		5	10
20	5070	$+_{10}$		2	10		6	10
21	1	$+_{10}$		3	10		7	10
22	2	$+_{10}$		4	10		5320	10
23	3	$+_{10}$		5	10		1	10
24	4	$+_{10}$		6	10		2	10
25	5	$+_{10}$		7	10		3	10
26	6	$+_{10}$		5160	10		4	10
27	7	$+_{10}$		1	10		5	10
30	5100	$+_{10}$		2	10		6	10
31	1	$+_{10}$		3	10		7	10
32	2	$+_{10}$		4	10		5330	10
33	3	$+_{10}$		5	10		1	10
34	4	$+_{10}$		6	10		2	10
35	5	$+_{10}$		7	10		3	10
36	6	$+_{10}$		5170	10		4	10
37	7	$+_{10}$		1	10		5	10
40	5110	$+_{10}$		2	10		6	10
41	1	$+_{10}$		3	10		7	10
42	2	$+_{10}$		4	10		5340	10
43	3	$+_{10}$		5	10		1	10
44	4	$+_{10}$		6	10		2	10
45	5	$+_{10}$		7	10		3	10
46	6	$+_{10}$		5200	10		4	10
47	7	$+_{10}$		1	10		5	10
50	5120	$+_{10}$		2	10		6	10
51	1	$+_{10}$		3	10		7	10
52	2	$+_{10}$		4	10		5350	10
53	3	$+_{10}$		5	10		1	10
54	4	$+_{10}$		6	10		2	10
55	5	$+_{10}$		7	10		3	10
56	6	$+_{10}$		5210	10		4	10
57	7	$+_{10}$		1	10		5	10
60	5130	$+_{10}$		2	10		6	10
61	1	$+_{10}$		3	10		7	10
62	2	$+_{10}$		4	10		5360	10

Заданное сопротивление H, кгс/м²			Количество внезапных сужений и расширений		Количество отводов			Количество вентилей			Количество воздухосборников		
5361	$+_{10}$	820	6200	$+_{10}$	6262	$+_{10}$	12	6344	$+_{10}$	2	6426	$+_{10}$	2
2	$+_{10}$	760	1	$+_{10}$	3	$+_{10}$	4	5	$+_{10}$	0	7	$+_{10}$	
3	$+_{10}$	760	2	$+_{10}$	4	$+_{10}$	2	6	$+_{10}$	0	6430	$+_{10}$	
4	$+_{10}$	320	3	$+_{10}$	5	$+_{10}$	4	7	$+_{10}$	2	1	$+_{10}$	
5	$+_{10}$	320	4	$+_{10}$	6	$+_{10}$	4	6350	$+_{10}$	2	2	$+_{10}$	
6	$+_{10}$	1300	5	$+_{10}$	7	$+_{10}$	18	1	$+_{10}$	2	3	$+_{10}$	
7	$+_{10}$	5200	6	$+_{10}$	6270	$+_{10}$	2	2	$+_{10}$		4	$+_{10}$	
5370	$+_{10}$		7	$+_{10}$	1	$+_{10}$		3	$+_{10}$		5	$+_{10}$	
1	$+_{10}$		6210	$+_{10}$	2	$+_{10}$		4	$+_{10}$		6	$+_{10}$	
2	$+_{10}$		1	$+_{10}$	3	$+_{10}$		5	$+_{10}$		7	$+_{10}$	
3	$+_{10}$		2	$+_{10}$	4	$+_{10}$		6	$+_{10}$		6440	$+_{10}$	
4	$+_{10}$		3	$+_{10}$	5	$+_{10}$		7	$+_{10}$		1	$+_{10}$	
5	$+_{10}$		4	$+_{10}$	6	$+_{10}$		6360	$+_{10}$		2	$+_{10}$	
6	$+_{10}$		5	$+_{10}$	7	$+_{10}$		1	$+_{10}$		3	$+_{10}$	
7	$+_{10}$		6	$+_{10}$	6300	$+_{10}$		2	$+_{10}$		4	$+_{10}$	
5400	$+_{10}$		7	$+_{10}$	1	$+_{10}$		3	$+_{10}$		5	$+_{10}$	
1	$+_{10}$		6220	$+_{10}$	2	$+_{10}$		4	$+_{10}$		6	$+_{10}$	
2	$+_{10}$		1	$+_{10}$	3	$+_{10}$		5	$+_{10}$		7	$+_{10}$	
3	$+_{10}$		2	$+_{10}$	4	$+_{10}$		6	$+_{10}$		5450	$+_{10}$	
4	$+_{10}$		3	$+_{10}$	5	$+_{10}$		7	$+_{10}$		1	$+_{10}$	
5	$+_{10}$		4	$+_{10}$	6	$+_{10}$		6370	$+_{10}$		2	$+_{10}$	
6	$+_{10}$		5	$+_{10}$	7	$+_{10}$		1	$+_{10}$		3	$+_{10}$	
7	$+_{10}$		6	$+_{10}$	6310	$+_{10}$		2	$+_{10}$		4	$+_{10}$	
5410	$+_{10}$		7	$+_{10}$	1	$+_{10}$		3	$+_{10}$		5	$+_{10}$	
1	$+_{10}$		6230	$+_{10}$	2	$+_{10}$		4	$+_{10}$		6	$+_{10}$	
2	$+_{10}$		1	$+_{10}$	3	$+_{10}$		5	$+_{10}$		7	$+_{10}$	
3	$+_{10}$		2	$+_{10}$	4	$+_{10}$		6	$+_{10}$		5460	$+_{10}$	
4	$+_{10}$		3	$+_{10}$	5	$+_{10}$		7	$+_{10}$		1	$+_{10}$	
5	$+_{10}$		4	$+_{10}$	6	$+_{10}$		6400	$+_{10}$		2	$+_{10}$	
6	$+_{10}$		5	$+_{10}$	7	$+_{10}$		1	$+_{10}$		3	$+_{10}$	
7	$+_{10}$		6	$+_{10}$	6320	$+_{10}$		2	$+_{10}$		4	$+_{10}$	
5420	$+_{10}$		7	$+_{10}$	1	$+_{10}$		3	$+_{10}$		5	$+_{10}$	
1	$+_{10}$		6240	$+_{10}$	2	$+_{10}$		4	$+_{10}$		6	$+_{10}$	
2	$+_{10}$		1	$+_{10}$	3	$+_{10}$		5	$+_{10}$		7	$+_{10}$	
3	$+_{10}$		2	$+_{10}$	4	$+_{10}$		6	$+_{10}$		6470	$+_{10}$	
4	$+_{10}$		3	$+_{10}$	5	$+_{10}$		7	$+_{10}$		1	$+_{10}$	
5	$+_{10}$		4	$+_{10}$	6	$+_{10}$		6410	$+_{10}$		2	$+_{10}$	
6	$+_{10}$		5	$+_{10}$	7	$+_{10}$		1	$+_{10}$		3	$+_{10}$	
7	$+_{10}$		6	$+_{10}$	6330	$+_{10}$		2	$+_{10}$		4	$+_{10}$	
5430	$+_{10}$		7	$+_{10}$	1	$+_{10}$		3	$+_{10}$		5	$+_{10}$	
1	$+_{10}$		6250	$+_{10}$	2	$+_{10}$		4	$+_{10}$		6	$+_{10}$	
2	$+_{10}$		1	$+_{10}$	3	$+_{10}$		5	$+_{10}$		7	$+_{10}$	
3	$+_{10}$		2	$+_{10}$	4	$+_{10}$		6	$+_{10}$		6500	$+_{10}$	
4	$+_{10}$		3	$+_{10}$	5	$+_{10}$		7	$+_{10}$		1	$+_{10}$	
5	$+_{10}$		4	$+_{10}$	6	$+_{10}$		6420	$+_{10}$		2	$+_{10}$	
6	$+_{10}$		5	$+_{10}$	7	$+_{10}$		1	$+_{10}$		3	$+_{10}$	
7	$+_{10}$		6	$+_{10}$	5340	$+_{10}$		2	$+_{10}$		4	$+_{10}$	
5440	$+_{10}$		7	$+_{10}$	1	$+_{10}$		3	$+_{10}$		5	$+_{10}$	
1	$+_{10}$		6260	$+_{10}$	2	$+_{10}$		4	$+_{10}$		6	$+_{10}$	
2	$+_{10}$		1	$+_{10}$	3	$+_{10}$		5	$+_{10}$		7	$+_{10}$	

Граница ввода

Таблица X.10. **Диаметры трубопроводов, принятых в программе**

Системы внутри здания $H \leqslant 10$ *ати* (признак $s = 0$)			Наружные сети при $T_п \leqslant 300°$ С $H \leqslant 16$ *ати* (признак $s = 1$)		
$D_у$, ($D_и \times \delta$), *мм*	$D_{вн}$	Обоснование	$D_у$, ($D_н \times \delta$), *мм*	$D_{вн}$, *м*	Обоснование
15	0,0164	ЧМТУ УкрНИТИ 576—64	25 (32×2)	0,027	ГОСТ 3262-62
20	0,0222		32 (38×2)	0,036	
25	0,0273		40 (45×2)	0,041	
32	0,0362		50 (57×3)	0,051	
40	0,0421		70 (76×3)	0,068	
50	0,0538		80 (89×3)	0,0805	
70 (76×3)	0,07	ГОСТ 10704-63*	100 (108×4)	0,1	ГОСТ 8732-70
80 (89×3)	0,083		125 (133×4)	0,125	
100 (108×4)	0,1	ГОСТ 8732-70*	150 (159×4,5)	0,15	
125 (133×4)	0,125		200 (219×6)	0,207	ГОСТ 10704-63
150 (159×4,5)	0,15		250 (273×7)	0,259	
200 (219×6)	0,207	ГОСТ 10704-63*	300 (325×7)	0,311	
250 (273×7)	0,259		350 (377×9)	0,359	ГОСТ 8732-70
300 (325×7)	0,311		400 (426×7)	0,412	
350 (377×9)	0,359	ГОСТ 8732-70*	500 (530×7)	0,516	ГОСТ 10704-63
400 (426×7)	0,412	ГОСТ 10704-63*	600 (630×7)	0,616	
500 (530×7)	0,516		800 (820×8)	0,804	
600 (630×7)	0,616		1000 (1020×9)	1,0	
800 (820×8)	0,804		(1020×10)		
1000 (1020×9)	1,00		1200 (1220×9)	1,2	
1200 (1220×12)	1,2		(1220×12)		

Температура Т, °С ...70	80	90	100	110
Коэффициент	$0{,}415 \cdot 10^{-6}$	$0{,}385 \cdot 10^{-6}$	$0{,}326 \cdot 10^{-6}$	$0{,}295 \cdot 10^{-6}$	$0{,}272 \cdot 10^{-6}$
Температура Т, °С 120	130	140	150
Коэффициент . . . . .0,252 · 10^{-6}	$0{,}233 \cdot 10^{-6}$	$0{,}217 \cdot 10^{-6}$	$0{,}203 \cdot 10^{-6}$

Коэффициент абсолютной шероховатости для трубопроводов K внутри здания принимается 0,0002 *м*, для тепловых сетей — 0,0005 *м*.

В следующую строку записывается ноль.

Минимальное значение потерь давления на единицу длины трубопровода рекомендуется принимать $R_{min} = 1{,}5 \div 3$ *кгс/м²* · *м*; максимальное для внутриплощадочных сетей (признак $s = 1$) рекомендуется принимать $R_{max} = 30$ *кгс/м²* · *м* (СНИП II-Г.7—62). Для внутрицеховых систем (признак $s = 0$) вместо R_{max} в программе предусмотрены максимальные допустимые скорости жидкости, зависящие от диаметров и лежащие в пределах 0,66—2,8 *м/с*; в этом случае можно задавать $R_{max}=0$.

Далее записывают ноль и ноль.

Коэффициент P определяет стоимость 1 *м* трубопровода условного диаметра. Для 1-го района принимается $P = 1$, для прочих районов P равно частному от деления стоимости 1 трубопровода диаметром 100 *мм* для данного района на стоимость аналогичного трубопровода для 1-го района (табл. X.11).

Далее записываются коэффициент $(E + 1{,}56\ r)\ R$, стоимость 1 *квт/ч* электроэнергии m, число часов работы установки в год n, стоимость 1 *ква* установленной мощности T *.

В бланк вносится коэффициент запаса на мощность насосной установки z. При расчете внутриплощадочных систем теплоснабжения, присоединенных к тепловым сетям, расчетное давление, как правило, диктуется давлением в сети. В этом случае рекомендуется принимать значения, приведенные в примере расчета (см. табл. X.9).

Далее записывают: объемный вес жидкости γ в *кг/м³*; заданное сопротивление в системе, общее для всех ее ветвей, т. е. располагаемое давление на вводах в здания $H_{зад}$ в *кгс/м²*; коэффициент годовых амортизационных отчислений r; равный 0,1—0,2; коэффициент относительной эффективности капиталовложений E, принимаемый равным 0,14 ÷ 0,2; расчетный перепад температуры теплоносителя Δt. Расход воды в системе определяется путем деления тепловой нагрузки на расчетный перепад и на 1000, поэтому для расчета трубопроводов холодной воды достаточно задать ее расход в *м³/ч* и принять расчетный перепад равным 1° С. Для сокращения расхода в 10—20 раз при расчете циркуляционной линии горячего водоснабжения достаточно увеличить перепад температур в 10—20 раз, не изменяя тепловую нагрузку.

Далее для каждого участка системы записывается следующая информация:

тепловые нагрузки Q для концевых участков в *ккал/ч* (значения Q для сборных участков определяются машиной);

длины подающих и обратных трубопроводов в *м* (при расчете горячего водоснабжения записывается длина только подающего либо только циркуляционного трубопровода);

заданные внутренние диаметры участков в *м* (см. табл. X.10);

заданное сопротивление на участках в *кгс/м²*.

Для систем теплоснабжения в пределах одного здания заданное сопротивление, как правило, должно включать сопротивление регулирующего клапана и калориферных групп с обвязкой; если же сопротивление обвязки неизвестно, ее длину и местные сопротивления можно включить в данный расчет, определив таким образом и диаметр обвязки. Для наружных сетей заданное сопротивление должно включать требуемый напор на вводах, принимаемый согласно рекомендациям на стр. 320.

Далее записывают: количество внезапных расширений и внезапных сужений (в отдельных случаях, если параллельно к системе теплоснабжения присоединены горизонтальные приточные системы отопления, в данную графу записывается число последовательно подключенных радиаторов); число отводов на подающем и обратном трубопроводах рассматриваемого участка; количество вентилей или задвижек, установленных последовательно на рассматриваемом участке (вентили принимаются при $D \leqslant 50$ *мм*, задвижки — при $D > 50$ *мм*); количество воздухосборников, установленных на участке.

---

* Рекомендации по выбору этих четырех величин даны к комплексу КАМА-32 (см. стр. 306).

Таблица X.11. Стоимость изоляции трубопроводов,

Наименование показателей	Единица измерения	Ра					
		1	2	3	4	5	6
Изоляция трубопроводов:							
строительным войлоком	$м^3$	110					
минераловатным войлоком	»	18,1	18,5	17,9		18,1	
минераловатными матами с обкладками из металлических сеток	»	56	61	54,8		55,3	
минераловатными матами с обкладкой из гофрированного картона и крафт-бумаги	»	36,8	38	35,7	36		36,3
Нагревательные приборы:							
радиаторы чугунные М-140 для строек, расположенных в одном городе с заводом-изготовителем	*экм*	5,18	5,95		5,18		5,95
то же, для строек, расположенных в разных городах с заводом-изготовителем	»	5,29	6,06		5,29		6,06
Трубы отопительные чугунные ребристые	»	5,04					
Коэффициент стоимости трубопроводов		1					

При необходимости на алфавитно-печатающее устройство машины могут быть с целью проверки выданы исходные данные. Их печать производится в следующем порядке: номер системы; значение r_1 и ноль; значение признака s; нулевой массив из 8 чисел; массив нагрузок в $м^3/ч$; массив длин в $м$; массив заданных диаметров в $м$; массивы количества внезапных расширений и сужений, отводов, вентилей и задвижек, воздухосборников; нулевой массив (соответственно числу участков); коэффициент кинематической вязкости в $м/сек^2$; коэффициент шероховатости в $м$; ноль; минимальная и максимальная удельные потери давления в $кгс/м^2 \cdot м$; два нуля; коэффициенты стоимости трубопроводов и $(E + 1{,}56r)\ R$; стоимость 1 *квт/ч* электроэнергии в руб., число часов работы системы в год; стоимость 1 *ква* установленной мощности в руб., коэффициент запаса; объемная масса, в $кг/м^3$; заданное сопротивление в системе в $кгс/м^2$; коэффициенты амортизационных отчислений и относительной эффективности капиталовложений; расчетный перепад температур в °С.

Результаты расчета

Результаты расчета выводятся машиной на АЦПУ в виде таблицы и их расшифровка не требуется (табл. X.12). В случае, если заданный напор оказался недостаточным, печатается минимальный требуемый напор. Количество диафрагм указывается первой цифрой в последней графе, следующее за ней — их диаметр. В четвертой графе на печать выводятся внутренние диаметры трубопроводов, условные диаметры следует определить по табл. X.10.

Падение давления по участкам и ветвям приведено без учета сопротивления диафрагм.

Пример. Схема рассчитываемой системы приведена на листе X.2, рис. 4, задание на расчет — в табл. X.8 и X.9, результаты расчета — в табл. X.12.

Полученные потери напора по ветвям характерны для системы при отсутствии диафрагм, после их установки потери напора по каждой ветви будут равны 9167 $кгс/м^2$.

нагревательных приборов и коэффициент стоимости трубопроводов

йоны												
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
113	111		110	113	116		117	113		118	121	113
20,3	19,0		19,4	20,7	22,3		19,9	22,3	26,8	22	19,9	19,5
59,1	56,7	55,7	58,7	60	66	67	57,9	64	75	59,3	57,9	57,8
39,6	37,4	36,6	31,3	40,3	36	36,4	38,5	43,9	53,9	41,8	38,4	
6,1	6,05		5,95	6,05			6,1		7,09	6,31	6,1	6,05
6,24	6,19		6,06	6,19			6,24		7,24	6,47	6,24	6,19
5,22	5,31		5,26	4,98	5,26		5,44	5,6	5,8	5,26	5,41	5,46
1,12	1,11		1	1,11	1,16	11,1	1,12	1,14	1,21	1,22	1,12	1,11

ОПТИМИЗАЦИЯ ОДНОТРУБНЫХ ТУПИКОВЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Описание программы ОРГАС-23/32

Программа ОРГАС-23/32 предназначена для оптимизации однотрубных тупиковых систем водяного отопления с емкими нагревательными приборами и следующими вариантами стояков *:

со смещенными замыкающими участками и кранами двойной регулировки;

с центральными замыкающими участками и кранами двойной регулировки;

проточные без регулирующей арматуры;

проточные с замыкающими участками и трехходовыми кранами.

Схема разводки магистралей может быть как верхней, так и нижней. Трубопроводы приняты водогазопроводные (ГОСТ 3262-62) до диаметра 50 *мм* и бесшовные (ГОСТ 8732—70*) — для диаметров свыше 50 *мм*.

Программа допускает расчет системы до 16 этажей, до 8 тупиков и 16 стояков в каждом тупике. При этом число приборов в каждом тупике не должно превосходить 256. Задачей расчета является определение таких конструктивных элементов системы (диаметров трубопроводов и теплоотдающих поверхностей), которые обеспечили бы индустриальность ее монтажа и качественную эксплуатацию при наименьшей металлоемкости.

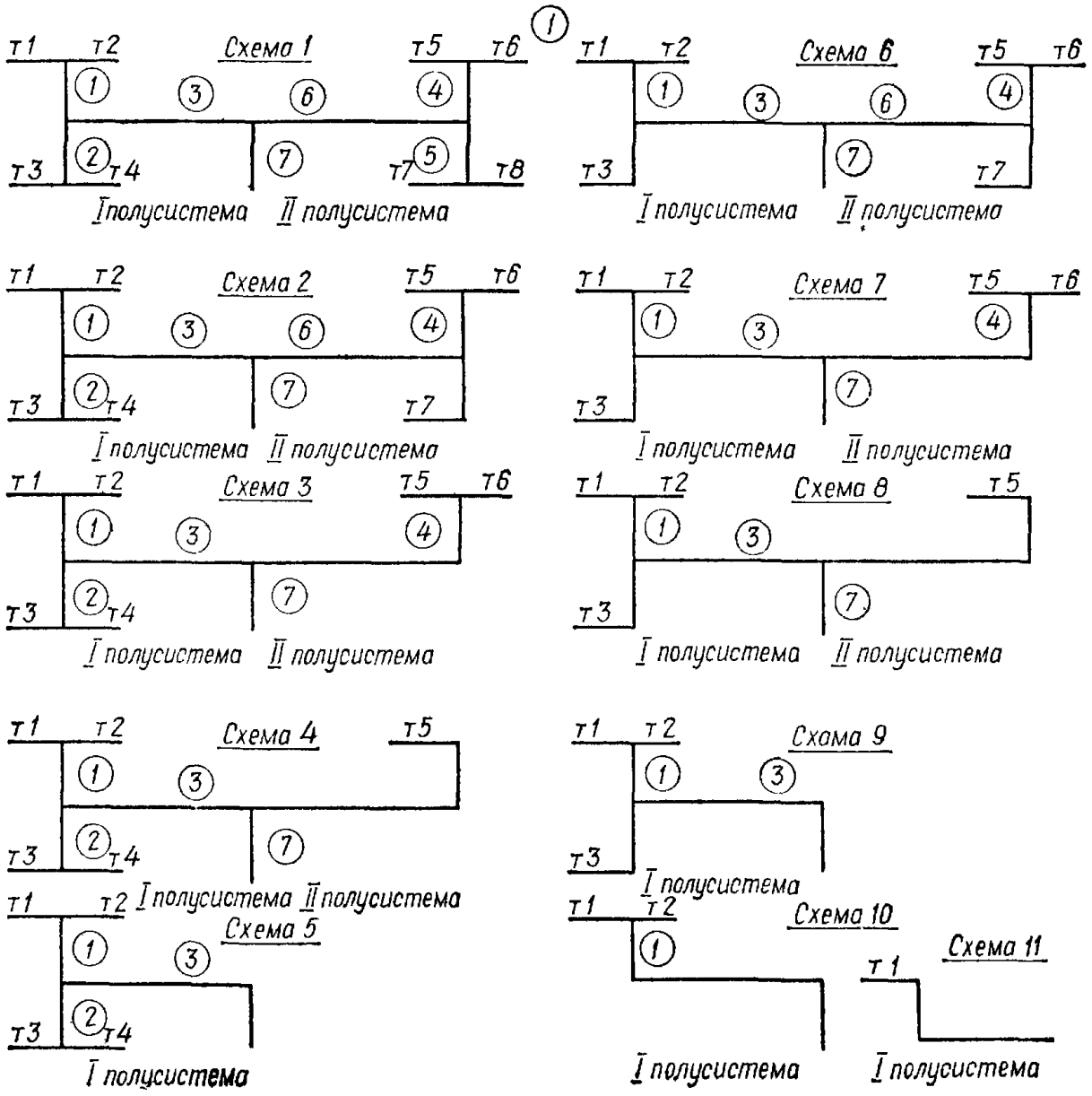
В процессе разработки алгоритма основное внимание уделялось вопросам унификации монтажных работ, в связи с чем расчет обеспечивает выбор стояков типовых схем с однотипными радиаторами узлами без каких-либо сжимов и шайб.

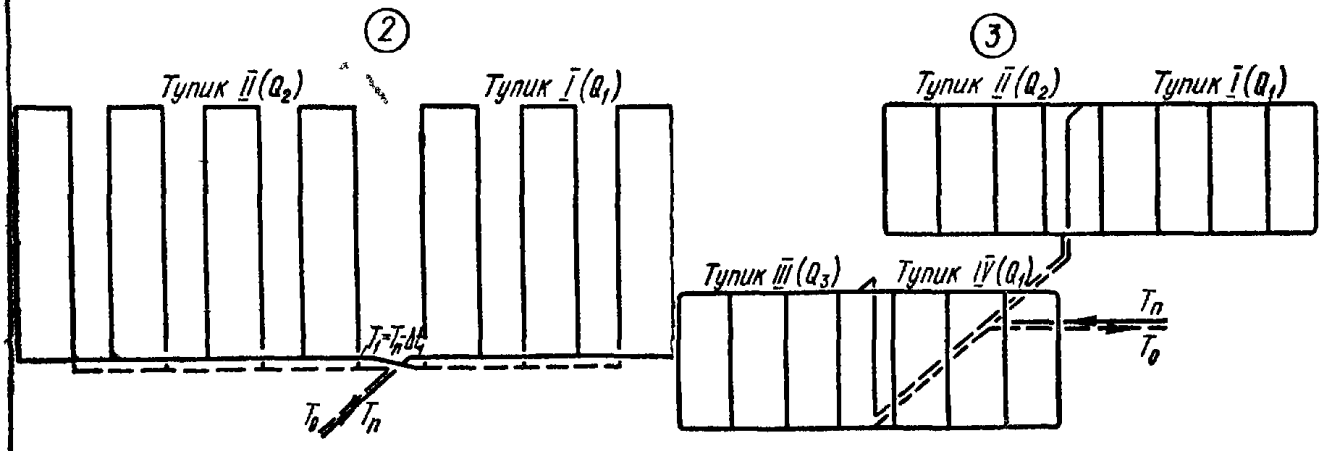
Программа предусматривает тщательный анализ гравитационного напора, возникающего в стояках, учет полезной теплоотдачи стояков и подводок, а также проверку минимальных допустимых расходов в П-образных стояках.

В процессе эксплуатации программы ОРГАС-23/32 было выявлено, что значительное влияние на расход теплоносителя по стоякам оказывает возникающий в них гравитационный напор, и в том случае, когда наложено жесткое ограничение на расхождение температурных перепадов по стоякам, возникают ситуации, при которых система не имеет ни одного приемлемого варианта решения.

---

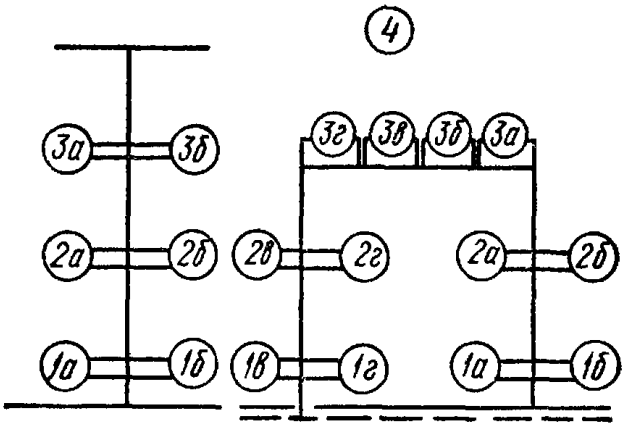
* Программа разработана инж. Маргулисом Э. Я., канд. техн. наук Чечиком Е. И., Цалем Р. Я. и Ривелисом И. Я.

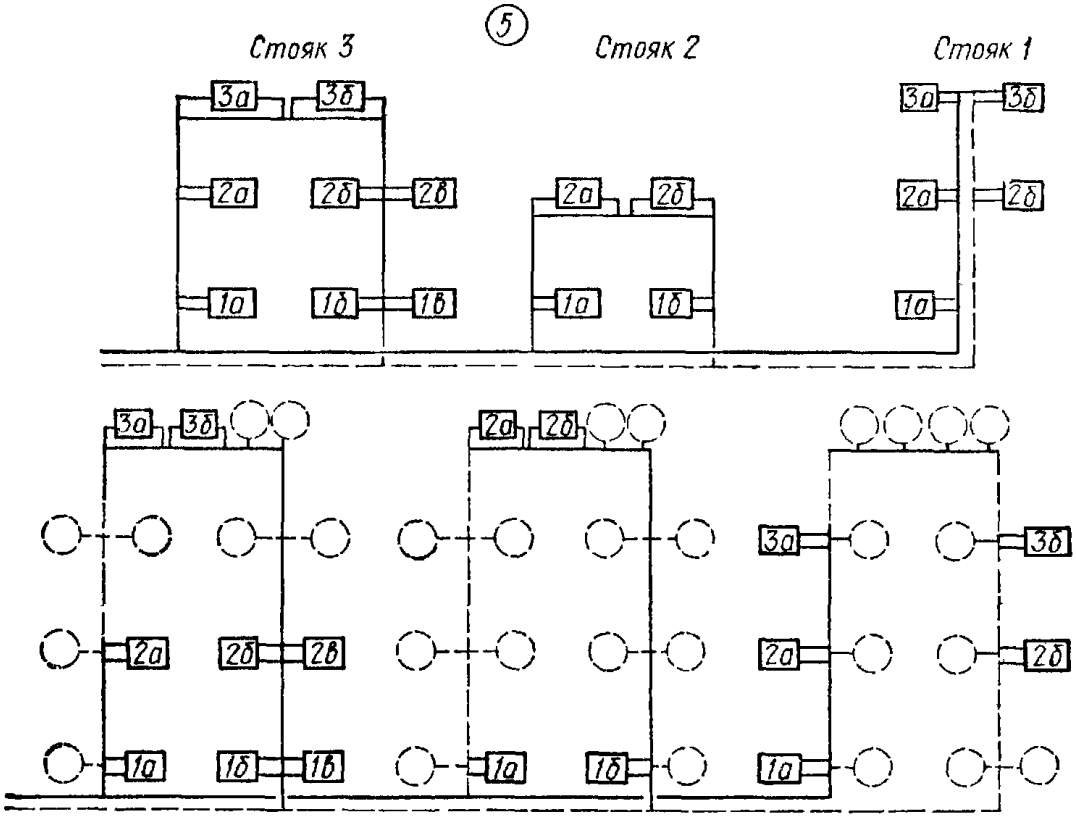

Схема 1
Т1 Т2 Т5 Т6
Т3 Т4 Т7 Т8
I полусистема II полусистема
Схема 6
Схема 2
Схема 7
Схема 3
Схема 8
Схема 4
Т5
Схема 9
Схема 5
Схема 10
Схема 11
Т1
Т2
Т3
I полусистема
II полусистема


2
Тупик II (Q2)
Тупик I (Q1)
T1=Tп-Δt4
Tо
Tп
3
Тупик II (Q2)
Тупик I (Q1)
Тупик III (Q3)
Тупик IV (Q4)
Tп
Tо

Лист Х.3. Расчет одиотрубных тупиковых систем отопления:

1 — нумерацня участков, связывающих тупики, *2* и *3* — последовательиая схема подключения тупиков, *4* — мнемосхема стояков системы отопленияя; *5* — схемы тупика системы отопления.





Анализ расчетов позволил обосновать следующие рекомендации по конструированию систем:

тупиковым системам отопления следует, как правило, отдавать предпочтение перед попутными;

подключение стояков лестничных клеток следует производить по предвключенной схеме;

необходимо соизмерять длину тупика с его средней нагрузкой; так для 5-этажных общественных и промышленных зданий без увеличенной остекленности при перепаде температур 95—70 °С и параллельном подключении тупиков длину тупика желательно принимать не свыше 30—35 *м*, для здания высотой в 9 этажей и выше длину можно увеличить до 60 *м*;

как правило, следует стремиться к максимальной нагрузке стояков, особенно при повышении расчетного температурного перепада в системе, однако не исключен и вариант «перегрузки», особенно при последовательной схеме подключения тупиков;

при недостаточной нагрузке системы, удлиненных тупиках либо повышенных расчетных перепадах температур теплоносителя рекомендуется использовать последовательную схему подключения тупиков, приведенную на листе Х.3., рис. 2 и 3.

Таблица X.12. **Результаты расчета**

Номер участков	Расчетный расход L, $м^3/ч$	Длина, $м$	Диаметр D, $м$	Скорость V, $м/с$	Падение давления H, $кгс/м^2$		Количество, шт., и диаметр диафрагмы, $м$
					по участкам	по ветвям	
0001	3,07	78,00	0,0362	0,8296	3932,39	9167,00	
0002	1,57	15,00	0,0273	0,7456	1367,53	7331,41	
0003	1,57	13,99	0,0273	0,7456	1295,50	7259,38	
0004	1,79	24,00	0,0273	0,8509	2147,20	5511,65	+1 0,0112
0005	1,79	24,00	0,0273	0,8509	2147,20	4528,25	+1 0,0102
0006	0,9743	60,00	0,0222	0,6985	4532,88	6313,59	+1 0,0081
0007	7,69	20,00	0,0538	0,9390	5714,52	7495,22	+1 0,0258
0010	3,14	24,00	0,0362	0,8481	729,26		+1 0,0161
0011	6,22	35,00	0,0421	1,24	1870,15		
0012	8,01	40,00	0,0538	0,9787	983,40		
0013	9,81	32,00	0,0538	0,19	1174,09		
0014	8,66	20,00	0,0538	0,05	573,74		
0015	18,47	37,00	0,0699	0,33	1206,96		

Диаметр D, $м$	Поверхность F, $м^2$	Длина, L, $м$
0,0222	5,31	60,00
0,0273	8,05	76,99
0,0362	13,52	101,99
0,0421	5,28	35,00
0,0538	21,04	111,99
0,0699	8,83	37,00

Давление насоса 10000,00 $кгс/м^2$

Температурный перепад в n-ом тупике, подключенном по последовательной схеме определяется по формуле

$$\Delta t_n = Q_n \frac{\Delta T}{\Sigma Q},$$

где Q_n — тепловая нагрузка на тупик;
ΣQ — то же, на систему;
ΔT — расчетный перепад температур в системе.

Рекомендуется при последовательной схеме подключения первоначально подавать теплоноситель в более нагруженные тупики.

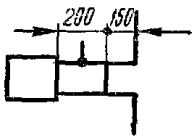
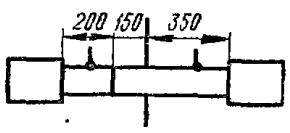
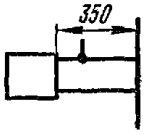
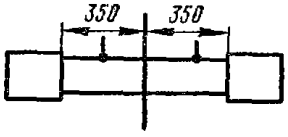
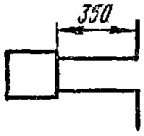
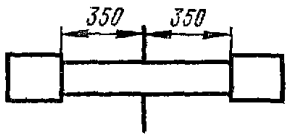
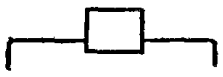
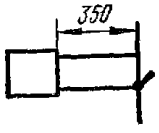
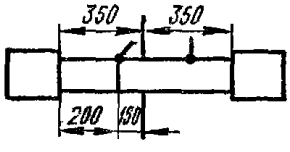
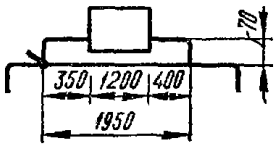
В участках, связывающих тупики, машина допускает отступление от условия «телескопичности», при котором диаметр последующего участка не может быть меньше диаметра предыдущего.

Задание исходной информации

Оформление задания на расчет состоит в вычерчивании схемы системы, нумерации тупиков, участков, связывающих тупики, и стояков, в нанесении тепловых нагрузок на приборы, указании температур внутреннего воздуха, числа отводов, длин стояков и магистралей (в сумме по подающей и обратной магистралям).

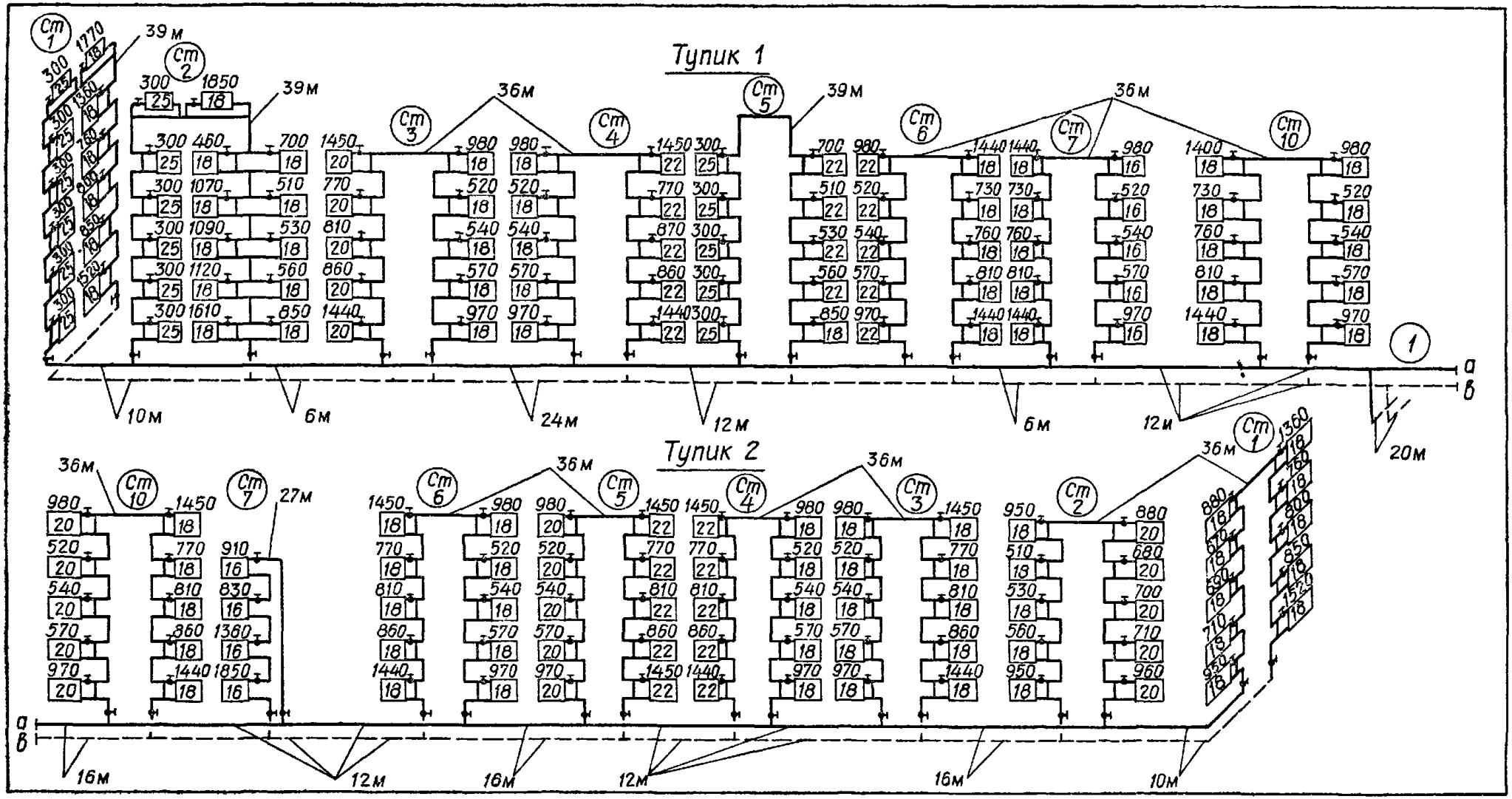
Тупики нумеруются в десятичной системе счисления и в произвольном порядке, стояки — в восьмеричной системе счисления (отсутствуют числа 8 и 9) индивидуально для каждого тупика, начиная с наиболее отдаленного стояка. На каждом стояке рядом с его действительным номером записывается машинный (лист Х.3, рис. 1).

Таблица Х.13. **Шифры схем подключения нагревательных приборов**

Шифр схемы	Подключение		
	одностороннее	двустороннее	«снизу — вниз»
1			
2			—
3			
4			

При определении длин стояков и количества отводов следует учесть, что все отводы и длины подводок, указанные в конструкциях радиаторных узлов в табл. Х.13, программа учитывает автоматически и записывать их в задании не следует. Для универсальности задания информации разработана мнемосхема стояков (лист Х.3, рис. 4). Как следует из мнемосхемы, (на верхнем этаже П-образных систем всегда предусматривается подключение нагревательных приборов по схеме «снизу — вниз».

Наличие нулевой нагрузки на каком-либо приборе означает отсутствие этого прибора. Например, на подъемном стояке П-образной системы, как известно, возможно только одностороннее подключение, поэтому приборы *1а* и *2а* или *1б* и *2б* будут записываться всегда с нулевой нагрузкой.



Лист Х.4. Схема однотрубной системы отопления.

Таблица X.14. **Характеристика системы (форма 1)**

Служебная информация		Величина	Единица измерения	Наименование	Пояснения
Граница ввода					
0046/	+	56	*руб/м*³	Стоимость изоляции	Принимается по табл X. 11
	+	0,04	*м*	Толщина изоляции	Задается в пределах 0,03—0,04 *м*. Предполагается изоляция подающего трубопровода и главного стояка
	+	60	°С	Минимальная допустимая температура $T_{обр}$	Определяется условиями размещения нагревательных приборов. Задается на 5—12° С ниже температуры обратной воды
	+	1100	*кг/м*²	Располагаемый напор	Задается максимальная возможная потеря давления в системе
	+	95	°С	Температура $T_{под}$	Задается температура теплоносителя в подающей магистрали на вводе системы
	+	25	°С	Перепад температур	Задается перепад температур теплоносителя на вводе системы.
	+	3	*м*	Средняя высота этажа	Определяется как частное от деления высоты здания на число этажей
	+	1	—	—	—
	+	5,29	*руб/экм*	Стоимость нагревательных приборов	Принимается по табл. X 11
	+	0,35	*экм*	Поверхность теплоотдачи одной секции	Выбирается из альбома оборудования «Нагревательные приборы» А6-54 (1972 г)
	+	0,299	*м*²		
	+	1	—	Коэффициент стоимости трубопроводов	Принимается по табл. X. 11 в зависимости от района строительства
	+	1	—	Коэффициент на способ установки приборов	Выбирается по табл. 12—17. «Справочника проектировщика» ч. 1 (1969 г.)
		2	шт.	Количество тупиков в первой полусистеме	Наибольшее число тупиков может быть равно 4
		0	шт.	Тоже, во второй	При отсутствии 2-й полусистемы записывают ноль
	(8)	1	шт	Признак коиструкции системы	0 — система с верхней разводкой, 1 — система с П -образными стояками
		1	—	Номер тупика с максимальной нагрузкой	Задается номер тупика, в котором частное от деления нагрузки на число стояьов является наибольшим

Таблица X.15. **Характеристика общих магистральных участков (форма 2)**

Служебная информация		Номера магистральных участков 1	2	3	4	5	6	7	Единица измерения	Наименование	Пояснения
0022/	+	40							*м*	Длина магистральных участков, связывающих тупики, в сумме по подающей и обратной магистралям	При отсутствии какого-либо магистрального участка записывается нуль
0031/	(8)	2							шт.	Количество отводов на магистральных участках в сумме по подающей и обратной магистралям в восьмеричной системе счисления	То же
		Граница ввода									

Таблица X. 16. **Характеристика тупика № 1 (форма 3)**

Служебная информация	Величина	Единица измерения	Наименование	Пояснения
Граница ввода				
10 076/	6	шт.	Количество этажей	Задается максимальное число этажей в тупике, включая фиктивные, в восьмеричной системе
+8	10	»	Количество стояков	Задается в восьмеричной системе и проверяется общее число приборов по табл. X. 20. Число стояков не должно превосходить 20
	1			Подводки с утками
	∅	»	Наличие уток	Подводки без уток (ненужное зачеркнуть)

Служебная информация	Номера стояков (машинные/действительные)																Единица измерения	Наименование	Пояснение
	1/	2/	3/	4/	5/	6/	7/	10/	11/	12/	13/	14/	15/	16/	17/	20/			
10 101/	1	1	1	1	1	1	1	1									—	Шифры схем подключения нагревательных приборов в каждом стояке	См. табл.X.13
10 121/	0	0	0	0	4												шт.	Количество отводов на стояках в восьмеричной системе кроме отводов, имеющихся в схемах подключения	При отсутствии записывается ноль
10 141/	2																шт.	Количество отводов на участках разводок перед стояками в восьмеричной системе	То же
10 161/	$+_{10}$ 39	39	36	36	36	36	36										*м*	Длины стояков	При отсутствии стояков запись длины не производится
10 201/	$+_{10}$ 10	16	24	12	12	16	12										*м*	Длины разводящих магистралей перед стояками в сумме по подающей и обратной разводкам	То же

Таблица X.17. **Нагрузка на приборы и температура воздуха в помещениях (форма 4)**

Служебная информация	Левый прибор		Правый прибор		Номер стояка (карандашом)
	Нагрузка, *ккал/ч*	Температура °С	Нагрузка, *ккал/ч*	Температура °С	
10 221/	+ 300	+ 25	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	Ст. 1
	+ 1770	+ 18	+ 0	0	
	+ 1360	+ 18	+ 0	0	
	+ 760	+ 18	+ 0	0	
	+ 800	+ 18	+ 0	0	
	+ 850	+ 18	+ 0	0	
	+ 1520	+ 18	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	
	+ 1850	+ 18	+ 0	0	Ст. 2
	+ 460	+ 18	+ 700	+ 18	
	+ 1070	+ 18	+ 510	+ 18	
	+ 1090	+ 18	+ 530	+ 18	
	+ 1120	+ 18	+ 560	+ 18	
	+ 1610	+ 18	+ 850	+ 18	
	+ 1440	+ 20	+ 0	0	
	+ 860	+ 20	+ 0	0	
	+ 810	+ 20	+ 0	0	
	+ 770	+ 20	+ 0	0	Ст. 3
	+ 1450	+ 20	+ 0	0	
	+ 0	+ 0	+ 0	0	
	+ 0	+ 0	+ 0	0	
	+ 980	+ 18	+ 0	0	
	+ 920	+ 18	+ 0	0	
	+ 540	+ 18	+ 0	0	
	+ 570	+ 18	+ 0	0	
	+ 970	+ 18	+ 0	0	
	+ 970	+ 18	+ 0	0	
	+ 570	+ 18	+ 0	0	
	+ 540	+ 18	+ 0	0	
	+ 520	+ 18	+ 0	0	
	+ 980	+ 18	+ 0	0	Ст. 4
	+ 0	+ 0	+ 0	0	
	+ 0	+ 0	+ 0	0	
	+ 1450	+ 22	+ 0	0	
	+ 770	+ 22	+ 0	0	
	+ 810	+ 22	+ 0	0	
	+ 860	+ 22	+ 0	0	
	+ 1440	+ 22	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	
	+ 300	+ 25	+ 0	0	

Продолжение табл. X.17

Служебная информация	Левый прибор				Правый прибор				Номер стояка (карандашом)
	Нагрузка, *ккал/ч*		Температура °С		Нагрузка, *ккал/ч*		Температура °С		
	+	300	+	25	+	0		0	
	+	300	+	25	+	0		0	
	+	0		0	+	0		0	
	+	0		0	+	0		0	
	+	700	+	22	+	0		0	Ст. 5
	+	510	+	22	+	0		0	
	+	530	+	22	+	0		0	
	+	560	+	22	+	0		0	
	+	850	+	18	+	0		0	
	+	970	+	22	+	0		0	
	+	570	+	22	+	0		0	
	+	540	+	22	+	0		0	
	+	520	+	22	+	0		0	
	+	980	+	22	+	0		0	
	+	0		0	+	0		0	Ст. 6
	+	0		0	+	0		0	
	+	1400	+	18	+	0		0	
	+	730	+	18	+	0		0	
	+	760	+	18	+	0		0	
	+	810	+	18	+	0		0	
	+	1440	+	18	+	0		0	
	+	1440	+	18	+	0		0	
	+	810	+	18	+	0		0	
	+	760	+	18	+	0		0	
	+	730	+	18	+	0		0	
	+	1400	+	18	+	0		0	
	+	0		0		0		0	
	+	0		0	+	0		0	Ст. 7
	+	980	+	16	+	0		0	
	+	520	+	16	+	0		0	
	+	540	+	16	+	0		0	
	+	570	+	16	+	0		0	
	+	970	+	16	+	0		0	
	+	1440	+	18	+	0		0	
	+	810	+	18	+	0		0	
	+	760	+	18	+	0		0	
	+	730	+	18	+	0		0	
	+	1400	+	18	+	0		0	
	+	0		0	+	0		0	
	+	0		0	+	0		0	Ст. 10
	+	980	+	18	+	0		0	
	+	520	+	18	+	0		0	
	+	540	+	18	+	0		0	
	+	570	+	18	+	0		0	
	+	970	+	18	+	0		0	

Граница ввода

Примечание. При использовании формы для продолженія записи зачеркнуть цифру 10 221 в графе «Служебная информацня». После всех нагрузок записать «Граница ввода».

При задании исходных данных этажность принимается общей для всех стояков каждого тупика.

В то же время может встретиться часть стояков с меньшим числом этажей, у других на верхнем этаже приборы будут подключены не по схеме «снизу — вниз», а по схемам «снизу — вверх» или «сверху — вниз». Во всех подобных случаях стояки приводятся к типовой мнемосхеме, как правило, путем добавления фиктивного этажа или фиктивной вставки.

На листе Х.3, рис. 5 приведена действительная и преобразованная схема 3-этажного тупика. Фиктивные вставки, этажи и приборы нанесены пунктиром. На верхнем этаже первого стояка установлены приборы по схеме «снизу — вверх» и «сверху — вниз», что соответствует только нижним этажам, в связи с этим к первому стояку добавлен фиктивный четвертый этаж. Второй стояк имеет лишь два этажа, однако верхние приборы подключены по схеме «снизу — вниз», поэтому оба прибора «подняты» на 4-й этаж и сделана фиктивная вставка на 2-м и 3-м этаже.

Третий стояк не претерпел бы изменений, если бы в первом стояке не потребовалось добавить этаж. Для сохранения схемы верхние приборы *3а* и *3б* подняты на 4-й этаж, а 3-й этаж снабжен фиктивной вставкой.

Задание исходной информации производится на специальных бланках, имеющих 4 формы.

Первая форма является общей для всей системы, 2, 3 и 4-я заполняются для каждого тупика отдельно.

Все необходимые пояснения по заполнению первых трех форм включены в бланки. При заполнении 4-й формы следует учитывать, что в случае односторонней подводки записываются данные только для левого прибора, а на место правого заносятся нули. При двусторонней подводке в качестве левого принимается прибор, в сторону которого смещен замыкающий участок. Знак при температуре воздуха определяет наличие (плюс) или отсутствие (минус) стояка в помещении, отапливаемом рассматриваемым прибором. При скрытой прокладке стояков записывается знак «минус».

После заполнения бланки нумеруются и передаются для перфорации.

В табл. Х.14—Х.19 приводятся формы бланков с контрольным примером, представляющим расчет системы из 2 тупиков (лист Х.4).

Результаты расчета

Перед счетом каждой задачи программа ОРГАС-23/32 производит печать исходных данных. Признаком наиболее часто встречающейся ошибки — сдвига, является печать числа 077777777. Печать исходных данных производится в нормализованном виде, т. е. печатается знак числа, мантисса из 7 цифр, знак порядка, порядок из двух цифр. Примеры чтения нормализованных чисел:

$+2999999 + 02 = 30$; $+1250000 + 00 = 0{,}125$;

$-9312000 + 01 = -9{,}312$; $-1230000 - 02 = -0{,}00123$.

Порядок распечатки исходных данных легко проследить на контрольном примере (табл. Х.21).

Печать результатов также целесообразно рассмотреть на примере расчета (табл. Х.22).

При разработке программы сознательно допущена возможность нарушения «телескопичности» для магистралей — связок и участков-разводок к последнему стояку каждого тупика, при котором диаметр последующего участка может оказаться меньше диаметра предыдущего.

Расшифровка кодов радиаторных узлов производится при помощи табл. Х.23—Х.26.

В некоторых случаях машина печатает не расчетный, а действительный расход теплоносителя в системе соответствующей полученной в процессе расчета разности температур. Изредка в объемах работ печатается арматура, которая в системе не предусмотрена; при этом ее не следует включать в спецификацию. Также встречаются случаи безостановочной работы машины (зацикливания). Как правило, происходит это при недостатке располагаемого давления на систему; при его повышении зацикливание исчезает.

В результате расчета печатаются следующие величины, общие для всей системы:

W — стоимость материалов и монтажа системы в руб.;

Таблица X.18. **Характеристика тупика № 2 (форма 3)**

Служебная информация: Граница ввода		Величина	Единица измерения	Наименование	Пояснения
10 076/	$+_8$	5	шт.	Количество этажей	Задается максимальное число этажей в тупике, включая фиктивные, в восьмеричной системе
		10	»	Количество стояков	Задается в восьмеричной системе и проверяется общее число приборов по табл. X. 20. Число не должно превосходить 20
		1	»	Наличие уток	Подводки с утками
		∅			Подводки без уток (ненужное зачеркнуть)

Служебная информация	Номера стояков (машинные/действительные) 1/	2/	3/	4/	5/	6/	7/	10/	11/	12/	13/	14/	15/	16/	17/	20/	Единица измерения	Наименование	Пояснения
10 101/	1	1	1	1	1	1	3	1									—	Шифры схем подключения нагревательных приборов в каждом стояке	См. табл. X. 13
10 121/																	шт.	Количество отводов на стояках в восьмеричной системе, кроме отводов имеющихся в схемах подключения	При отсутствии записывается ноль
10 141/	2																»	Количество отводов на участках разводок перед стояками в восьмеричной системе	То же
10 161/	$+_{10}$ 36	36	36	36	36	36	27	36									*м*	Длины стояков	При отсутствии стояков запись длины не производится
10 201/	$+_{10}$ 10	16	12	12	16	12	12	16									*м*	Длины разводящих магистралей перед стояками в сумме по подающей и обратной разводкам	То же

Таблица X. 19. **Нагрузка на приборы и температура воздуха в помещениях (форма 4 для тупика 2)**

Служебная информация	Левый прибор		Правый прибор		Номер стояка (карандашом)
	Нагрузка, *ккал/ч*	Температура °С	Нагрузка, *ккал/ч*	Температура °С	
10 221/	+ 950	+ 18	+ 0	0	
	+ 710	+ 18	+ 0	0	
	+ 690	+ 18	+ 0	0	
	+ 670	+ 18	+ 0	0	
	+ 880	+ 18	+ 0	0	Ст. 1
	+ 1360	+ 18	+ 0	0	
	+ 760	+ 18	+ 0	0	
	+ 800	+ 18	+ 0	0	
	+ 850	+ 18	+ 0	0	
	+ 1520	+ 18	+ 0	0	
	+ 960	+ 20	+ 0	0	
	+ 710	+ 20	+ 0	0	
	+ 700	+ 20	+ 0	0	
	+ 680	+ 20	+ 0	0	
	+ 880	+ 20	+ 0	0	Ст. 2
	+ 950	+ 18	+ 0	0	
	+ 510	+ 18	+ 0	0	
	+ 530	+ 18	+ 0	0	
	+ 560	+ 18	+ 0	0	
	+ 950	+ 18	+ 0	0	
	+ 970	+ 18	+ 0	0	
	+ 570	+ 18	+ 0	0	
	+ 540	+ 18	+ 0	0	
	+ 520	+ 18	+ 0	0	
	+ 980	+ 18	+ 0	0	
	+ 1450	+ 18	+ 0	0	Ст. 3
	+ 770	+ 18	+ 0	0	
	+ 810	+ 18	+ 0	0	
	+ 860	+ 18	+ 0	0	
	+ 1440	+ 18	+ 0	0	
	+ 970	+ 18	+ 0	0	
	+ 570	+ 18	+ 0	0	
	+ 540	+ 18	+ 0	0	
	+ 520	+ 18	+ 0	0	
	+ 980	+ 18	+ 0	0	Ст. 4
	+ 1450	+ 22	+ 0	0	
	+ 770	+ 22	+ 0	0	
	+ 810	+ 22	+ 0	0	
	+ 860	+ 22	+ 0	0	
	+ 1440	+ 22	+ 0	0	
	+ 970	+ 20	+ 0	0	
	+ 570	+ 20	+ 0	0	
	+ 540	+ 20	+ 0	0	
	+ 520	+ 20	+ 0	0	
	+ 980	+ 20	+ 0	0	
	+ 1450	+ 22	+ 0	0	Ст. 5
	+ 770	+ 22	+ 0	0	
	+ 810	+ 22	+ 0	0	
	+ 860	+ 22	+ 0	0	
	+ 1450	+ 22	+ 0	0	
	+ 970	+ 18	+ 0	0	

Продолжение табл. X. 19.

Служебная информация	Левый прибор				Правый прибор				Номер стояка (карандашом)
	Нагрузка, *ккал/ч*		Температура °С		Нагрузка, *ккал/ч*		Температура °С		
	+	570	+	18	+	0		0	
	+	540	+	18	+	0		0	
	+	520	+	18	+	0		0	
	+	980	+	18	+	0		0	
	+	1450	+	18	+	0		0	
	+	770	+	18	+	0		0	Ст. 6
	+	810	+	18	+	0		0	
	+	860	+	18	+	0		0	
	+	1440	+	18	+	0		0	
	+	0		0	+	0		0	
	+	0		0	+	0		0	
	+	0		0	+	0		0	
	+	0		0	+	0		0	
	+	0		0	+	0		0	Ст. 7
	+	0		0	+	0		0	
	+	310	+	16	+	0		0	
	+	830	+	16	+	0		0	
	+	1360	+	16	+	0		0	
	+	1850	+	16	+	0		0	
	+	970	+	20	+	0		0	
	+	570	+	20	+	0		0	
	+	540	+	20	+	0		0	
	+	520	+	20	+	0		0	Ст. 10
	+	980	+	20	+	0		0	
	+	1450	+	18	+	0		0	
	+	770	+	18	+	0		0	
	+	810	+	18	+	0		0	
	+	880	+	18	+	0		0	
	+	1440	+	18	+	0		0	
					Граница ввода				

Примечание. При использовании формы для продолжения записи зачеркнуть цифру 10 221 в графе «Служебная информация». После всех нагрузок записать «Граница ввода».

S — удельная гидравлическая характеристика в $\frac{кгс/м^2}{(кг/ч)^2}$;

Q — тепловая нагрузка в *ккал/ч*;

G — расход теплоносителя в *кг/ч* (в некоторых случаях печатается не расчетный расход теплоносителя, а действительный, равный $\frac{Q}{\Delta t}$);

H — потеря давления в *кгс/м²*;

Δt — действительный температурный перепад в ° С;

$\{D\}_м$ — диаметры магистральных участков, соединяющих тупики, в *мм*.

Затем печатаются эти же данные ($W, S, Q, G, H, \Delta t$) для рассматриваемого тупика. После этого печатаются: $\{k\}_t$ — типы радиаторных узлов по стоякам (см. табл. X.23—X.26);

$\{D\}_t$ — диаметры магистральных участков перед стояками в *мм*;

$\{\Delta t\}_t$ — температурные перепады в стояках в ° С;

$\{n\}_t$ — номера стояков и количество секций в приборах (рассматривается в порядке, аналогичном записи тепловых нагрузок и температур внутреннего воздуха).

Таблица X. 20. **Число приборов в тупике**

Число стояков	Число этажей															
	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	15	16	17	20
1	2/4	4/8	6/12	8/16	10/20	12/24	14/28	16/32	18/36	20/40	22/44	24/48	26/52	28/56	30/60	32/64
2	4/8	8/16	12/24	16/32	20/40	24/48	28/56	32/64	36/72	40/80	44/88	48/86	52/104	56/112	60/120	64/128
3	6/12	12/24	18/36	24/48	30/60	36/72	42/84	48/56	54/108	60/120	66/132	72/144	78/156	84/168	90/180	96/192
4	8/16	16/32	24/48	32/64	40/80	48/96	56/112	64/128	72/144	80/160	88/176	96/208	104/208	112/224	120/240	128/256
5	10/20	20/40	30/60	40/80	50/100	60/120	70/140	80/160	90/180	100/200	110/220	120/240	130	140	150	160
6	12/24	24/48	36/72	48/96	60/120	72/144	84/168	96/192	108/216	120/240	132	144	156	168	180	194
7	14/28	28/56	42/84	56/112	70/140	84/168	98/196	112/224	126/252	140	154	168	182	196	210	224
10	16/32	32/64	48/96	64/128	80/160	96/192	112/224	128/256	144	160	176	192	208	224	240	256

11	18/36	36/72	54/108	72/144	90/180	108/216	126	144	162	180	198	216	234	252	
12	20/40	40/80	60/120	80/160	100/200	120/240	140	160	180	200	220	240			
13	22/44	44/88	66/132	88/176	110/220	132	154	176	198	220	242				
14	24/48	48/96	72/144	96/192	120/240	144	168	192	216	240					
15	26/52	52/104	78/156	104/208	130	156	182	208	234						
16	28/56	56/112	84/168	112/224	140	168	196	224	252						
17	30/60	60/120	90/180	120/240	150	180	210	240							
20	32/64	64/128	96/192	128/256	160	194	124	256							

Количество приборов в схеме как с верхней так и с нижней разводкой в этой части превосходит 256.

Примечания. 1 Число этажей и стояков дано в восьмеричной системе, число приборов — в десятичной.
2. В числителе — система с верхней разводкой, в знаменателе — П-образная система.

Таблица X.21. **Печать исходных данных (программа ОРГАС = 23/32)**

	Характеристика системы		Характеристика общих магистральных участков		
БПМ	+000000056	+00000 299	+000000040	+000000000000	
БПМ	+000000 04	+000000001	+000000000	+000000000000	
БПМ	+000000060	+000000001	+000000000	+000000000000	
БПМ	+000001100		+000000000	+000000000000	
БПМ	+000000095		+000000000	+000000000000	
БПМ	+000000025	+000000000002	+000000000	+000000000000	Тупик 1
БПМ	+000000003	+000000000000	+000000000	+000000000006	
БПМ	+000000001	+000000000001		+000000000010	
БПМ	+000000 29	+000000000001		+000000000001	
БПМ	+000000 35		+000000000002		
	Шифры схем	Количество отводов на стояках	Количество отводов на разводках	Длины стояков	
БПМ					
БПМ	+000000000001	+000000000000	+000000000002	+000000039	
БПМ	+000000000001	+000000000000	+000000000000	+000000039	
БПМ	+000000000001	+000000000000	+000000000000	+000000039	
БПМ	+000000000001	+000000000000	+000000000000	+000000036	
БПМ	+000000000001	+000000000004	+000000000000	+000000039	
БПМ	+000000000001	+000000000000	+000000000000	+000000036	
БПМ	+000000000001	+000000000000	+000000000000	+000000036	
БПМ	+000000000001	+000000000000	+000000000000	+000000036	
БПМ					
	Длины разводок	Стояк 1			
БПМ			+000000000	+000000000	
БПМ	+000000010		+000000000	+000000000	
БПМ	+000000006	+000000000001			
БПМ	+000000024	+000000300 Q	+000000300	+000000300	
БПМ	+000000012	+000000025 Δt	+000000025	+000000025	

Продолжение табл. X.21

БПМ	+000000012	+000000000	+000000000	+000000000
БПМ	+000000006	+000000000	+000000000	+000000000
БПМ	+000000012			
БПМ	+000000012	+000000300	+000000300	+000000300
БПМ		+000000025	+000000025	+000000025
БПМ	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
БПМ	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
БПМ				Стояк 2
БПМ	+000001770	+000000760	+000000850	+000000000002
БПМ	+000000018	+000000018	+000000018	+000000300
БПМ	+000000000	+000000000	+000000000	+000000025
БПМ	+000000000	+000000000	+000000000	+000000000
БПМ				
БПМ	+000001360	+000000800	+000001520	
БПМ	+000000018	+000000018	+000000018	+000000030

Примечание. Здесь приведен фрагмент листа.

Таблица X.22. **Результаты расчета (программа ОРГАС = 23/32)**

				Диаметры магистральных участков
БПМ	+2726238 + 04 *W*		Ходы радиаторных узлов	+2499999 + 02
БПМ	+3573298 — 04 *s*	Тупик 1	+000000000004	+2499999 + 02
БПМ	+1351699 + 06 *Q* = 135170 *ккал/ч*	+1393979 + 04*W*	+000000000005	+3199999 + 02
БПМ	+5511947 + 04 *G* = 5512 *кгс/ч*	+1120083 —03 *s*	+000000000003	+3199999 + 02
БПМ		+6964000 + 05 *Q*	+000000000003	+4999999 + 02
БПМ	+1085623 + 04 *H* = 1086 *кгс/м²*	+2865118 + 04*G*	+000000000001	+4999999 + 02
БПМ			+000000000002	+4999999 + 02
БПМ	+2452309 + 02 Δ*t* = 24,52° С	+9194652 + 03*H*	+000000000002	+3999999 + 02
БПМ			+000000000002	Разность температур на стояке
БПМ	+6999999 + 02 *D* = 70 *мм*	+2430615 + 02Δ*t*		+2360630 + 02

Продолжение табл. X.22

БПМ	+ 2727658 + 02	+ 2999999 + 01 $n = 3$ секции	+ 0000000 + 00	
БПМ	+ 2678903 + 02	+ 0000000 + 00		+ 7999999 + 01 $n = 8$
БПМ	+ 2349171 + 02		+ 2999999 + 01	+ 0000000 + 00
БПМ	+ 2275294 + 02	+ 2999999 + 01 $n = 3$	+ 0000000 + 00	
БПМ	+ 2357564 + 02	+ 0000000 + 00		+ 3999999 + 01
БПМ	+ 2331194 + 02		+ 2999999 + 01	+ 0000000 + 00
БПМ	+ 2269788 + 02	+ 2999999 + 01	+ 0000000 + 00	
БПМ	Стояк 1	+ 0000000 + 00		+ 4999999 + 01 $n = 5$
БПМ	+ 000000000001		+ 1099999 + 02 $n = 11$	+ 0000000 + 00
БПМ		+ 2999999 + 01	+ 0000000 + 00	
БПМ	+ 4666666 + 01 $n = 5$	+ 0000000 + 00		+ 2999999 + 01
БПМ	+ 0000000 + 00		+ 2999999 + 01	+ 3999999 + 01
БПМ		+ 2999999 + 01	+ 0000000 + 00	
БПМ	+ 1199999 + 02 $n = 12$	+ 0000000 + 00		+ 5999999 + 01
БПМ	+ 0000000 + 00		+ 2999999 + 01	+ 2999999 + 01
БПМ		+ 2999999 + 01	+ 0000000 + 00	
БПМ	Стояк 2	+ 0000000 + 00		+ 6999999 + 01
БПМ	+ 000000000002		+ 1199999 + 02	+ 2999999 + 01
БПМ		+ 2999999 + 01	+ 0000000 + 00	+ 7999999 + 01
БПМ	+ 2999999 + 01 $n = 3$	+ 0000000 + 00		
			Спецификация материалов	
БПМ	+ 0000000 + 00			+ 1999999 + 02 4 секции = = 20 шт.
БПМ		+ 5999999 + 01		+ 2499999 + 02 5 секций = = 25 шт.
БПМ	+ 5999999 + 01	+ 0000000 + 00		+ 1999999 + 02 6
БПМ	+ 0000000 + 00			+ 1199999 + 02 7
БПМ		+ 6999999 + 01		+ 2999999 + 01 8
БПМ	+ 10999999 + 02	+ 0000000 + 00	+ 3195500 + 03 ΣF *экм*	+ 4999999 + 01 9
БПМ	+ 00000000 + 00		+ 2729869 + 03 ΣF $м^2$	+ 3999999 + 01 10
БПМ		+ 1599999 + 02	Выборка приборов	+ 6999999 + 01 11
БПМ	+ 49999999 + 01	+ 0000000 + 00	+ 0000000 + 00 2 секции	+ 3999999 + 01 12
БПМ	+ 00000000 + 00		+ 5599999 + 02 3 » = = 56 шт.	+ 1999999 + 01 13

БПМ	+ 99999999 + 00 14 секций = = 1 шт.	+ 00000000 + 00	+ 1999999 + 01 } 2 вентиля	+ 1124999 + 03 ∅ 25
БПМ	+ 19999999 + 01 15 секций = = 1 шт.	+ 00000000 + 00	+ 3999999 + 02 } ∅ 40	+ 8800000 + 02 ∅ 32
БПМ	+ 19999999 + 01 16 секций = = 1 шт.	+ 00000000 + 00		+ 1200000 + 02 ∅ 40
БПМ	+ 00000000 + 00	+ 0000000 + 00	+ 1999999 + 01 } 2 вентиля	+ 5800000 + 02 ∅ 50
БПМ	+ 00000000 + 00	+ 0000000 + 00	+ 4999999 + 02 } ∅ 50	+ 4000000 + 02 ∅ 70
БПМ	+ 00000000 + 00	+ 0000000 + 00		+ 0000000 + 00 ∅ 80
БПМ	+ 00000000 + 00	+ 0000000 + 00	Длины трубопроводов	+ 0000000 + 00 ∅ 100
БПМ	+ 00000000 + 00			+ 0000000 + 00 ∅ 125
БПМ	+ 00000000 + 00		+ 2113000 + 03 ∅ 15 l = = 211,3 м	+ 0000000 + 00
БПМ	+ 00000000 + 00		+ 4778999 + 03 ∅ 20 l = = 477,9 м	+ 0000000 + 00

БПМ	+ 0000000 + 00	Количество трехходовых кранов	Количество вентилей на стояках
БПМ		+ 0000000 + 00 ∅ 15	+ 0000000 + 00 ∅ 15
БПМ	+ 1363860 + 01 $V_{из}$	+ 0000000 + 00 ∅ 20	+ 0000000 + 00 ∅ 20
БПМ	+ 4919684 + 02 $F_{из}$	+ 0000000 + 00 ∅ 25	+ 0000000 + 00 ∅ 25
БПМ	+ 9967390 + 02 $F_{тр}$	+ 0000000 + 00 ∅ 32	+ 0000000 + 00 ∅ 32
БПМ	Количество кранов двойной регулировки	Количество пробочных кранов	
БПМ	+ 4599999 + 02 ∅ 15 n = 46 шт.	+ 5999999 + 01 ∅ 15	
БПМ	+ 1129999 + 03 ∅ 20 n = 113 шт.	+ 2199999 + 02 ∅ 20	
БПМ	+ 0000000 + 00 ∅ 25	+ 3999999 + 01 ∅ 25	
БПМ	+ 0000000 + 00 ∅ 32	+ 0000000 + 00 ∅ 32	

Примечание. Лист результатов расчета приведен в сокращенном виде.

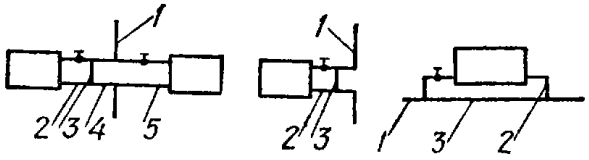
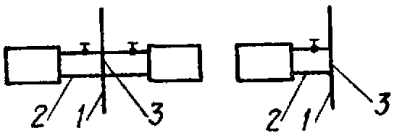


Таблица X. 23. **Коды радиаторных узлов к схеме 1**

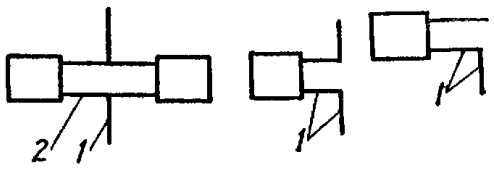
Тип узла и подключения	Номер участка				
	1	2	3	4	5
1			15		
2	20	15		20	15
3	20		15	20	
4, схема «снизу — вниз» односторонняя	25	20	15	25	15
То же, двусторонняя	25	15	20	25	15
5	25	20		25	20
6, схема «снизу — вниз» односторонняя	32	25	25		20
То же, двусторонняя	32	20	25		20

Таблица X. 24.
Коды радиаторных узлов к схеме 2



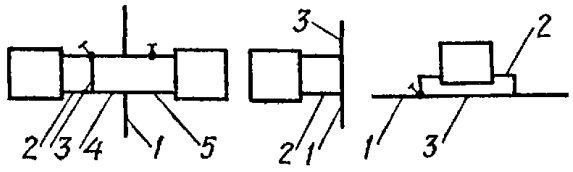
Тип узла	Номер участков		
	1	2	3
1	15	20	15
2	20		15
3	20		15
4	25	20	20
5	25	20	20
6	32	20	25

Таблица X. 25.
Коды радиаторных узлов к схеме 3



Тип узла	Номер участка	
	1	2
1	15	
2	20	15
3	20	
4	25	20
5	25	
6	32	25

Таблица X. 26. **Коды радиаторных узлов к схеме 4**

Эскиз	Тип узла	Участки 1—5
	1	15
	2 и 3	20

Аналогичные массивы печатаются для каждого тупика. Далее печатается спецификация материалов:

$\Sigma F_{экм}$, $\Sigma F м^2$ — поверхность теплоотдачи приборов в *экм* и в $м^2$;

$\{m\}$ — выборка числа приборов, собранных из различного числа секций (от 2 до 30; значения при числе секций свыше 30 может отличаться от действительного и нуждается в обязательной проверке);

$\{n, D_y\}$ — количество и условные диаметры задвижек или вентилей установленных на тупиках, в шт. и *мм*;

$\{l\}_d$ — выборка длин трубопроводов по диаметрам в *м*;

$v_{из}$ — объем материала, необходимого для изоляции (изолируются только горячие магистральные трубы), в $м^3$ (величина $v_{из}$ нуждается в проверке);

$F_{из}$ — поверхность изоляции в $м^2$;

$F_{тр}$ — поверхность трубопроводов в $м^2$;

p_2 — количество кранов двойной регулировки диаметром $d_y = 15$; 20, 25 и 32 *мм*;

p_3 — количество трехходовых кранов диаметром $d_y = 15$; 20; 25 и 32 *мм*;

p_4 — количество пробочных кранов, установленных на стояках диаметром $d_y = 15$, 20; 25 и 32 *мм*.

p_5 — количество вентилей, установленных на стояках диаметром $d_y = 15$; 20; 25 и 32 *мм* (вентили устанавливаются на горячей ветке стояков в системах с теплоносителем более 100° С), в остальных случаях на падающей и обратной ветвях устанавливаются пробочные краны.

ОГЛАВЛЕНИЕ

VII. Вентиляция

Общие сведения 3
Выбор систем вентиляции (3). Конструктивные указания по устройству систем вентиляции (22).
Расчет систем вентиляции 27
Расчетные данные (27). Определение количества вентиляционного воздуха (36). Расчет воздуховодов (60). *I* — d-диаграмма влажного воздуха (102).
Детали устройств, оборудование и его подбор 105
Решетки и клапаны (105). Дефлекторы (106). Фильтры (117). Калориферы (120). Вентиляторы (134).

VIII. Кондиционирование воздуха

Общие сведения о системах кондиционирования воздуха 156
Центральные системы кондиционирования воздуха 157
Центральные однозональные прямоточные системы (157). Центральные однозональные системы, работающие с рециркуляцией (159). Центральные многозональные одноканальные системы, прямоточные и работающие с рециркуляцией (161). Центральные многозональные двухканальные системы (163).
Производительность систем кондиционирования воздуха 165
Типовые центральные кондиционеры типа Кт 167
Основные особенности (167). Камеры орошения (168). Воздухоохладители поверхностные (177). Типовые секции подогрева (189). Фильтры воздушные (194). Вентиляторные агрегаты (195). Клапаны воздушные (195). Камеры обслуживания, воздушные, выравнивания и приточные (197). Компоновка и размещение кондиционеров типа Кт (198).
Неавтономные кондиционеры 203
Воздухоохлаждающие неавтономные агрегаты 208
Автономные кондиционеры и установки круглогодового кондиционирования воздуха 209
Местное увлажнение и осушение воздуха 212
Центральные водовоздушные системы кондиционирования воздуха . . 214
Общие сведения (214). Четырехтрубная система с эжекционными кондиционерами-доводчиками (217).
Теплоснабжение воздухонагревателей систем кондиционирования воздуха 226
Холодоснабжение систем кондиционирования воздуха 229
Источники холода и принципиальные схемы холодоснабжения (229). Холодильные станции (232). Брызгальные бассейны и градирни (241).

IX. Автоматизация систем теплосиабжения, вентиляции и кондиционирования

Общие сведения 246
Приборы для измерения, сигнализации и регулирования технологических параметров 248

Приборы для измерения и регулирования температуры (248). Приборы для измерения и регулирования давления, разрежения и расхода (254). Счетчики для холодной и горячей воды (257). Приборы для измерения, сигнализации и регулирования уровня (257). Приборы для измерения, сигнализации и регулирования относительной влажности воздуха (261). Регулирующие органы и исполнительные механизмы (261).

Автоматизация тепловых пунктов, абонентских вводов тепловых сетей и систем горячего водоснабжения 267

Функции и аппаратура систем автоматизации (267). Схемы автоматизации тепловых пунктов водяных тепловых сетей и систем горячего водоснабжения (274).

Автоматизация отопительных котельных 280

Автоматика АГК-2 и АГК-2П газифицированных отопительных водогрейных и паровых котлов (280). Пневмо-механическая автоматика ПМА водогрейных котлов (282).

Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха . . . 288

Функции систем автоматизации (288). Схемы автоматизации систем вентиляции и кондиционирования воздуха (289).

X. Расчет систем теплоснабжения и вентиляции с использованием ЭВМ

Общие положения 297

Оптимизация вентиляционного комплекса с использованием ЭВМ «Минск-32» 301

Описание программы КАМА-32 (301). Задание исходной информации (303). Результаты расчета (312).

Оптимизация напорных трубопроводов, транспортирующих жидкости с использованием ЭВМ «Минск-32» 319

Описание программы ОРГАС-4/32 (319). Задание исходной информации (320). Результаты расчета (326).

Оптимизация однотрубных тупиковых систем водяного отопления . . 327

Описание программы ОРГАС-23/32 (327). Задание исходной информации (331). Результаты расчета (338).

Ростислав Владимирович Щекин, Сергей Михайлович Кореневский,
Георгий Евгеньевич Бем, Федор Исидорович Скороходько,
Ефим Исаакович Чечик, Георгий Дмитриевич Соболевский,
Владимир Александрович Мельник,
Ольга Сергеевна Кореневская

Справочник по теплоснабжению и вентиляции

КНИГА ВТОРАЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Редактор К. В. Бергер, Г. П. Бойко
Художественный редактор Н. С. Величко
Технический редактор С. Г. Герасимова
Корректоры Г. Н. Ляховская, Н. А. Сухаренко

БФ 08383. Сдано в набор 5.XI.1975 г. Подписано к печати 27.V. 1976 г. Формат бумаги 60×90¹/₁₆. Бумага типографская № 3. Объем: 22 физ. печ. л., 22 усл. печ. л., 29,99 уч.-изд. л. Тираж 75 000. Зак. 5—2815. Цена 1 руб. 74 коп.

Издательство «Будівельник», Киев, Владимирская, 24.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, г. Киев, ул. Довженко, 3.