

Введение

В течение установленного времени предстоит ознакомиться со следующими разделами дисциплины «Теплогасоснабжение и вентиляция» (ТГВ): теплотехника (приводится только определение), строительная теплофизика, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, теплоснабжение, тепловые сети и источники тепловой энергии.

Известно, что здания и сооружения строятся для обеспечения в них условий, необходимых для творческой и производственной деятельности и отдыха людей, выполнения технологических процессов, размещения и хранения оборудования, материалов, сырья, готовой продукции.

Поддержание заданных параметров воздуха в помещении в любое время года является сложной задачей, при решении которой необходимо учитывать климатические данные района строительства, назначение и режим работы, объемно-планировочные и конструктивные особенности здания. Эта задача решается в основном с помощью систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Следует отметить следующие особенности в РФ.

Во-первых, большая часть территории России в современных границах относится к Северной строительно-климатической зоне, охватывающей первый климатический район, который характеризуется суровой и длительной зимой, обуславливающей максимальную теплозащиту зданий и сооружений от продувания сильными ветрами и повышенной относительной влажности наружного воздуха особенно в приморских районах, большой продолжительностью отопительного периода, низкими значениями средней температуры воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 и 0,98 и за отопительный период при средней суточной температуре наружного воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$.

Во-вторых, в стране произошли крупные изменения в размещении производства топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и их теплопотребителей. Большая часть районов добычи ТЭР расположена в азиатской части, тогда как большая часть населения проживает в европейской части территории РФ.

Кстати, в дореволюционной России 87% угля добывалось в Донском бассейне.

К концу XX в. в современной России добывалось около 18% топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), население составляло не более 3 %, а удельный расход ТЭР составлял больше почти в 3 раза, чем в развитых странах. Значительный удельный расход ТЭР можно объяснить суровостью климата.

В-третьих, плотность населения в России почти в 20 раз меньше, чем в европейских странах.

1. Основные определения, термины.

Теплотехника изучает методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты, а также принципы действия и конструктивные особенности тепло- и парогенераторов, машин, аппаратов и устройств. Теплотехника включает три основные части: техническую термодинамику, теплопередачу и тепловые двигатели (машины, аппараты и устройства).

Фундаментом теплотехники является техническая термодинамика, которая изучает закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии, процессы, происходящие в газах и парах, а также свойства этих тел при различных физических условиях. Основные законы термодинамики – первый и второй.

Первый закон (частный случай всеобщего закона сохранения и превращения энергии (Гельмгольц, 1847г.), утверждающий, что энергия не возникает из ничего и

не исчезает, а переходит из одного вида в другой, гласит: теплота, подведенная к системе, расходуется на изменение ее внутренней энергии и производимую ей работу.

Второй закон утверждает, что не вся подведенная теплота используется полезно. Степень использования подведенной теплоты определяет термический коэффициент полезного действия.

Строительная теплофизика рассматривает вопросы теплопередачи, воздухопроницаемости и влажностного режима (паропроницаемости) ограждающих конструкций здания в связи с процессами тепло - и массообмена, обусловленными действием внешних климатических факторов, внутренних источников и работой систем отопления, вентиляции или кондиционирования воздуха.

Отопление – искусственный обогрев помещений с целью возмещения в них тепловых потерь и поддержания на заданном уровне температуры, определяемой условиями теплового комфорта для находящихся в помещении людей или требованиями происходящего в нем технологического процесса.

Вентиляция – слово латинского происхождения означает проветривание, по строительной терминологии - естественный или искусственный регулируемый воздухообмен в помещениях, обеспечивающий создание воздушной среды в соответствии с санитарно-гигиеническими и технологическими требованиями.

Кондиционирование воздуха – придание воздуху определенных заданных параметров или создание и автоматическое поддержание в закрытых помещениях температуры, относительной влажности, чистоты, состава и скорости движения, подвижности воздуха, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологических процессов, работы оборудования и приборов, хранения материалов, сырья, готовой продукции.

Теплоснабжение – обеспечение теплотой с помощью горячей воды или пара тепловых потребителей различного назначения.

Тепловая сеть – совокупность устройств, включающая трубы, теплоизоляцию, строительные конструкции, арматуру, для передачи теплоносителя (в виде горячей воды или пара) от источника тепловой энергии к теплопотребителям.

Источники тепловой энергии (теплоснабжения) – комплекс устройств для выработки только тепловой (котельные) или электрической и тепловой (теплоэлектроцентрали) энергии. Совокупность источников тепловой энергии, тепловых сетей и теплопотребителей представляет систему теплоснабжения.

В СССР и РФ основным видом теплоснабжения является *централизованная система теплоснабжения*, включающая три основных элемента: источник тепловой энергии, тепловые сети и местные системы теплопотребления. Высшей формой централизованной системы теплоснабжения является *теплофикация*, т.е. центральное теплоснабжение на базе комбинированной выработки электрической и тепловой энергии. В децентрализованных системах теплоснабжения производится меньше половины общего объема тепловой энергии. К ним относятся и системы поквартирного и печного отопления

Развитие энергетики, как известно, во времени имеет пять периодов.

Первый период – период мускульной силы, теплоты Солнца и костра, начало которого теряется в глубине тысячелетий, а конец – V в.н.э.

Второй – период использования энергии воды и ветра - с V в. до X в. (к 1917 г. в России, например, работало около 46000 водяных колес, что составляло около 40% установленной мощности).

Третий период – с X в. до 1943 г., когда главной силой была «движущаяся

сила огня», а главным источником энергии невозобновляемая химическая энергия минерального органического топлива. Так в 1883 г. в Баку были открыты огромные нефтяные залежи. И уже в 1901 г. Россия обогнала США по добыче нефти (12 млн. 200 тыс. т.).

Четвертый современный период – с 1943 г., характеризующийся овладением и все более широким использованием ядерной энергии, истощением химических энергоресурсов и загрязнением окружающей среды.

Пятый перспективный – период использования непрерывно возобновляющихся ресурсов.

2. Общие положения

2.1. Общие требования к системам обеспечения микроклимата в помещениях.

Здоровье, самочувствие и работоспособность человека, находящегося в помещении большую часть своей жизни, зависит в большей мере от теплового, воздушного и влажностного режима в помещении. Режимы имеют суточные, недельные и годовые циклы изменения в зависимости от характера использования помещений, деятельности людей в них и времени в году.

Общее состояние человека зависит от характера работы, интенсивности теплообмена между человеком и поверхностями относительно нагретых и охлажденных ограждений, материалов, оборудования, а также от температуры, подвижности и качества воздуха в рабочей, обслуживаемой зоне.

Совокупность или сочетание параметров воздуха в помещении, а также температуры окружающих поверхностей называют *микроклиматом помещения*. Основным фактором микроклимата является температура воздуха и поверхностей ограждений помещений.

Организм человека имеет систему терморегуляции, которая позволяет человеку приспосабливаться к изменениям тепловых условий в определенных пределах. Условия пребывания в помещении, в зависимости от требований к ним, разделяют на оптимальные и допустимые. При поддержании оптимальных условий создаются предпосылки для высокого уровня работоспособности, при допустимых – могут наблюдаться дискомфортные тепловые ощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

1. В зданиях и сооружениях следует предусматривать технические решения, обеспечивающие:

а) нормируемые метеорологические условия и чистоту воздуха в обслуживаемой зоне помещений жилых, общественных, а также административно-бытовых зданий предприятий (далее - административно-бытовых зданий) согласно ГОСТ 30494, СанПиН 2.1.2.1002 и требованиям СНиП 41-01;

б) нормируемые метеорологические условия и чистоту воздуха в рабочей зоне производственных, лабораторных и складских (далее - производственных) помещений в зданиях любого назначения согласно ГОСТ 12.1.005-88 (СанПиН 2.2.4.548) и требованиям СНиП 41-01;

в) нормируемые уровни шума и вибраций от работы оборудования и систем теплоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования (далее - отопительно-вентиляционного оборудования), а также от внешних источников шума согласно СНиП 23-03. Для систем аварийной вентиляции и систем противодымной защиты при работе или опробовании согласно ГОСТ 12.1.003 в помещениях, где установлено это оборудование, допустим шум не более 110 дБА, а при импульсном шуме - не более 125 дБА;

г) охрану атмосферного воздуха от вентиляционных выбросов вредных веществ;
д) ремонтпригодность систем отопления, вентиляции и кондиционирования;
е) взрывопожаробезопасность систем отопления, вентиляции и кондиционирования.

2. Отопительно-вентиляционное оборудование, воздуховоды, трубопроводы и теплоизоляционные конструкции следует предусматривать из материалов, разрешенных к применению в строительстве.

Используемые в системах отопления, вентиляции и кондиционирования материалы и изделия, подлежащие обязательной сертификации, в том числе гигиенической или пожарной оценке, должны иметь подтверждение на их применение в строительстве.

3. При реконструкции и техническом перевооружении действующих предприятий, жилых, общественных и административно-бытовых зданий допускается использовать при технико-экономическом обосновании существующие системы отопления, вентиляции и кондиционирования, если они отвечают требованиям СНиП 41-01.

4. Безопасность при пользовании .

4.1. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования следует проектировать с учетом требований безопасности нормативных документов органов государственного надзора, а также инструкций заводов-изготовителей оборудования, арматуры и материалов, если они не противоречат требованиям СНиП 41-01.

4.2. Температуру теплоносителя, °С, для систем отопления и теплоснабжения воздухонагревателей приточных установок, кондиционеров, воздушно-тепловых завес и др. (далее – систем внутреннего теплоснабжения) в здании следует принимать не менее чем на 20 °С ниже температуры самовоспламенения веществ, находящихся в помещении, и не более максимально допустимой по приложению Б СНиП 41-01 или указанной в технической документации на оборудование, арматуру и трубопроводы.

Для систем отопления с температурой воды 105 °С и выше следует предусматривать меры, предотвращающие вскипание воды.

4.3. Температура поверхности доступных частей отопительных приборов и трубопроводов систем отопления не должна превышать максимально допустимую по приложению 3 СНиП 41-01. Для отопительных приборов и трубопроводов с температурой поверхности доступных частей выше 75°С в детских дошкольных помещениях, лестничных клетках и вестибюлях детских дошкольных учреждений следует предусматривать защитные ограждения или тепловую изоляцию трубопроводов.

4.4. Тепловую изоляцию отопительно-вентиляционного оборудования, трубопроводов, систем внутреннего теплоснабжения, воздуховодов, дымоотводов и дымоходов следует предусматривать:

- для предупреждения ожогов;
- для обеспечения потерь теплоты менее допустимых;
- для исключения конденсации влаги;
- для исключения замерзания теплоносителя в трубопроводах, прокладываемых в неотапливаемых помещениях или в искусственно охлаждаемых помещениях.

Температура поверхности тепловой изоляции не должна превышать 40°С.

Горячие поверхности отопительно-вентиляционного оборудования, трубопроводов, воздуховодов, дымоотводов и дымоходов, размещаемых в помещениях, в которых они создают опасность воспламенения газов, паров, аэрозолей или пыли, следует изолировать, предусматривая температуру на поверхности теплоизолированной

конструкции не менее чем на 20°C ниже температуры их воспламенения. Отопительно-вентиляционное оборудование, трубопроводы и воздуховоды не следует размещать в указанных помещениях, если отсутствует техническая возможность снижения температуры поверхности теплоизоляции до указанного уровня.

Теплоизолированные конструкции следует предусматривать согласно СНиП 41-03.

4.5. Прокладка или пересечение в одном канале трубопроводов внутреннего теплоснабжения с трубопроводами горючих жидкостей, паров и газов с температурой вспышки паров 170°C и менее или коррозионно - активных паров и газов не допускается.

Воздуховоды, по которым перемещаются взрывоопасные смеси, допускается пересекать трубопроводами с теплоносителем, имеющим температуру ниже (более чем на 20°C) температуры самовоспламенения перемещаемых газов, паров, пыли и аэрозолей.

4.6. В системах воздушного отопления температуру воздуха при выходе из воздухораспределителей следует рассчитывать с учетом требований 4.6, но принимать не выше 70°C и не менее чем на 20°C ниже температуры самовоспламенения газов, паров, аэрозолей и пыли, выделяющихся в помещение.

Температуру воздуха, подаваемого воздушно-тепловыми завесами, следует принимать не выше 50°C у наружных дверей и не выше 70°C у наружных ворот и проемов.

4.7. Отопительно-вентиляционное оборудование, трубопроводы и воздуховоды в помещениях с коррозионно-активной средой, а также предназначенные для удаления воздуха с коррозионно-активной средой, следует предусматривать из коррозионных материалов или с защитными покрытиями от коррозии. Для антикоррозийной защиты воздуховодов допускается применять окраску из горючих материалов толщиной не более 0,2 мм.

4.8. Гидравлические испытания водяных систем отопления должны производиться при положительной температуре в помещениях здания.

Системы отопления должны выдерживать без разрушения и потери герметичности пробное давление воды, превышающее рабочее давление в системе в 1,5 раза, но не менее 0,6 МПа.

Величина пробного давления при гидравлическом испытании систем отопления не должна превышать предельного пробного давления для установленных в системе отопительных приборов, оборудования, арматуры и трубопроводов.

2.2. Параметры микроклимата в помещениях.

1. Параметры микроклимата при отоплении и вентиляции помещений (кроме помещений, для которых метеорологические условия установлены другими нормативными документами) следует принимать по ГОСТ 30494, ГОСТ 12.1.005, СанПиН 2.1.2.1002 и СанПиН 2.2.4.548 для обеспечения метеорологических условий и поддержания чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне помещений (на постоянных и непостоянных рабочих местах):

а) в холодный период года в обслуживаемой зоне жилых помещений температуру воздуха – минимальную из оптимальных температур; при согласовании с органами Госсанэпиднадзора России и по заданию заказчика допускается принимать температуру воздуха в пределах допустимых норм (табл. 2.1);

б) в холодный период года в обслуживаемой или рабочей зоне жилых помещений, общественных, административно-бытовых и производственных помещений

температуру воздуха – минимальную из допустимых температур при отсутствии избытков явной теплоты (далее - теплоты) в помещениях; экономически целесообразную температуру воздуха в пределах допустимых норм в помещениях с избытками теплоты (табл. 2.2 и 2.3).

В производственных помещениях площадью более 50 м² на одного работающего следует обеспечивать расчетную температуру воздуха на постоянных рабочих местах и более низкую (но не ниже 10°C) температуру воздуха на непостоянных рабочих местах.

В холодный период года в жилых, общественных, административно-бытовых и производственных помещениях отапливаемых зданий, когда они не используются и в нерабочее время, можно принимать температуру воздуха ниже нормируемой, но не ниже:

15 °C – в жилых помещениях;

12 °C – в общественных и административно-бытовых помещениях;

5 °C – в производственных помещениях.

При периодическом снижении температуры воздуха помещений следует обеспечивать восстановление нормируемой температуры к началу использования помещения или к началу работы;

в) для теплого периода года в помещениях с избытками теплоты – температуру воздуха в пределах допустимых температур воздуха, но не более чем на 3 °C для общественных и административно-бытовых помещений и не более 4 °C для производственных помещений выше расчетной температуры наружного воздуха (по параметрам А) и не более максимально допустимых температур по табл. 4.4, а при отсутствии избытков теплоты - температуру воздуха в пределах допустимых температур, равную температуре наружного воздуха (по параметрам А), но не менее минимально допустимых температур по табл. 2.4;

г) скорость движения воздуха – в пределах допустимых норм;

д) относительная влажность воздуха при отсутствии специальных норм не нормируется.

Параметры микроклимата или один из параметров допускается принимать в пределах оптимальных норм вместо допустимых, если это экономически обосновано или по заданию на проектирование.

Если допустимые нормы микроклимата невозможно обеспечить в рабочей или обслуживаемой зоне по производственным или экономическим условиям, то на постоянных рабочих местах следует предусматривать душирование наружным воздухом или местными кондиционерами.

В теплый период года метеорологические условия не нормируются в помещениях:

а) жилых зданий;

б) общественных, административно-бытовых и производственных в периоды, когда они не используются и в нерабочее время;

в) производственных в периоды, когда они не используются и в нерабочее время при отсутствии технологических требований к температурному режиму помещений.

Таблица 2.1. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий и общежитий (ГОСТ 30494-96).

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
Холодный	Жилая комната	20-22	18-24	19-20	17-23	45-30	60	0,15	0,2
			(20-24)		(19-23)				
	То же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	21-23	20-24	20-22	19-23	45-30	60	0,15	0,2
			(22-24)		(21-23)				
	Кухня	19-21	18-26	18-20	17-25	НН*	НН	0,15	0,2
	Туалет	19-21	18-26	18-20	17-25	НН	НН	0,15	0,2
	Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	23-27	17-26	НН	НН	0,15	0,2
Холодный	Помещения для отдыха и учебных занятий	20-22	18-24	19-21	17-23	45-30	60	0,15	0,2
	Межквартирный коридор	18-20	16-22	17-19	15-21	45-30	60	0,15	0,2
	Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	15-17	13-19	НН	НН	0,2	0,3
	Кладовые	16-18	12-22	15-17	11-21	НН	НН	НН	НН
Теплый	Жилая комната	22-25	20-28	22-24	18-27	60-30	65	0,2	0,3

* НН — не нормируется.

Примечание — Значения в скобках относятся к домам для престарелых и инвалидов.

Таблица 2.2. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне общественных зданий (ГОСТ 30494-96).

Период года	Наименование помещения или категория	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
Холодный	1 категория	20-22	18-24	19-20	17-23	45-30	60	0,2	0,3
	2 "	19-21	18-23	18-20	17-22	45-30	60	0,2	0,3
	3а "	20-21	19-23	19-20	19-22	45-30	60	0,2	0,3
	3б "	14-16	12-17	13-15	13-16	45-30	60	0,2	0,3
	3в "	18-20	16-22	17-20	15-21	45-30	60	0,2	0,3
	4 "	17-19	15-21	16-18	14-20	45-30	60	0,2	0,3
	5 "	20-22	20-24	19-21	19-23	45-30	60	0,15	0,2
	6 "	16-18	14-20	15-17	13-19	НН*	НН	НН	НН
	Ванные, душевые	24-26	18-28	23-25	17-27	НН	НН	0,15	0,2
Холодный	Детские дошкольные учреждения								
	Групповая раздевальная и туалет:								
	для ясельных и младших групп	21-23	20-24	20-22	19-23	45-30	60	0,1	0,15
	для средних и дошкольных групп	19-21	18-25	18-20	17-24	45-30	60	0,1	0,15
	Спальня:								
	для ясельных и младших групп	20-22	19-23	19-21	18-22	45-30	60	0,1	0,15
	для средних и дошкольных групп	19-21	18-23	18-22	17-22	45-30	60	0,1	0,15
Теплый	Помещения с постоянным пребыванием людей	23-25	18-28	22-24	19-27	60-30	65	0,3	0,5

* НН - не нормируется.

Примечание - Для детских дошкольных учреждений, расположенных в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже, допустимую расчетную температуру воздуха в помещении следует принимать на 1 °С выше указанной в таблице.

Локальная асимметрия результирующей температуры должна быть не более 2,5 °С для оптимальных и не более 3,5 °С для допустимых показателей.

Таблица 2.3. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений (ГОСТ 12.1.005-88).

Пе- риод года	Категория работ	Температура, °С					Относительная влажность		Скорость движения, м/с	
		опти- маль- ная	допустимая				опти- маль- ная	допус- тимая на рабо- чих местах	опти- маль- ная, не более	допусти- мая на рабочих местах постоян- ных и непосто- янных*
			верхняя граница		нижняя граница					
			на рабочих местах							
			пос- тоян- ных	не- пос- тоян- ных	пос- тоян- ных	не- пос- тоян- ных				
Холод- ный	Легкая - I а	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	Не более 0,1
	Легкая - I б	21-23	24	25	20	17	40-60	75	0,1	Не более 0,2
	Средней тяжести - IIа	18-20	23	24	17	15	40-60	75	0,2	Не более 0,3
	Средней тяжести - IIб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	Не более 0,4
	Тяжелая - III	16-18	19	20	13	12	40-60	75	0,3	Не более 0,5
Теп- лый	Легкая - I а	23-25	28	30	22	20	40-60	55 (при 28 °С)	0,1	0,1-0,2
	Легкая - I б	22-24	28	30	21	19	40-60	60 (при 27 °С)	0,2	0,1-0,3
	Средней тяжести – IIа	21-23	27	29	18	17	40-60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2-0,4
	Средней тяжести – IIб	20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2-0,5
	Тяжелая - III	18-20	26	28	15	13	40-60	75 (при 24 °С и ниже)	0,4	0,2-0,6

* Большая скорость движения воздуха в теплый период года соответствует максимальной температуре воздуха, меньшая - минимальной температуре воздуха. Для промежуточных величин температуры воздуха скорость его движения допускается определять интерполяцией; при минимальной температуре воздуха скорость его движения может приниматься также ниже 0,1 м/с - при легкой работе и ниже 0,2 м/с - при работе средней тяжести и тяжелой.

Таблица 2.4. Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне жилых, общественных, административно – бытовых и производственных помещений в теплый период года (СНиП 41-01).

Назначение помещения	Категория работ	Температура, °С			Скорость движения воздуха, м/с, не более	Относительная влажность воздуха, %, не более
		в обслуживаемой или рабочей зоне	на постоянных рабочих местах	на непостоянных рабочих местах	на постоянных и непостоянных рабочих местах	
1	2	3	4	5	6	7
Жилое, общественное, административно-бытовое		Не более чем на 3 °С выше расчетной температуры наружного воздуха (параметры А)*			65**	0,5
Производственное	Легкая:	На 4 °С выше расчетной температуры наружного воздуха (параметры А) и не более указанных в гр.4 и 5				75
	Ia		28/31	30/32	0,2	
	Iб		28/31	30/32	0,3	
	Средней тяжести:					
	IIa		27/30	29/31	0,4	
	IIб		27/30	29/31	0,5	
	Тяжелая :					
	III		26/29	28/30	0,6	

* Но не более 28 °С для общественных и административно-бытовых помещений с постоянным пребыванием людей и не более 33 °С для указанных зданий, расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) 25 °С и выше.

** Допускается принимать до 75% в районах с расчетной относительной влажностью воздуха более 75% (параметры А).

Примечания

- 1 Нормы установлены для людей, находящихся в помещении более 2 ч непрерывно.
- 2 В таблице в графах 4 и 5 допустимые нормы внутреннего воздуха приведены в виде дроби: в числителе - для районов с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) ниже 25 °С, в знаменателе - 25 °С и выше.
- 3 Для помещений, расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) ниже 25 °С, - не более указанной в числителе граф 4 и 5, 25 °С и выше - не более указанной в знаменателе граф 4 и 5.
- 4 Для районов с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) 18 °С и ниже вместо 4 °С, указанных в графе 3, допускается принимать 6 °С.
- 5 Нормативная разность температур между температурой на рабочих местах и температурой наружного воздуха (параметры А) 4 или 6 °С может быть увеличена при обосновании расчетом в соответствии с 4.6.
- 6 В районах с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) t , °С, на постоянных и непостоянных рабочих местах, превышающей:
 - а) 28 °С - на каждый градус разности температур $t - 28$ °С следует увеличивать скорость движения воздуха на 0,1 м/с, но не более чем на 0,3 м/с выше скорости, указанной в графе 6;
 - б) 24 °С - на каждый градус разности температур $t - 24$ °С допускается принимать относительную влажность воздуха на 5% ниже относительной влажности, указанной в графе 7.
- 7 В климатических зонах с высокой относительной влажностью воздуха (вблизи морей, озер и др.), а также при применении адиабатной обработки приточного воздуха водой для обеспечения на рабочих местах температур, указанных в графах 4 и 5, допускается принимать относительную влажность воздуха на 10% выше относительной влажности, определенной в соответствии с примечанием 5.
- 8 Если допустимые нормы невозможно обеспечить по производственным или экономическим условиям, то на постоянных рабочих местах следует предусмотреть воздушное душирование или кондиционирование.

2. Параметры микроклимата при кондиционировании помещений, кроме помещений, для которых метеорологические условия установлены другими нормативными документами или заданием на проектирование, следует предусматривать для обеспечения нормируемой чистоты и метеорологических условий воздуха в пределах оптимальных норм по ГОСТ 30494 в обслуживаемой зоне жилых, общественных, административно-бытовых помещений и по ГОСТ 12.1.005 в рабочей зоне (для постоянных и непостоянных рабочих мест) производственных помещений или отдельных их участков.

В местностях с расчетной температурой наружного воздуха в теплый период года по параметрам Б 30 °С и более температуру воздуха в помещениях следует принимать на 0,4 °С выше указанной в ГОСТ 30494 и ГОСТ 12.1.005 на каждый градус превышения температуры наружного воздуха сверх температуры 30 °С, увеличивая также соответственно скорость движения воздуха на 0,1 м/с на каждый градус превышения температуры наружного воздуха. При этом скорость движения воздуха в помещениях в указанных условиях должна быть не более 0,5 м/с.

Параметры микроклимата или один из параметров допускается принимать в пределах допустимых норм вместо оптимальных при согласовании с органами Госсанэпиднадзора России и по заданию заказчика.

3. Для производственных помещений с полностью автоматизированным технологическим оборудованием, функционирующим без присутствия людей (кроме дежурного персонала, находящегося в специальном помещении и выходящего в производственное помещение периодически для осмотра и наладки оборудования не более двух часов непрерывно), при отсутствии технологических требований к температурному режиму помещений температуру воздуха в рабочей зоне следует принимать:

а) для теплого периода года при отсутствии избытков теплоты - равную температуре наружного воздуха (параметры А), а при наличии избытков теплоты - на 4 °С выше температуры наружного воздуха (параметры А), но не ниже 29 °С, если при этом не требуется подогрева воздуха;

б) для холодного периода года и переходных условий при отсутствии избытков теплоты – 10 °С, а при наличии избытков теплоты - экономически целесообразную температуру.

В местах производства ремонтных работ (продолжительностью два часа и более непрерывно) следует предусматривать снижение температуры воздуха до 25 °С в I-III и до 28 °С - в IV строительно-климатических районах в теплый период года (параметры А) и повышение температуры воздуха до 16 °С в холодный период года (параметры Б) передвижными воздухонагревателями.

Относительная влажность и скорость движения воздуха в производственных помещениях с полностью автоматизированным технологическим оборудованием при отсутствии специальных требований не нормируются.

4. В животноводческих, звероводческих и птицеводческих зданиях, сооружениях для выращивания растений, зданиях для хранения сельскохозяйственной продукции параметры микроклимата следует принимать в соответствии с нормами технологического и строительного проектирования этих зданий.

5. В струе приточного воздуха при входе ее в обслуживаемую или рабочую зону помещения следует принимать:

а) максимальную скорость движения воздуха v_x , м/с, по формуле

$$v_x = K v_n; \quad (2.1)$$

б) максимальную температуру t_x , °С, при восполнении недостатков теплоты в помещении по формуле

$$t_x = t_n + \Delta t_1; \quad (2.2)$$

в) минимальную температуру t'_x , °С, при ассимиляции избытков в помещении по формуле

$$t'_x = t_n - \Delta t_2; \quad (2.3)$$

В формулах (4.1) - (4.3):

v_n , t_n – соответственно нормируемая скорость движения воздуха, м/с, и нормируемая температура воздуха, °С, в обслуживаемой зоне или на рабочих местах в рабочей зоне помещения;

K – коэффициент перехода от нормируемой скорости движения воздуха в помещение к максимальной скорости в струе, определяемый по табл. 2.5;

Δt_1 , Δt_2 – соответственно допустимое отклонение температуры воздуха, °С, в струе от нормируемой, определяемое по табл. 2.6.

При размещении воздухораспределителей в пределах обслуживаемой или рабочей зоны помещения скорость движения и температура воздуха не нормируются на расстоянии 1 м от воздухораспределителя.

Таблица 2.5. Коэффициенты К перехода от нормируемой скорости движения воздуха к максимальной скорости воздуха в струе (СНиП 41-01).

Метеорологические условия	Размещение людей	Коэффициенты К для категорий работ	
		легкой - I	средней тяжести - II, тяжелой - III
Допустимые	В зоне прямого воздействия приточной струи воздуха в пределах участка:		
	начального и при воздушном душировании	1	1
	основного	1,4	1,8
	Вне зоны прямого воздействия приточной струи воздуха	1,6	2
	В зоне обратного потока воздуха	1,4	1,8
Оптимальные	В зоне прямого воздействия приточной струи воздуха в пределах участка:		
	начального	1	1
	основного	1,2	1,2
	Вне зоны прямого воздействия приточной струи или в зоне обратного потока воздуха	1,2	1,2
Примечание. Зона прямого воздействия струи определяется площадью поперечного сечения струи, в пределах которой скорость движения воздуха изменяется от v_z до $0,5 v_z$.			

Таблица 2.6. Допустимое отклонение температуры в приточной струе от нормируемой температуры воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне (СНиП 41-01).

Метеорологические условия	Помещения	Допустимые отклонения температуры, °C			
		при восполнении недостатков теплоты в помещении		при ассимиляции избытков теплоты в помещении	
		Размещение людей			
		в зоне прямого воздействия приточной струи	вне зоны прямого воздействия приточной струи	в зоне прямого воздействия приточной струи	вне зоны прямого воздействия приточной струи
Допустимые	Жилые, общественные и административно-бытовые:				
	Δt1	3	3,5	-	-
	Δt2	-	-	1,5	2
	Производственные:				
	Δt1	5	6	-	-
	Δt2	-	-	2	2,5

Метеоро- логические условия	Помещения	Допустимые отклонения температуры, °С			
		при восполнении недостатков теплоты в помещении		при ассимиляции избытков теплоты в помещении	
		Размещение людей			
		в зоне прямого воздействия приточной струи	вне зоны прямого воздействия приточной струи	в зоне прямого воздействия приточной струи	вне зоны прямого воздействия приточной струи
Оптималь- ные	Любые, за исключением помещений, к которым предъявляются специальные технологические требования:				
	Δt1	1	1,5	-	-
	Δt2	-	-	1	1,5

Таблица 2.7. Расчетные нормы температур и скорости движения воздуха при воздушном душировании (СНиП 41-01).

Категория работ	Температура воздуха в не струи, °С	Средняя на 1м² скорость воздуха в душирующей струе на рабочем месте, м/с	Температура смеси воздуха в душирующей струе, °С, на рабочем месте при поверхностной плотности лучистого теплового потока, Вт/м²				
			140-350	700	1400	2100	2800
Легкая – Ia, 1б	Принимать по графам 3-5 табл.4.4	1	28	24	21	16	-
		2	-	28	26	24	20
		3	-	-	28	26	24
		3,5	-	-	-	27	25
Средней тяжести–1а, 1б		1	27	22	-	-	-
		2	28	24	21	16	-
		3	-	27	24	21	18
		3,5	-	28	25	22	19
Тяжелая - III		2	25	19	16	-	-
		3	26	22	20	18	17
		3,5	-	23	22	20	19

Примечания.

1. При температуре воздуха вне струи, отличающейся от указанной в таблице, температуру смеси воздуха в душирующей струе на рабочем месте следует повышать или понижать на 0,4 °С на каждый градус разности от значения, приведенного в таблице, но принимать не ниже 16 °С.

Категория работ	Температура воздуха в не струи, °С	Средняя на 1м ² скорость воздуха в душирующей струе на рабочем месте, м/с	Температура смеси воздуха в душирующей струе, °С, на рабочем месте при поверхностной плотности лучистого теплового потока, Вт/м ²				
			140-350	700	1400	2100	2800

2. Поверхностную плотность лучистого теплового потока следует принимать равной средней за время облучения.

3. При длительности воздействия лучистого теплового потока менее 15 или более 30 мин непрерывной работы температуру смеси воздуха в душирующей струе допускается принимать соответственно на 2 °С выше или ниже значений, приведенных в таблице.

4. Для промежуточных значений поверхностной плотности лучистого теплового потока температуру смеси воздуха в душирующей струе следует определять интерполяцией.

6. В производственных помещениях горячих цехов при облучении с поверхностной плотностью лучистого теплового потока (далее – интенсивность теплового потока) 140 Вт/м² и более следует предусматривать душирование рабочих мест наружным воздухом; температуру и скорость движения воздуха на рабочем месте следует принимать по табл. 2.7. В помещениях для отдыха рабочих горячих цехов следует принимать температуру воздуха 20 °С в холодный период года и 23 °С - в теплый.

7. В помещениях при лучистом отоплении и нагревании (в том числе с газовыми и электрическими инфракрасными излучателями) или охлаждении постоянных рабочих мест температуру воздуха следует принимать по расчету, обеспечивая температурные условия (результатирующую температуру помещения), эквивалентные нормируемой температуре воздуха в обслуживаемой (рабочей) зоне помещения.

При этом при лучистом отоплении интенсивность теплового облучения на рабочем месте в обслуживаемой (рабочей) зоне помещения не должна превышать 35 Вт/м² при 50% и более обслуживаемой поверхности тела, а температура воздуха в обслуживаемой (рабочей) зоне должна быть не менее чем на 1°С ниже максимально допустимой температуры в холодный период года и не должна быть ниже минимально допустимой температуры в холодный период года более чем на 3 °С для общественных и на 4°С для производственных помещений.

8. Концентрацию вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на рабочих местах в производственных помещениях при расчете систем вентиляции и кондиционирования следует принимать равной предельно допустимой концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны, установленной ГОСТ 12.1.005, а также нормативными документами Госкомсанэпиднадзора России.

9. Концентрацию вредных веществ в приточном воздухе при выходе из воздухо-распределителей и других приточных отверстий следует принимать по расчету с учетом фоновых концентраций этих веществ в местах размещения воздухоприемных устройств, но не более:

а) 30 % ПДК в воздухе рабочей зоны - для производственных и административно-бытовых помещений;

б) ПДК в воздухе населенных мест - для жилых и общественных помещений.

2.3. Выбор параметров наружного воздуха .

1. Заданные параметры микроклимата и чистоту воздуха в помещениях жилых, общественных, административно-бытовых и производственных помещений следует обеспечивать в пределах расчетных параметров наружного воздуха для соответствующих районов строительства по СНиП 23-01:

параметров А - для систем вентиляции, воздушного душирования для теплого периода года;

параметров Б - для систем отопления, вентиляции и воздушного душирования для холодного периода года, а также для систем кондиционирования для теплого и холодного периодов года.

Параметры наружного воздуха для переходных условий года следует принимать 10 °С и удельную энтальпию 26,5 кДж/кг.

2. Параметры наружного воздуха для зданий сельскохозяйственного назначения, если они не установлены специальными строительными или технологическими нормами, следует принимать:

параметры А - для систем вентиляции и кондиционирования для теплого и холодного периодов года;

параметры Б - для систем отопления для холодного периода года.

3. По заданию на проектирование допускается принимать более низкие параметры наружного воздуха в холодный период года и более высокие параметры наружного воздуха в теплый период года.

4. Взрывопожаробезопасные концентрации веществ в воздухе помещений следует принимать при параметрах наружного воздуха, установленных для расчета систем вентиляции и кондиционирования.

5. При выполнении теплотехнического расчета, расчета сопротивления воздухопроницанию и расчета влажностного режима наружных ограждающих конструкций здания принимаются следующие параметры:

- средняя температура, °С, наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (для объектов массового строительства) [СНиП 23-01];

- средняя температура и продолжительность отопительного периода, сут, с устойчивой средней суточной температурой наружного воздуха ≤ 8 или 10°C [СНиП 23-01], необходимые для определения числа градусо-суток;

- средняя температура, °С, наиболее холодного месяца [СНиП 23-01];

- расчетная скорость ветра, м/с, равная максимальной из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более, на высоте 10 м над поверхностью земли в открытой местности [СНиП 23-01];

- зона влажности района проектируемого объекта [СНиП 11-3-79*, СНиП 23-02], необходимая для определения условий эксплуатации наружных ограждающих конструкций здания.

Параметры А и Б наружного воздуха по табл. 1, 2 СНиП 23-01 можно определить, пользуясь табл.2.8.

Таблица 2.8. Климатические параметры для проектирования отопления, вентиляции и кондиционирования (СНиП 23-01).

Период года	Барометрическое давление, гПа	Параметры А			Параметры Б			Средняя суточная амплитуда температуры воздуха, °С
		температура воздуха, °С	удельная энтальпия, кДж/кг	скорость ветра, м/с	температура воздуха, °С	удельная энтальпия, кДж/кг	скорость ветра, м/с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Теплый	Таблица 2, графа 2	Таблица 2, графа 3	Рисунок 5*	Таблица 2, графа 13, но не менее 1 м/с	Таблица 2, графа 4	Рисунок 6*	Таблица 2, графа 13, но не менее 1 м/с	Таблица 2, графа 7
Холодный		Таблица 1, графа 6	По расчету или графически по I-d-диаграмме, принимая температуру воздуха параметра А и относительную влажность воздуха по таблице 1, графа 16	Таблица 1, графа 19, но не менее 1 м/с	Таблица 1, графа 5	По расчету или графически по I-d-диаграмме, принимая температуру воздуха параметра Б и относительную влажность воздуха по таблице 1, графа 16	Таблица 1, графа 19, но не менее 1 м/с	

Литература к 1-2 главе

1. К.В. Тихомиров, Э.С. Сергеенко. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: Учебник для студ. факультетов ПГС. – М.: Стройиздат, 1991.
2. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (Переиздание. 07.1998г.).
3. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
4. СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям.
5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы.

6. СанПиН 2.1.3.1375-03. Гигиенические требования к размещению, устройству, оборудованию и эксплуатации больниц, родильных домов и других лечебных стационаров.
7. СанПиН 2.3.6.1079-01. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям общественного питания, изготовлению и оборотоспособности в них пищевых продуктов и продовольственного сырья.
8. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
9. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология.
10. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
11. СНиП 11-3-79* Строительная теплотехника.
12. Б.А. Крупнов. Строительная терминология. Перечень рекомендуемой литературы / МГСУ, 2007.

Вопросы к 1и 2 главе.

3. СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

Строительная теплотехника (теплофизика) рассматривает вопросы теплопередачи, воздухопроницаемости и влажностного режима (паропроницаемости) ограждающих конструкций здания в связи с процессами тепло - и массообмена, обусловленными действием внешних климатических факторов, внутренних источников и работой систем отопления, вентиляции или кондиционирования воздуха.

3.1 Теплопередача. Основные понятия.

Основу строительной теплофизики, как и многих явлений, наблюдаемых в природе и технике, составляет теплопередача. Она изучает процессы распределения теплоты в пространстве с неоднородным полем температуры из области повышенных температур в область пониженных.

Применительно к нашей дисциплине теплота передается через ограждающие конструкции отапливаемых помещений, стенки теплообменных аппаратов. Расчет теплопередачи заключается в определении теплотехнических показателей ограждающих конструкции, количества теплоты, проходящей через разделяющую поверхность, параметров теплоносителя и т.д.

Сложный процесс теплопередачи условно разбивается на три более простых процесса, каждый из которых подчиняется своим законам: теплопроводность, конвекция (конвективный теплообмен) и теплообмен излучением (лучистый теплообмен).

При этом различают молекулярный и конвективный механизм переноса теплоты.

Молекулярный перенос теплоты осуществляется посредством теплового движения микрочастиц в среде с неоднородным распределением температуры.

Конвективный перенос теплоты осуществляется макроскопическими элементами при их перемещении в среде с неоднородным распределением скорости и температуры.

Теплопроводность - молекулярный перенос теплоты в сплошной среде или процесс распространения теплоты внутри тела путем непосредственного соприкосновения его микрочастиц (молекул, атомов).

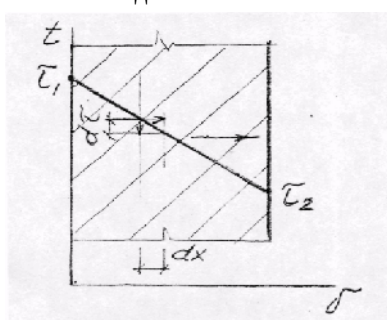
Теплопроводность наблюдается во всех трех агрегатных состояниях тел, но наиболее четко она проявляется в твердых телах, т. к. в них не происходит перемещения микрочастиц.

Установлено, что тепловой поток или количество теплоты, Вт, передаваемое через какую-нибудь плоскую стенку за единицу времени, прямо пропорционально разности температур горячей t_1 и холодной t_2 сторон стенки, площади стенки F_0 , коэффициенту пропорциональности λ и обратно пропорционально толщине δ этой стенки.

$$Q_T = \lambda \cdot \frac{t_1 - t_2}{\delta} \cdot F_0 = q \cdot F_0 \quad (3.1)$$

где λ -коэффициент пропорциональности, характеризующий способность тела проводить теплоту и называемый коэффициентом теплопроводности материала, Вт/м °С; q_t - удельный тепловой поток, Вт/м²; λ/δ - тепловая проводимость, Вт/м²·°С, а величина обратная - тепловое или термическое сопротивление теплопередаче R_T .

Распространение теплоты выражается в дифференциальной форме уравнением Фурье (1822), имеющим вид



Для однослойной стенки

$$q = -\lambda \cdot d\tau / dx \quad (3.2)$$

$$q = -\lambda / \delta \cdot (\tau_1 - \tau_2) \quad (3.3)$$

Для многослойной стенки

$$q = (\tau_1 - \tau_2) \sum \frac{\lambda_i}{\delta_i} \quad (3.4)$$

Коэффициент λ зависит от химического состава, объемного веса, структуры материала, его влажности и температуры. Для строительных материалов аморфной структуры $\lambda = 2,5 - 12,5$; кристаллической $= 16,8 - 50,5$ и органического происхождения $= 1,05 - 1,50$ Вт/м°C. Для чистого серебра и меди $\lambda = 400$, для пористых материалов (пробка, минвата) $\lambda = 0,035 - 0,05$ Вт/м°C.

Конвективный теплообмен - процесс, обусловленный совместным действием конвективного и молекулярного переносов теплоты или перемешиванием в объеме неравномерно нагретой массы жидкости или газа. При этом перенос теплоты непрерывно связан с переносом самой среды, т.е. массообменом.

Совместное протекание процессов теплообмена и массообмена называется тепломассообменом. Тепловой поток при конвективном теплообмене определяется по формуле Ньютона – Рихмана

$$Q_k = \alpha_k \cdot (T_{жс} - T) \cdot F_0 = q_k \cdot F_0 ; \quad (3.5)$$

где α_k - коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом конвективного теплообмена Вт/м²°C;

$T_{жс}$ - температура (жидкости или газа); T - температура поверхности стенки.

Коэффициент α_k зависит от свойств жидкости, омывающей поверхность (плотность, вязкость, теплоемкость), расположения, формы и размеров поверхности, природы возникновения и скорости движения среды. Коэффициент α_k при конвекции принимается на основе экспериментальных данных и определяются по эмпирическим формулам.

Благодаря конвекции происходит теплообмен между поверхностью твердого тела и омывающим эту поверхность воздухом.

Теплообмен излучением - процесс передачи внутренней энергии излучения (энергии фотонов или электромагнитных волн), которая поглощается другим веществом, стоящим на пути фотонов или электромагнитных волн. Тепловое или инфракрасное излучение характеризуется длинами волн в пределах от 0,8 мк до 0,8 мм.

Количество теплоты, Вт, излучаемой поверхностью F_1 , имеющей абсолютную температуру T_1 , на поверхность F_2 с температурой T_2 определяется по формуле (закону) Стефана-Больцмана (1879-1881).

$$Q_{л} = C_{пр} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot F_1 \cdot \phi_{1-2} ; \quad (3.6)$$

где $C_{пр}$ - приведенный коэффициент излучения системы тел, между которыми происходит лучистый теплообмен, Вт/м²°C;

ϕ_{1-2} - коэффициент облученности, зависящий от взаимного положения и размеров поверхностей и показывающий долю лучистого потока, приходящуюся на поверхность F_2 от всего потока, излучаемого поверхностью F_1 .

Например, до нашей планеты доходит только 2,2 млрд. части лучистой энергии Солнца, испускаемой им в мировое пространство.

Приведенный коэффициент $C_{пр}$ равен

$$C_{пр} = C_o \cdot E_{пр1-2} ; \quad (3.7)$$

где $E_{пр1-2}$ -приведенный коэффициент теплового излучения при теплообмене между двумя серыми поверхностями (приведенная степень черноты системы тел);

C_o - коэффициент излучения абсолютно черного тела, равный 5,77 Вт/м²°C.

Для расчета лучистого теплообмена пользуются более простой формулой

$$Q_{л} = \alpha_{л} \cdot (t_1 - t_2) \cdot F_1 = q_{л} \cdot F_1 ; \quad (3.8)$$

где $\alpha_{л}$ - коэффициент лучистого теплообмена на поверхности, Вт/м²°C. В инженерных расчетах лучистого

теплообмена в помещении α_l принимается равным $4,9 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$.

Для двух параллельных поверхностей, например, расположенных на сравнительно близком расстоянии

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$$

Для малых поверхностей или удаленных друг от друга

$$\varepsilon_{np} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$$

Для поверхностей, расположенных по схеме цилиндр в цилиндре

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right) \frac{F_1}{F_2}}$$



$\varepsilon_1; \varepsilon_2$ - относительные коэффициенты излучения поверхностей, зависящие не только от вида материала, состояния его поверхности, но и от угла направления излучения к поверхности, или степени черноты.

3.2. Теплопередача через ограждение при стационарном тепловом режиме.

Температура наружного воздуха, внутренние теплопоступления в помещении изменяются в течение года. Для теплого периода характерны суточные колебания температуры наружного воздуха и солнечной радиации и, следовательно, нестационарный режим теплопередачи через ограждение. Для зимы характерно устойчивое состояние низкой температуры наружного воздуха и, следовательно, стационарный тепловой режим.

В теплотехническом отношении наружные ограждения должны отвечать определенным требованиям в холодный период года на большей территории РФ.

В холодный период года, когда температура внутренней поверхности t_B наружных ограждений ниже температуры воздуха t_g в помещении и температуры поверхности t_R внутренних ограждений, внутренняя поверхность наружного ограждения F_o воспринимает теплоту, обусловленную конвекцией от воздуха помещения и излучением от поверхностей внутренних ограждений (Рис. 4 а, б).

Тогда тепловой поток, воспринимаемый внутренней поверхностью наружного ограждения, составит:

$$Q_g = Q_{кв} + Q_{лв} = [\alpha_k(t_g - \tau_g) + \alpha_l(t_R - \tau_g)] \cdot F_o ; \quad (3.11)$$

Приняв $t_g = t_R$, получим

$$Q_g = \alpha_g \cdot (t_g - \tau_g) \cdot F_o ; \quad (3.12)$$

$$\alpha_g = \alpha_k + \alpha_l ; \quad (3.13)$$

$$\alpha_g = \frac{1}{R_B} ; \quad (3.14)$$

где α_g - коэффициент теплообмена на внутренней поверхности ограждения, $\text{Вт/м}^2\text{°C}$;

R_g - сопротивление теплообмену на внутренней поверхности, $\text{м}^2\text{°C/Вт}$.

Характер передачи теплоты наружной поверхностью аналогичен. Конвекцией передается теплота наружному

воздуху, излучением - окружающим более холодным поверхностям.

Тепловой поток можно представить в виде

$$Q_n = Q_{кн} + Q_{лн} = \alpha \cdot (\tau_n - t_n) \cdot F_o, \quad (3.15)$$

$$\alpha_n = 1/R_n$$

где α_n - коэффициент теплообмена на наружной поверхности, Вт/м²°C;

R_n - сопротивление теплообмену на наружной поверхности м²°C/Вт.

Тепловой поток Q_T , проходящий через толщу однородного ограждения δ , находим по формуле:

$$Q_T = \frac{\lambda}{\delta} (\tau_{\text{в}} - \tau_n) = \frac{1}{R_t} \cdot (\tau_{\text{в}} - \tau_n) \cdot F_o,$$

где R_T - термическое сопротивление теплопередаче ограждения, м² °C/Вт.

В условиях установившегося теплового режима, когда известные параметры процесса неизменны во времени

$$Q_{\text{в}} = Q_T = Q_n = Q_o \quad (3.17)$$

тогда тепловой поток Q_o , проходящий из помещения через ограждение, можно выразить в виде

$$Q_o = \frac{1}{R_{\text{в}} + R_T + R_n} (t_{\text{в}} - t_n) \cdot F_o$$

$$Q_o = \frac{1}{R_o^p} (t_{\text{в}} - t_n) \cdot F_o$$

где R_o^p - общее расчетное сопротивление теплопередаче однородного ограждения, равное сумме последовательно преодолеваемых потоком теплоты сопротивлений $R_{\text{в}}$; R_T ; R_n , м²°C.

При наличии воздушной замкнутой прослойки, расположенной в ограждении перпендикулярно направлению теплового потока, учитывается дополнительно ее сопротивление теплопередаче $R_{\text{вн}}$.

$$\text{Тогда} \quad R_o = R_{\text{в}} + R_T + R_{\text{вн}} + R_n \quad (3.20)$$

Термическое сопротивление теплопередаче многослойного ограждения равно сумме термических сопротивлений теплопередаче отдельных последовательно расположенных слое в ограждении (по направлению теплового потока).

$$R_{Tn} = \sum R_{Ti}$$

Величина, обратная R_o , называется коэффициентом теплопередачи ограждения K_o , выражающим величину теплового потока в Вт, проходящего в стационарных условиях через 1 м² площади ограждения при разности температур $(t_{\text{в}} - t_n)$ в 1°С.

$$K_o = \frac{1}{R_o} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + R_{\text{вн}} + \frac{1}{\alpha_n}}$$

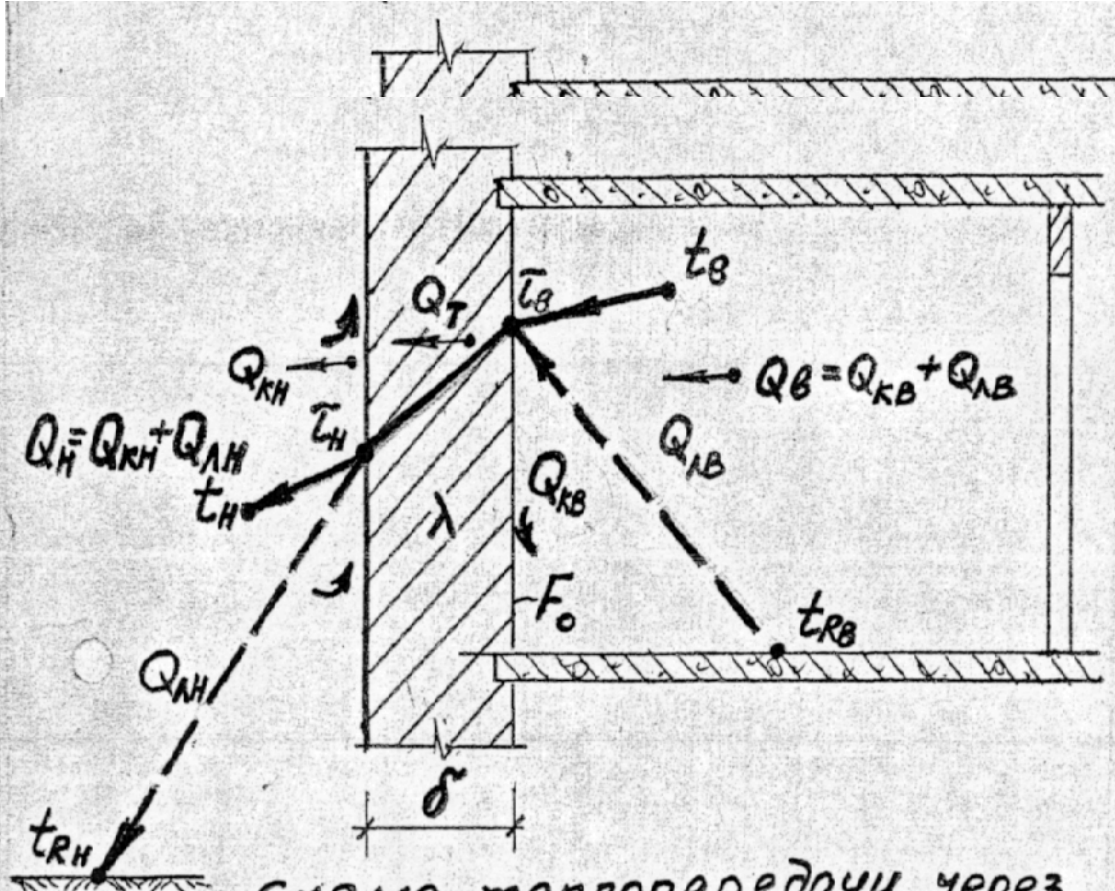
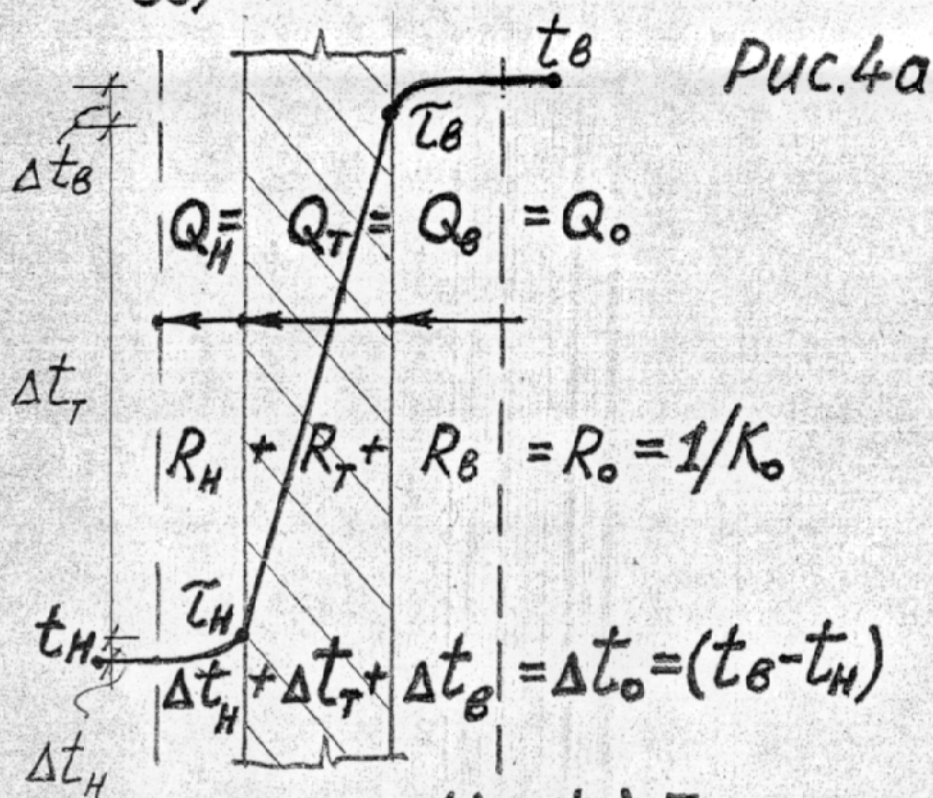


Схема теплопередачи через
ограждение помещения



$$Q_0 = K_0 (t_B - t_H) \cdot F_0$$

$$R_0 = 1/\alpha_H + \sum R_T + R_{\text{вн}} + 1/\alpha_B$$

Рис. 4б

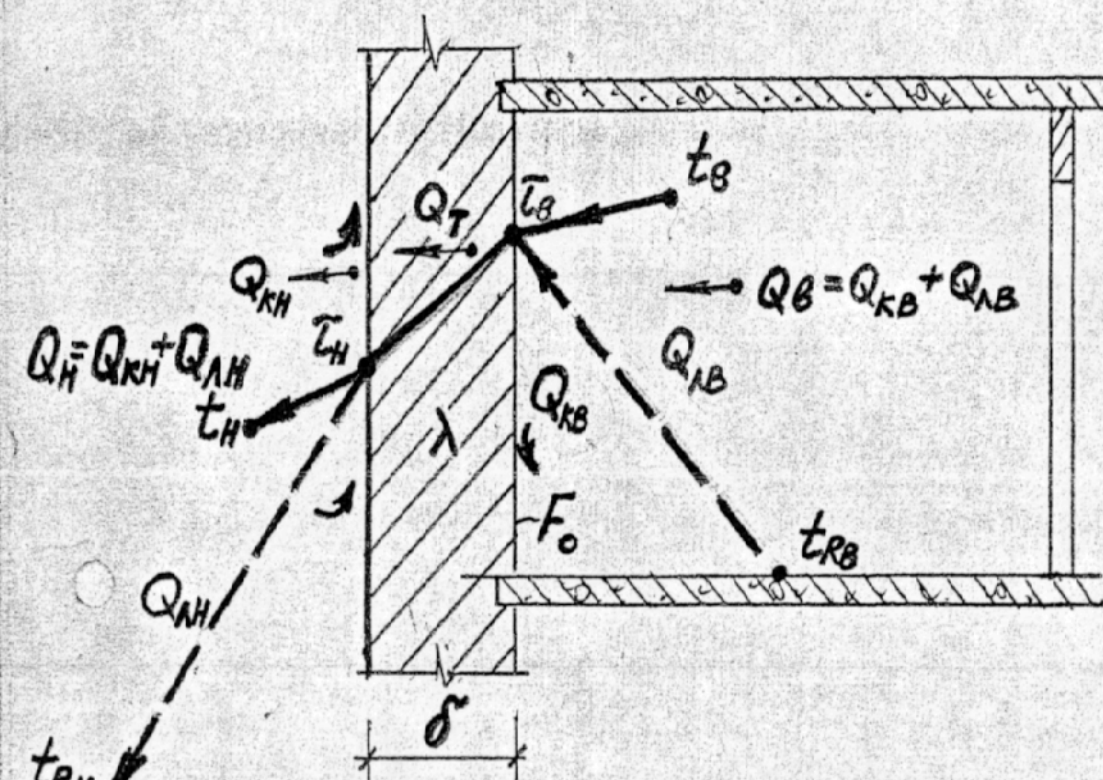
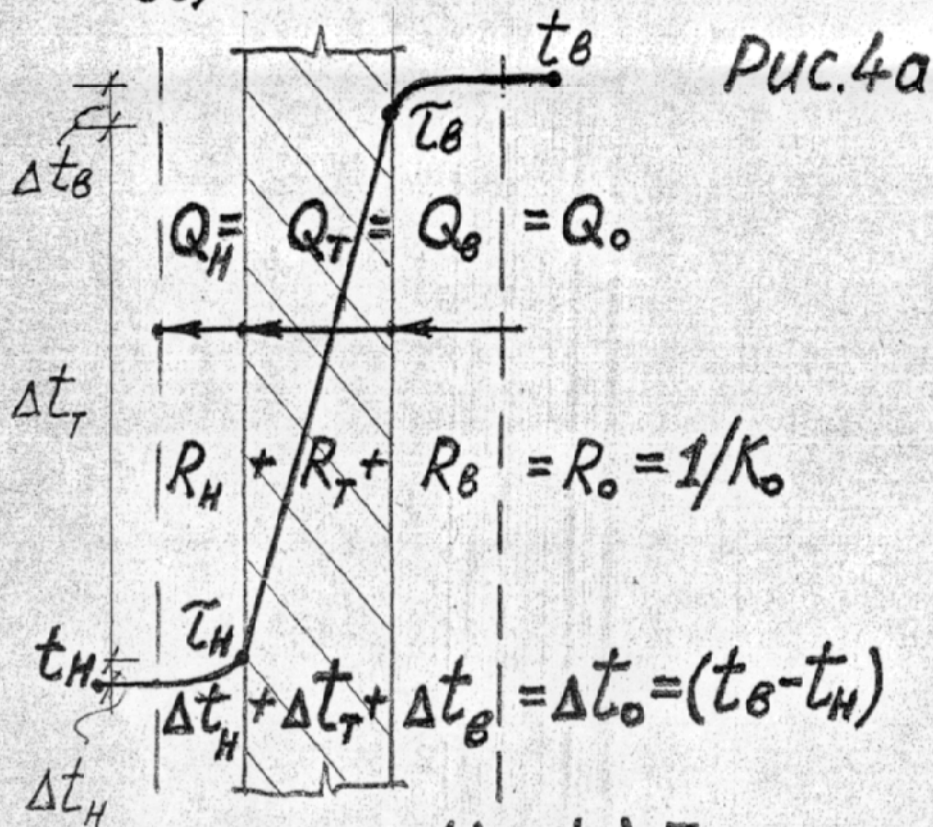


Схема теплопередачи через ограждение помещения



$$Q_0 = K_0 (t_B - t_H) \cdot F_0$$

$$R_0 = 1/\alpha_H + \sum R_T + R_{en} + 1/\alpha_B$$

Рис.4б

Возможно применение ограждения с неоднородной конструкцией в направлении, перпендикулярном направлению теплового потока. В этом случае среднее значение коэффициента теплопередачи ограждения следует находить по формуле

$$K_T = \frac{\sum (K_i \cdot F_i)}{\sum F_i}, \text{ а } R_T = \frac{\sum F_i}{\sum (K_i \cdot F_i)} = \frac{\sum F_i}{\sum (F_i / R_i)} \quad (3.22)$$

Кроме того, возможна неоднородность конструкции ограждения в направлении, перпендикулярном и параллельном тепловому потоку. В этом случае термическое сопротивление теплопередаче можно определить по формуле

$$R_T = 0,67 \cdot R_{Ti} + 0,33 \cdot R_{t2}$$

Значение температуры T_B и в любом сечении T_{B-X} ограждения определяется по формулам

$$\tau_\epsilon = t_\epsilon - \frac{R_\epsilon}{R} (t_\epsilon - t_n); \quad \tau_{\epsilon-X} = t_\epsilon - \frac{R_{\epsilon-X}}{R} (t_\epsilon - t_n) \quad (3.23)$$

где $R_{\epsilon-X}$ - сопротивление теплопередаче от внутренней среды помещения до сечения X в толще ограждения.

Расчетные величины α_ϵ , α_n ; $R_{\epsilon n}$ приведены в главе СНиП П-3-79*.

3.3. Теплопередача при нестационарном тепловом режиме

В действительности температуры t_n и t_ϵ колеблются в течение суток, недели и т. д. За определенный период (например, сутки) температура t_ϵ может достигать максимальное и минимальное значения, что и вызывает изменение теплового потока (рис. 5).

Изменения температур могут возникнуть в результате смены холодных и теплых масс наружного воздуха, при периодическом отоплении здания (печное отопление или временное отключение центральной системы отопления), под воздействием солнечной радиации.

Указанные воздействия могут привести к значительному снижению T_ϵ и созданию условий, при которых возможна конденсация водяных паров воздуха на внутренней поверхности наружных ограждений, или повышение T_ϵ в теплый период (рис. 5).

Эти обстоятельства должны быть учтены при выборе материалов и конструкций наружного ограждения в теплотехнических расчетах.

3.3.1. Теплоустойчивость наружного ограждения

Ограждающие конструкции по разному реагируют на колебания температуры воздуха и теплового потока. В толще одних конструкций быстро изменяется температура при колебаниях температуры наружного воздуха, в других - медленно. Эти отличительные особенности связаны с теплоустойчивостью.

Теплоустойчивость есть свойство ограждения сохранять относительное постоянство температуры внутренней поверхности при колебаниях внутреннего теплового потока и наружной температуры. Она проявляется в уменьшении (гашении) проходящей через ограждение волны колебаний температуры.

Относительно колебаний внутренних тепловых воздействий A_a теплоустойчивость ограждения характеризуется коэффициентом теплоусвоения его внутренней поверхности Y_ϵ .

$$Y_\epsilon = A_q / A \tau_\epsilon \text{ Вт/м}^2\text{°C} \quad (3.24)$$

Коэффициент Y_ϵ выражает величину максимального изменения амплитуды колебания теплового потока, воспринимаемого внутренней поверхностью ограждения при $A \tau_\epsilon = 1^\circ\text{C}$.

Величина Y_ϵ ограждения значительной толщины, состоящего из однородного материала ($D > 1$), зависит только от физических свойств материала и принимается равным коэффициенту теплоусвоения материала S , Вт/м²°C.

$$S = \left(\frac{2\pi\lambda c\rho}{T} \right)^{0,5}, \text{ при } T = 24 \text{ ч } S = 0,51 (\lambda \cdot c \cdot \rho)^{0,5} \quad (3.25)$$

где C - удельная теплоемкость, Вт/м³ °С; ρ - плотность (объемная масса), кг/м³; T - период колебания, ч.

Наибольшее теплоусвоение имеют тяжелые теплопроводные материалы и наименьшее – легкие, малотеплопроводные материалы.

Мрамор, гранит - 21,9 ккал/м²ч °С (25,5 Вт/м²°С);

Железобетон - 46,1 ккал/м²ч °С (18,8 Вт/м²°С);

Пенобетон ($\rho = 1000$) - 6,03 ккал/м²ч °С (7,0 Вт/м²°С);

Кирпичная кладка из сплошного кирпича - 8,68 ккал/м²ч °С (10,1 Вт/м²°С);

Пенопласт - 0,85 ккал/м²ч °С 1,0 Вт/м²°С).

Это наглядно представляется на простом примере. Если одной ногой встать на пол бетонный, другой - на деревянный, то почувствуем, что в первом случае пол холодный, во втором - теплый, хотя температура поверхности их одинаковая. Все дело в разном количестве отбираемой теплоты и интенсивности отдачи его телом при различном значении коэффициента теплоусвоения S .

Относительно изменений наружной температуры теплоустойчивость ограждения характеризуется двумя показателями:

а) показателем сквозного затухания температурных колебаний ν при прохождении температурной волны через ограждение.

$$\nu = At_n / A\tau_{\epsilon} \quad (3.26)$$

б) показателем запаздывания температурных колебаний ϵ при проникновении температурной волны через ограждение, ч.

$$\epsilon = 2,7 \cdot D - 0,4 \quad (3.27)$$

На рис. 5 показано, как по мере удаления от наружной поверхности амплитуда колебания температуры в толще уменьшается и, следовательно, температурные волны затухают.

Для характеристики температурных волн, располагающихся в толще ограждения, предложена величина показателя тепловой инерции D ограждения.

$$D = \sum R_{Ti} \cdot S_i$$

В ограждении, имеющем $D=8,5$, располагается около одной целой температурной волны. Причем, в слое резких колебаний располагается около 1/8 длины температурной волны, т.е. $D = R \cdot S = I$.

При проектировании зданий и сооружений в районах со среднемесячной температурой июля 21°С и выше необходимо проверять наружные ограждающие конструкции по амплитуде температуры внутренней поверхности ограждающих

конструкций (наружных стен с тепловой инерцией менее 4 и покрытий менее 5). Это требование распространяется на здания жилые, больничные учреждения, дома ребенка, дома интернаты для престарелых и инвалидов, дошкольные учреждения, а также производственные здания, в которых по условиям технологии следует поддерживать оптимальные параметры воздуха в рабочей зоне.

$$A\tau_{\epsilon}^p \leq A\tau_{\epsilon}^{mp} = 2,5 - 0,1(t_{n7}^{cp} - 21); \quad (3.29)$$

где t_{n7}^{cp} - среднемесячная температура наружного воздуха за июль.

$$A\tau_{\epsilon}^p = A\tau_n^{mp} / \nu \quad (3.30)$$

Расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха At_n^p следует определять по формуле

$$At_n^p = 0,5 \cdot At_n + \rho_1 (J^{max} - J^{cp}) / \alpha_n$$

где At_n - максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, принимается по СНиП 2.01.01-82;

ρ_1 - коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхности материала ограждающей конструкции;

J^{max} , J^{cp} - соответственно максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), принимаемой по СНиП 2.01.01-82 для наружных стен (как для вертикальных поверхностей) и для покрытий (как для горизонтальной поверхности).

Коэффициент теплоотдачи λ_n наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям следует определять по формуле

$$\lambda_n = \left(5 + 10 \sqrt{V_{н7}} \right) \cdot 1,16$$

где $V_{н7}$ - минимальная из средних скоростей ветра, порывам за июль, повторяемость которых составляет 16 % и более. $V > 1$ м/с.

Показатель сквозного затухания колебаний в ограждении можно приближенно определить по формуле при $D > 1,5$

$$\nu = 2^D \left(0,83 + 3,49 \cdot R_T / D \right) \cdot \beta_{en} \cdot \beta_{cl}$$

где β_{en} - коэффициент, учитывающий возможное наличие в ограждении воздушной прослойки

$$\beta_{en} = 1 + 0,5 \cdot R_{en} \cdot D / R_T. \quad (3.34)$$

Коэффициент β_{cl} учитывает последовательность расположения основных (теплоизоляционного и конструктивного) слоев материалов в многослойном ограждении

$$\beta_{cl} = 0,85 + 0,15 \cdot S_{yT} / S_H. \quad (3.35)$$

$$\text{для однослойной конструкции } \beta_{cl} = 1 (S_H \approx S_{yT}) \quad (3.36)$$

$$\text{При } D < 1,5 \quad \nu = R_o \cdot \alpha_v \quad (3.37)$$

Теплотехнические показатели λ, S, μ, ω строительных материалов и конструкций следует выбирать с учетом условий эксплуатации ограждающих конструкций (А и Б), которые зависят от влажностного режима помещений зданий и сооружений в зимний период (табл.1), зоны влажности района строительства (по прил. 1) и определяются по прил.2 СНиП 11-3-79* или СНиП 23-02-2003.

Территория бывш. СССР разбита на три зоны влажности: I -влажная, 2 - нормальная, 3 - сухая. К 1-ой зоне, например, отнесено побережье Приморского края, Камчатки, Чукотки, большая часть Сахалина, Кольский полуостров, побережье Прибалтики и Ленинградская область, большая часть Карельской АССР, а также Черноморское побережье Кавказа.

К 3-й сухой зоне отнесена Молдавия, южная часть Украины, районы Черноземья, среднего и южного Поволжья, Средняя Азия, Казахстан, центральная часть Сибири.

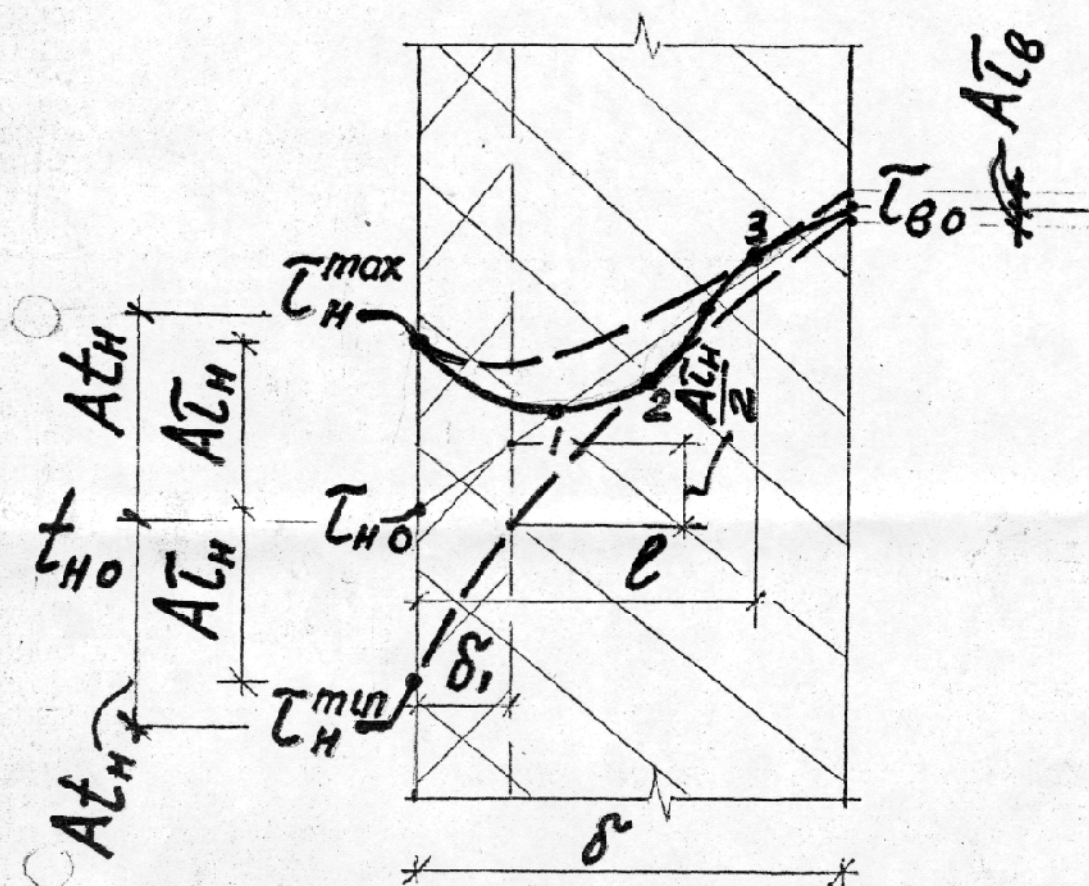


Рис.5 Схема колебаний температуры в толще ограждения.

λ - длина волны ($D \approx 8,5$)
 δ_1 - толщина слоя резких колебаний ($D \approx 1$)

Рис.5

3.4. Требования к теплозащите здания. Энергосберегающие мероприятия.

1. СНиП 23-02-2003 установлены следующие показатели тепловой защиты здания:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания;

б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы (ограничение температуры и конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции);

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений здания и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя.

Требования тепловой защиты здания можно считать выполненными, если в жилых и общественных зданиях будут соблюдены требования показателей "а" и "б", либо "б" и "в", а в зданиях производственного назначения – требования показателей "а" и "б".

2. С целью контроля соответствия **нормируемых данными нормами показателей** на разных стадиях создания и эксплуатации здания следует заполнять энергетический паспорт здания согласно указаниям раздела 12 СНиП 23-02-2003. При этом допускается превышение нормируемого удельного расхода энергии на отопление при соблюдении требований 3.3.

3. Приведенное сопротивление теплопередаче $R_{\text{пр}}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций, а также окон и фонарей (с вертикальным остеклением или с углом наклона более 45°) следует принимать не менее нормируемых значений из условия энергосбережения R_{req} , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, определяемых по таблице 3.1. в зависимости от градусо-суток района строительства D_d , $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$.

Градусо-сутки отопительного периода D_d , $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$, определяют по формуле

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}}) z_{\text{ht}}, \quad (3.38)$$

где t_{int} - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, $^\circ\text{C}$, принимаемая для расчета ограждающих конструкций группы зданий по поз.1 таблицы 3.1. по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по ГОСТ 30494 (в интервале $20-22^\circ\text{C}$), для группы зданий по поз. 2 таблицы 3.1. - согласно классификации помещений и минимальных значений оптимальной температуры по ГОСТ 30494 (в интервале $16-21^\circ\text{C}$), зданий по поз.3 таблицы 3.1. - по нормам проектирования соответствующих зданий;

t_{ht} , z_{ht} - средняя температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$, и продолжительность, сут, отопительного периода, принимаемые по СНиП 23-01-99* для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 10°C - при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых, и не более 8°C - в остальных случаях.

Таблица 3.1. Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (СНиП 23-02-2003)

Здания и помещения, коэффициенты a и b .	Градусо-сутки отопи-	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче R_{req} , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций
--	----------------------	---

	тельного периода D_d , °С·сут	Стен	Покры- тий,пере- крытий над проезда- ми	Перекрытий чердачных, над неотапливаемы- ми подпольями и подвалами	Окон и балкон- ных дверей, витрин и витражей	Фонарей с верти- кальным остекле- нием
1	2	3	4	5	6	7
1 Жилые, лечебно- профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
a	-	0,00035	0,0005	0,00045	-	0,000025
b	-	1,4	2,2	1,9	-	0,25
2 Общие, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания и помещения с с влажным или мокрым режимом	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
a	-	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
b	-	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
3 Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
a	-	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025	0,000025
b	-	1,0	1,5	1,0	0,2	0,15

Примечания

1 Значения R_{reg} для величин D_d , отличающихся от табличных, следует определять по формуле

$$R_{reg} = \alpha D_d + b,$$

где D_d - градусо-сутки отопительного периода, °С·сут, для конкретного пункта;

α , b - коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий, за исключением графы 6 для группы зданий в поз.1, где для

интервала до 6000 °С·сут: $\alpha = 0,000075$, $b = 0,15$; для интервала 6000-8000 °С·сут: $\alpha = 0,00005$, $b = 0,3$; для интервала 8000 °С·сут и более: $\alpha = 0,000025$, $b = 0,5$.

2 Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше нормируемого сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих конструкций.

3 Нормируемые значения сопротивления теплопередаче чердачных и цокольных перекрытий, отделяющих помещения здания от неотапливаемых пространств с температурой t_c ($t_{ext} < t_c < t_{int}$), следует уменьшать умножением величин, указанных в графе 5, на коэффициент n , определяемый по примечанию к таблице 3.2. При этом расчетную температуру воздуха в теплом чердаке, теплом подвале и остекленной лоджии и балконе следует определять на основе расчета теплового баланса.

4 Допускается в отдельных случаях, связанных с конкретными конструктивными решениями заполнений оконных и других проемов, применять конструкции окон, балконных дверей и фонарей с приведенным сопротивлением

теплопередаче на 5% ниже установленного в таблице.

5 Для группы зданий в поз.1 нормируемые значения сопротивления теплопередаче перекрытий над лестничной клеткой и теплым чердаком, а также над проездами, если перекрытия являются полом технического этажа, следует принимать, как для группы зданий в поз.2.

б) Санитарно- гигиенический показатель теплозащиты, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на внутренней поверхности ограждающих конструкций, а также ограничение температуры и конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции.

4. Для производственных зданий с избытками явной теплоты более 23 Вт/м³ и зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации (осенью или весной), а также зданий с расчетной температурой внутреннего воздуха 12 °С и ниже приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций (за исключением светопрозрачных) R_{reg} , м²·°С/Вт, следует принимать не менее значений, определяемых по формуле

$$R_{reg} = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \alpha_{int}}, \quad (3.39)$$

где n - коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в

таблице 3.1.;

Δt_n - нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха t_{int} и температурой внутренней поверхности τ_{int} ограждающей конструкции, °С, принимаемый по таблице 3.2.;

α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м²·°С), принимаемый по таблице 3.3.;

t_{int} - то же, что и в формуле (3.38);

t_{ext} - расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, для всех зданий, кроме производственных зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СНиП 23-01-99*.

В производственных зданиях, предназначенных для сезонной эксплуатации, в качестве расчетной температуры наружного воздуха в холодный период года t_{ext} , °С, следует принимать минимальную температуру наиболее холодного месяца, определяемую как среднюю месячную температуру января по таблице 3* СНиП 23-01-99*, уменьшенную на среднюю суточную амплитуду температуры воздуха наиболее холодного месяца (таблица 1* СНиП 23-01-99*).

Нормативное значение R_{reg} сопротивления теплопередаче перекрытий над проветриваемыми подпольями следует принимать по СНиП 11-3-79*..

5. Для определения нормируемого сопротивления теплопередаче внутренних ограждающих конструкций R_{reg} при разности расчетных температур воздуха между помещениями 6 °С и выше в формуле (3.39) следует принимать $n = 1$ и вместо t_{ext} - расчетную температуру воздуха более холодного помещения.

Для теплых чердаков и техподполий, а также в неотапливаемых лестничных клетках жилых зданий с применением квартирной системы теплоснабжения расчетную температуру воздуха в этих помещениях следует принимать по расчету теплового баланса, но не менее 2 °С для техподполий и 5 °С для неотапливаемых лестничных клеток.

6. Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 , м²·°С/Вт, для наружных стен следует рассчитывать для фасада здания либо для одного промежуточного этажа с учетом откосов проемов без учета их заполнений.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, контактирующих с грунтом, следует определять по СНиП 41-01.

Приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных конструкций (окон, балконных дверей, фонарей) принимается на основании сертификационных испытаний; при отсутствии результатов сертификационных испытаний следует принимать значения по своду правил.

7. Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 , м²·°С/Вт, входных дверей и дверей (без тамбура) квартир первых этажей и ворот, а также дверей квартир с неотапливаемыми лестничными клетками должно быть не менее произведения 0,6 R_{reg} (произведения 0,8 R_{reg} - для входных дверей в многоквартирные дома), где R_{reg} - приведенное сопротивление теплопередаче стен, определяемое по формуле (3.39); для дверей в квартиры выше первого этажа зданий с отапливаемыми лестничными клетками - не менее 0,55 м²·°С/Вт.

8. Расчетный температурный перепад Δt_0 , °С, между температурой внутреннего

воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемых величин Δt_n , °С, установленных в таблице 3.4., и определяется по формуле

$$\Delta t_0 = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_0 \alpha_{int}}, \quad (3.40)$$

где n - то же, что и в формуле (3.39);

t_{int} - то же, что и в формуле (3.39);

t_{ext} - то же, что и в формуле (3.39).

R_0 - приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, м²·°С/Вт;

α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м²·°С), принимаемый по таблице 3.3.

Таблица 3.1. Коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху (СНиП 23-02-2003).

Ограждающие конструкции	Коэффициент n
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), зенитные фонари, перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной климатической зоне	1
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной климатической зоне	0,9
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4
Примечание - Для чердачных перекрытий теплых чердаков и цокольных перекрытий над подвалами с температурой воздуха в них t_c большей t_{ext} , но меньшей t_{int} коэффициент n следует определять по формуле $n = (t_{int} - t_c) / (t_{int} - t_{ext}).$	

Таблица 3.2 Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции (СНиП 23-02-2003).

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt_n , °С, для			
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями	Зенитных фонарей
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_{int} - t_d$
2. Общественные, кроме указанных в поз.1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_{int} - t_d$
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	$t_{int} - t_d$, но не более 7	$0,8(t_{int} - t_d)$, но не более 6	2,5	$t_{int} - t_d$
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_{int} - t_d$	$0,8(t_{int} - t_d)$	2,5	-
5. Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м³) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха более 50%	12	12	2,5	$t_{int} - t_d$
Обозначения: t_{int} - то же, что в формуле (3..2); t_d - температура точки росы, °С, при расчетной температуре t_{int} и относительной влажности внутреннего воздуха, принимаемым согласно 9. и 10., СанПиН 2.1.2.1002, ГОСТ 12.1.005 и СанПиН 2.2.4.548, СНиП 41-01 и нормам проектирования соответствующих зданий. Примечание - Для зданий картофеле- и овощехранилищ нормируемый температурный перепад Δt_n для наружных стен, покрытий и чердачных перекрытий следует принимать по СНиП 2.11.02.				

Таблица 3.3. Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции (СНиП 23-02-2003).

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи α_{int} , Вт/(м ² ·°С)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9
Примечание - Коэффициент теплоотдачи α_{int} внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии с СНиП 2.10.03.	

Таблица 3.4. Влажностный режим помещений здания (СНиП 11-3-79*) .

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре		
	до 12°С	св. 12 до 24°С	св. 24°С
Сухой	До 60	До 50	До 40
Нормальный	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60	Св. 40 до 50
Влажный	Св. 75	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60
Мокрый	-	Св. 75	Св. 60

9. Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции (за исключением вертикальных светопрозрачных конструкций) в зоне теплопроводных включений (диафрагм, сквозных швов из раствора, стыков панелей, ребер, шпонок и гибких связей в многослойных панелях, жестких связей облегченной кладки и др.), в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарях должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период года.

Примечание - Относительную влажность внутреннего воздуха для определения температуры точки росы в местах теплопроводных включений ограждающих конструкций, в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарей следует принимать:

- для помещений жилых зданий, больничных учреждений, диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, общеобразовательных детских школ, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов - 55%, для помещений кухонь - 60%, для ванных комнат - 65%, для теплых подвалов и подполий с коммуникациями - 75%;
- для теплых чердаков жилых зданий - 55%;
- для помещений общественных зданий (кроме выше указанных) - 50%.

10. Температура внутренней поверхности конструктивных элементов остекления окон зданий (кроме производственных) должна быть не ниже плюс 3 °С, а

непрозрачных элементов окон - не ниже температуры точки росы при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период года, для производственных зданий - не ниже 0 °С.

11. В жилых зданиях коэффициент остекленности фасада f должен быть не более 18% (для общественных - не более 25%), если приведенное сопротивление теплопередаче окон (кроме мансардных) меньше: 0,51 м²·°С/Вт при градусо-сутках 3500 и ниже; 0,56 м²·°С/Вт при градусо-сутках выше 3500 до 5200; 0,65 м²·°С/Вт при градусо-сутках выше 5200 до 7000 и 0,81 м²·°С/Вт при градусо-сутках выше 7000. При определении коэффициента остекленности фасада f в суммарную площадь ограждающих конструкций следует включать все продольные и торцевые стены. Площадь светопроемов зенитных фонарей не должна превышать 15% площади пола освещаемых помещений, мансардных окон - 10%.

12. Удельный (на 1 м² отапливаемой площади пола квартир или полезной площади помещений [или на 1 м³ отапливаемого объема]) расход тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} , кДж/(м²·°С·сут) или [кДж/(м³·°С·сут)], определяемый по приложению Г СНиП 23-02-2003, должен быть меньше или равен нормируемому значению q_h^{req} , кДж/(м²·°С·сут) или [кДж/(м³·°С·сут)], и определяется путем выбора теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания, объемно-планировочных решений, ориентации здания и типа, эффективности и метода регулирования используемой системы отопления до удовлетворения условия.

$$q_h^{req} \geq q_h^{des}, \quad (3.41)$$

где q_h^{req} - нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания, кДж/(м²·°С·сут) или [кДж/(м³·°С·сут)], определяемый для различных типов жилых и общественных зданий:

а) при подключении их к системам централизованного теплоснабжения по таблице 3.6. или 3.7.;

б) при устройстве в здании поквартирных и автономных (крышных, встроенных или пристроенных котельных) систем теплоснабжения или стационарного электроотопления - величиной, принимаемой по таблице 3.5. или 3.6., умноженной на коэффициент ε , рассчитываемый по формуле

$$\varepsilon = \varepsilon_{dec} / \varepsilon_0^{des}, \quad (3.42)$$

где ε_{dec} , ε_0^{des} - расчетные коэффициенты энергетической эффективности поквартирных и автономных систем теплоснабжения или стационарного электроотопления и централизованной системы теплоснабжения соответственно, принимаемые по проектным данным осредненными за отопительный период. Расчет этих коэффициентов приведен в своде правил.

Таблица 3.5. Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление q_h^{req} жилых домов многоквартирных отдельно стоящих и блокированных, кДж/(м²·°С·сут) (СНиП 23-02-2003).

Отапливаемая площадь домов, м ²	С числом этажей			
	1	2	3	4
60 и менее	140	-	-	

100	125	135	-	-
150	110	120	130	-
250	100	105	110	115
400	-	90	95	100
600	-	80	85	90
1000 и более	-	70	75	80

Примечание - При промежуточных значениях отапливаемой площади дома в интервале 60-1000 м² значения q_h^{req} должны определяться по линейной интерполяции.

Таблица 3.6. Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление зданий q_h^{req} , кДж/(м²·°С·сут) или [кДж/(м³·°С·сут)] (СНиП 23-02-2003).

Типы зданий	Этажность зданий					
	1-3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1. Жилые, гостиницы, общежития	По таблице 3.5	85[31] для 4-этажных многоквартирных и блокированных домов – по таблице 3.5	80[29]	76[27,5]	72[26]	70[25]
2. Общественные, кроме перечисленных в поз.3, 4 и 5 таблицы	[42]; [38]; [36] соответственно нарастанию этажности	[32]	[31]	[29,5]	[28]	-
3. Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	[34]; [33]; [32] соответственно нарастанию этажности	[31]	[30]	[29]	[28]	-
4. Дошкольные учреждения	[45]	-	-	-	-	-
5. Сервисного обслуживания	[23]; [22]; [21] соответственно нарастанию этажности	[20]	[20]	-	-	-
6. Административно	[36]; [34]; [33] соответственно	[27]	[24]	[22]	[20]	[20]

го назначения (офисы)	но нарастанию этажности					
Примечание - Для регионов, имеющих значение $D_d = 8000$ °С·сут и более, нормируемые q_h^{req} следует снизить на 5%.						

3. 5. Теплотехнический и влажностный расчет наружных ограждающих конструкций.

3.5.1. Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций.

Конечной целью теплотехнического расчета является определение коэффициента теплопередачи отдельных ограждающих конструкций здания (наружных стен, чердачного и цокольного перекрытий, окон и т.д.).

В результате теплотехнического расчета, зная приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, определяют:

- расчетное сопротивление теплопередаче и необходимую толщину теплоизоляционного слоя наружных ограждений (в курсовом проекте – наружной стены), их окончательное сопротивление и коэффициент теплопередачи;
- тип заполнения световых проемов с учетом требуемого сопротивления воздухопроницанию.

3.5.2. Определение приведенного и расчетного сопротивления теплопередаче наружных ограждений.

В начале, по соответствующей формуле 3.39. и табл.3.1 находится приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений R_{0}^{np} . Для расчета в дальнейшем принимается большее из определенных приведенных сопротивлений теплопередаче.

Расчетное сопротивление теплопередаче однородного наружного ограждения (или неоднородного в характерном сечении, без теплопроводных включений) R_0^p , $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, и термическое сопротивление слоя утеплителя $R_{ут}$ определяют, пользуясь формулами (СНиП 11-3 -79*, СНиП 23-02):

$$R_0^p = 1/\alpha_B + \sum_i R_{Ti} + 1/\alpha_H = R_0^{np} / r, \quad (3.43)$$

$$R_{Ti} = \delta_i / \lambda_i, \quad (3.44)$$

откуда
$$R_{ут} = \left(R_0^{np} / r \right) - \left(1/\alpha_B + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + 1/\alpha_H \right); \quad (3.45)$$

где R_0^p - расчетное сопротивление теплопередаче однородного наружного ограждения (или неоднородного в характерном сечении), $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$;

R_{Ti} - термическое сопротивление теплопередаче отдельного материального слоя, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$;

$R_{в.п}$ - термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, принимаемой по прил.4 (СНиП 11-3-79*);

r - коэффициент теплотехнической однородности конструкции, принимаемый по прил.13* СНиП 11-3-79* (или п.п 6.1.5 -6.1.7 СП 23-02-2003);

δ_i и λ_i - соответственно толщина, м, и коэффициент теплопроводности слоев конструкции, кроме утеплителя, Вт/м °С;

α_n - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, принимаемый по табл. 3.7.

Расчетную толщину утеплителя следует определять по формуле:

$$\delta_{\text{ут}}^p = R_{\text{ут}} \cdot \lambda_{\text{ут}} \quad (3.46)$$

Окончательная толщина слоя утеплителя $\delta_{\text{ут}}^{\text{ок}}$ принимается кратной 1 см, $\delta_{\text{ут}}^{\text{ок}} \geq \delta_{\text{ут}}^p$.

Окончательное значение приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены (если принятая толщина отличается от расчетной) определяется по формуле:

$$R_0^{\text{пр.ок.}} = \left[\left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} \right) + \frac{\delta_{\text{ут}}^{\text{ок}}}{\lambda_{\text{ут}}} \right] \cdot r = R_0^{\text{р.ок.}} \cdot r \quad (3.47)$$

где $R_0^{\text{р.ок.}}$ - окончательное расчетное сопротивление теплопередаче наружной стены.

Коэффициент теплопередачи наружной стены определяют по формуле:

$$K = \frac{1}{R_0^{\text{пр.ок.}}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С} \quad (3.48)$$

Таблица 3.7. Коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции (СНиП 11-3-79*).

Наружная поверхность	Коэффициент теплоотдачи α_n , Вт/(м ² °С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Теплотехнические показатели материальных слоев рассматриваемого варианта конструкции наружной стены можно принимать по прил. 3* СНиП 11-3-79* в зависимости от условий эксплуатации ограждающих конструкций. Условия эксплуатации ограждающих конструкций (А или Б) устанавливаются по табл.3.9 в зависимости от влажностного режима помещений зданий и сооружений (по табл.3.1) и зоны влажности населенного пункта (см. прил. В СНиП 23-02-2003).

Таблица 3.9. Условия эксплуатации ограждающих конструкций (СНиП 23-02-2003).

Влажностный режим помещений зданий (по таблице 3.1.)	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

3.5.3. Проверка отсутствия конденсации водяных паров в толще наружной стены

Прежде о видах влаги, появляющейся в ограждениях.

1. Строительная влага, вносимая при возведении здания.
2. Грунтовая влага, поступающая в ограждение из грунта вследствие капиллярного всасывания и поднимающаяся до 2- 2,5 м.
3. Влага атмосферных осадков.
4. Эксплуатационная влага, поступающая в ходе эксплуатации здания.
5. Гигроскопическая влага, находящаяся в ограждении вследствие способности материала поглощать (сорбировать) влагу из воздуха.
6. Наконец, влага, поступающая из воздуха и образуемая на поверхности или в толще ограждения в холодный период года при определенных условиях

В связи с увеличением сопротивления теплопередаче наружных ограждений в 2-3 раза температура внутренней поверхности, как правило, больше температуры точки росы (конденсации). Поэтому достаточно проверки возможной конденсации водяных паров в толще наружного ограждения. Конденсация водяных паров отсутствует, если в любом сечении ограждения, перпендикулярном направлению теплового потока, значение парциального давления водяного пара e_{xi} меньше значения упругости водяного пара при полном насыщении E_{xi} . Величина e_{xi} определяется для средней температуры t_{xm} и относительной влажности ϕ_{xm} воздуха самого холодного месяца.

Расчет t_{xi} и e_{xi} ведется для сечений ограждения, расположенных на границе слоев многослойной конструкции. Однослойная наружная стена разбивается на три слоя равной толщины, а слой утеплителя разбивается пополам.

$$t_{xi} = t_B - \frac{\sum R_{xi}}{R_{0\text{П.ОК.}}} (t_B - t_{xm}), \quad (3.49)$$

$$e_{xi} = e_B - \frac{\sum R_{pxi}}{R_{0П}} (e_B - e_H), \quad (3.50)$$

$$e_B = E_B \cdot \phi_B; \quad (3.51)$$

$$e_H = E_H \cdot \phi_{xm}, \quad (3.52)$$

где $\sum R_{xi}$ - сопротивление теплопередаче от воздуха помещения до рассматриваемого сечения X, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, определяемое по формуле:

$$\sum R_{xi} = R_B + \sum_1^{xi} \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (3.53)$$

$\sum R_{pxi}$ - сопротивление паропрооницанию от воздуха помещения до рассматриваемого сечения X, в котором определяется упругость e_{xi} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$, определяемое по формуле:

$$\sum R_{\text{пxi}} = R_{\text{пв}} + \sum_{i=1}^{xi} \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (3.54)$$

$R_{\text{оп}}$ - общее сопротивление паропрониканию конструкции стены, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, определяемое по формуле:

$$R_{\text{оп}} = R_{\text{пв}} + \sum_{i=1}^i \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{\text{пн}}, \quad (3.55)$$

$E_{\text{в}}$, $E_{\text{н}}$ - упругость водяных паров, Па, при полном насыщении, соответствующая температуре $t_{\text{в}}$ и $t_{\text{хм}}$;

$e_{\text{в}}$ - упругость водяного пара воздуха в помещении, Па, при расчетной температуре и относительной влажности $\phi_{\text{в}}$, принимаемой по СНиП 11-3-79* или СНиП 23-02-2003;

$e_{\text{н}}$ - упругость водяного пара наружного воздуха, Па, при температуре и относительной влажности самого холодного месяца;

μ_i - коэффициент паропроницаемости, $\text{мг} / (\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$;

$R_{\text{пв}}$ - сопротивление влагообмену на внутренней поверхности ограждения, принимаемое равным $0,0267 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;

$R_{\text{пн}}$ - сопротивление влагообмену на наружной поверхности стены, принимаемое равным $0,0053 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$.

Значение E_{xi} можно определить по табл. 3.10. или формуле Фильнея (при любой температуре).

При $e_{\text{xi}} > E_{\text{xi}}$ в любом сечении дополнительно следует построить график изменения t_{xi} , e_{xi} и E_{xi} для определения зоны возможной конденсации водяных паров.

$$E_{\text{xi}} = 133,3 \cdot 10^{(156 + 8,12 \cdot t) / (236 + t)} \quad (3.56)$$

Таблица 3.10. Упругость насыщенного водяного пара, Па, для различных значений температур при барометрическом давлении, равном 100,7 кПа

$t, ^\circ\text{C}$	$E, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$E, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$E, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$E, \text{Па}$
20	2338	10	1228	0	611	-10	260
19	2137	9	1148	-1	563	-11	237
18	2064	8	1072	-2	517	-12	217
17	1937	7	1001	-3	476	-13	199
16	1818	6	935	-4	437	-14	181
15	1705	5	872	-5	402	-15	165
14	1599	4	813	-6	369	-16	151
13	1497	3	759	-7	338	-17	137
12	1403	2	705	-8	310	-18	125
11	1312	1	657	-9	284	-19	113

3.5.4. Проверка допустимости конденсации водяных паров в толще наружной стены

Конденсация водяных паров в толще ограждающей конструкции нормами допускается при условии, если сопротивление паропроницанию $R_{\text{опх}}$ ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности от плоскости возможной конденсации) будет не менее наибольшего из следующих требуемых сопротивлений паропроницанию (СНиП 11-3-79*, 23-02-2003):

а) требуемого сопротивления паропроницанию $R_{\text{п1}}^{\text{тр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле (СНиП 11-3-79*, 23-02);

б) требуемого сопротивления паропроницанию $R_{\text{п2}}^{\text{тр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха), определяемого по формуле (СНиП 11-3-79*, 23-02-2003).

При установлении конденсации водяных паров в толще допустимость конденсации в курсовой работе определяется по формуле (34) [СНиП 11-3-79*].

$$R_{\text{п1}}^{\text{тр}} = R_{\text{пн}} \cdot (e_{\text{в}} - E_{\text{г}}) / (E_{\text{г}} - e_{\text{нг}}), \quad (3.57)$$

$$E_{\text{г}} = (E_{\text{з}} \cdot Z_{\text{з}} + E_{\text{во}} \cdot Z_{\text{во}} + E_{\text{л}} \cdot Z_{\text{л}}) / 12, \quad (3.58)$$

где $R_{\text{пн}}$ - сопротивление паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между её наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации. $R_{\text{пн}}$ многослойной ограждающей конструкции равно сумме сопротивлений паропроницанию составляющих ее слоев [СНиП 11-3-79*];

$e_{\text{нг}}$ - средняя упругость водяного пара наружного воздуха за годовой период, определяемая по СНиП «Строительная климатология»;

$E_{\text{г}}$ - упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации;

$E_{\text{з}}, E_{\text{во}}, E_{\text{л}}$ - упругости водяного пара, принимаемые по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха соответственно зимнего (з), весенне-осеннего (во) и летнего (л) периода;

$Z_{\text{з}}, Z_{\text{во}}, Z_{\text{л}}$ - продолжительность, мес., зимнего (при $t_{\text{н}} < -5^{\circ}\text{C}$), весенне-осеннего ($-5^{\circ}\text{C} < t_{\text{н}} \leq 5^{\circ}\text{C}$) и летнего (при $t_{\text{н}} > 5^{\circ}\text{C}$) периодов.

Плоскость возможной конденсации в многослойной конструкции совпадает с наружной поверхностью утеплителя.

В случае если условия а) и б) не выполняются, необходимо принимать меры по увеличению сопротивления паропроницанию материальных слоев ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации.

Количество водяного пара P , г, проходящего через стенку в стационарных условиях, можно найти по формуле

$$P = (e_{\text{в}} - e_{\text{н}}) \cdot F \cdot Z \cdot \mu / \delta \quad (3.59)$$

где F - площадь поверхности наружного ограждения, м^2 ; Z - время, ч.

Количество влаги ΔP , $\text{г} / \text{м}^2 \cdot \text{ч}$, которое конденсируется в стене, определяется по формуле

$$\Delta P = P_1 - P_2; \quad (3.60)$$

$$P_1 = (e_{\text{в}} - E_1) \mu_1 / \delta_1; \quad (3.61)$$

$$P_2 = (E_2 - e_{\text{н}}) \mu_3 / \delta_3 \quad (3.62)$$

где P_1, P_2 - количество влаги, г, перед началом и после конденсации водяных

паров;

E_1, E_2 - упругость водяных паров, Па, в плоскости начала и окончания конденсации;

δ_1, δ_3 - толщина слоя стенки перед и после конденсации водяных паров, м.

3.5.6. Выбор заполнения световых проемов по сопротивлению воздухопроницанию.

В соответствии с СНиП 11-3-79* необходимо проведение расчета по определению требуемого (минимально допустимого) сопротивления воздухопроницанию ограждающих конструкций. Наиболее слабыми по воздухопроницанию являются окна и балконные двери. Сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий, а также окон и фонарей производственных зданий $R_{и}$ должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию $R_{и}^{тр}$, $м^2 \text{ ч/кг}$, определяемого по формуле

$$R_{и}^{тр} = \frac{1}{G^H} \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{2/3}, \quad (3.63)$$

где Δp - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па,;

G^H - нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, $кг/(м^2 \cdot ч)$, принимаемая по табл. 3.11.;

$\Delta p_0 = 10$ Па - разность давления воздуха, при которой определяется сопротивление воздухопроницанию $R_{и}$.

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций Δp , Па, следует определять по формуле

$$\Delta p = 0,55H (\gamma_n - \gamma_v) + 0,03 \gamma_n v^2, \quad (3.64)$$

где H - высота здания (от поверхности земли до верха карниза), м;

γ_n, γ_v - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, $Н/м^3$,

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t}; \quad (3.65)$$

определяемый по формуле

здесь t - температура воздуха внутреннего (для определения γ_v) и наружного (для определения γ_n);

v - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более, принимаемая согласно СНиП 23-01-99*; для типовых проектов скорость ветра v следует принимать равной 5 м/с, а в климатических подрайонах 1Б и 1Г - 8 м/с.

Таблица 3.11. Нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций (СНиП 11-3-79*).

Ограждающие конструкции	Воздухопроницаемость G^H , $кг/(м^2 \cdot ч)$, не более
1. Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых общественных, административных и бытовых зданий и помещений	0,5
2. Наружные стены, перекрытия и покрытия производственных зданий и помещений	1,0
3. Стыки между панелями наружных стен:	
а) жилых зданий	0,5
б) производственных зданий	1,0

Ограждающие конструкции	Воздухопроницаемость G^H , кг/(м ² ·ч), не более
4. Входные двери в квартиры	1,5
5. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений в: пластмассовых или алюминиевых переплетах	5,0
деревянных переплетах	6,0
6. Окна, двери и ворота производственных зданий	8,0
Окна производственных зданий с кондиционированием воздуха	6,0
7. Zenитные фонари производственных зданий	10,0
Примечание. Воздухопроницаемость стыков между панелями наружных стен жилых зданий должна быть не более 0,5 кг/(м · ч).	

Окончательно тип заполнений световых проемов, а также тип уплотнителя и количество уплотненных притворов принимается исходя из условия, чтобы сопротивление воздухопроницанию выбранного заполнения R_n было не менее требуемого R_n^{TP} .

3.6. Обеспечение комфортной тепловой обстановки в помещении.

Системы отопления совместно с ограждающими конструкциями помещения, отвечающими теплозащитным требованиям, должны поддерживать заданные комфортные (допустимые или оптимальные) условия, параметры в обслуживаемой или рабочей зоне.

Температурная обстановка или комфортные условия в помещении, если не учитывать в данном случае подвижность воздуха в зоне пребывания человека, определяются температурой воздуха и внутренних поверхностей ограждающих конструкций (нагретых - отопительных приборов, охлаждающих - наружных ограждений и нейтральных - внутренних стен, перегородок).

Температурную обстановку в помещении рекомендуется (§1.18, 1.19 [3]) определять по двум условиям температурного комфорта, при которых человек, отдавая явное тепло, не испытывает перегрева или переохлаждения.

Первое условие комфортности – при нахождении человека в середине помещения. В этом случае на теплоощущение человека влияют радиационная температура t_R (как средневзвешенная по коэффициентам облученности температура поверхностей всех ограждений) и температура воздуха t_B .

$$t_R = \Xi \varphi_{q-i} \cdot t_i \quad (3.66)$$

где φ_{q-i} - коэффициенты облученности с человека на отдельные поверхности с температурой t_i , определяемые по графикам (рис.1.40 [1]).

В общем виде значение t_R можно определить, пользуясь уравнением

$$t_R = (F_{\text{ч}}^K \cdot \alpha_K \cdot \tau_{\text{ч}} + F_{\text{ч}}^L \cdot \alpha_L \cdot \tau_{\text{ч}} - Q^{L+K}_{\text{ч}}) / F_{\text{ч}}^L \cdot \alpha_L - t_B (F_{\text{ч}}^K \cdot \alpha_K / F_{\text{ч}}^L \cdot \alpha_L), \quad (3.67)$$

где $F_{\text{ч}}^K$, $F_{\text{ч}}^L$ - теплоотдающие поверхности тела человека соответственно для конвективного и лучистого теплообмена, м²;

α_K , α_L - средние по $F_{\text{ч}}^K$ и $F_{\text{ч}}^L$ коэффициенты конвективного (§1.6, 1.7 [1]) и лучистого (§1.4 [1]) теплообмена, Вт/м²°C;

$\tau_{\text{ч}}$ - средняя температура поверхности одетого человека, °C;

$Q^{L+K}_{\text{ч}}$ - явная теплоотдача человека, Вт.

Для большинства жилых и общественных помещений при $t_{\text{ч}} = 25^{\circ}\text{C}$, $\alpha_{\text{к}} = 2,3$, $\alpha_{\text{л}} = 5,1$, $F_{\text{ч}}^{\text{к}} = 1,9$, $F_{\text{ч}}^{\text{л}} = 1,7$ и $Q_{\text{ч}}^{\text{л+к}} = 87 \text{ Вт}$ (при легкой работе сидя) в холодный период t_{R} равно

$$t_{\text{R}} = 29 - 0,57t_{\text{B}}. \quad (3.68)$$

Если ввести температуру помещения $t_{\text{п}}$, равную $0,5(t_{\text{B}} + t_{\text{R}})$, то с учетом допустимых отклонений для холодного периода получим

$$t_{\text{R}} = 1,57t_{\text{п}} - 0,57t_{\text{B}} \pm 1,5. \quad (3.69)$$

В теплый же период года при $Q_{\text{ч}}^{\text{л+к}} = 64 \text{ Вт}$ и $t_{\text{п}} = 24^{\circ}\text{C}$

$$t_{\text{R}} = 36 - 0,5t_{\text{B}}. \quad (3.70)$$

$$\text{или} \quad t_{\text{R}} = 1,5t_{\text{п}} - 0,5t_{\text{B}} \pm 1,5. \quad (3.71)$$

Второе условие комфортности – на границе обслуживаемой зоны, в непосредственной близости от нагретых или охлажденных поверхностей.

Определяющей величиной в этом случае является интенсивность лучистого теплообмена наиболее невыгодно расположенной и наиболее чувствительной к излучению части поверхности тела человека.

К радиационному нагреву наиболее чувствительной оказывается поверхность головы. При расположении нагретой или охлажденной панели в потолке наиболее невыгодным можно считать положение человека под центром панели, а при расположении панели в стене (можно предполагать и окно в холодный период года) – на расстоянии 1м от поверхности.

Уравнение лучистого теплообмена для элементарной площадки на поверхности человека имеет вид

$$q_{\text{ч}}^{\text{л}} = C \cdot \varphi \cdot b_{\text{ч-п}}(t_{\text{ч}} - t_{\text{п}}) + C(1 - \varphi)b_{\text{ч-в.п}}(t_{\text{ч}} - t_{\text{в.п}}), \quad (3.72)$$

где C приведенный коэффициент излучения, принимаемый для этого случая равным $4,65 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

φ - коэффициент облученности со стороны элементарной площадки на поверхности человека в сторону панели;

b – температурный коэффициент, определяемый по формуле (1.28) [3];

$t_{\text{п}}, t_{\text{в.п}}$ - температура поверхности панели и средняя температура поверхностей внутренних ограждений.

Для холодного периода при температуре поверхности головы человека $t_{\text{ч}} = 30^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{п}} = 40^{\circ}\text{C}$ и $t_{\text{в.п}} = 18^{\circ}\text{C}$ получаем $b_{\text{ч-п}} = 1,15$ и $b_{\text{ч-в.п}} = 1,05$, подставляя значения в формулу (5.7), получим

$$q_{\text{ч}}^{\text{л}} = 5,3 \cdot \varphi(30 - t_{\text{п}}) + 58(1 - \varphi), \quad (3.73)$$

$$\text{откуда} \quad t_{\text{п}} = 19,2 + (58 - q_{\text{ч}}^{\text{л}}) / 5,3\varphi_{\text{ч-п}}, \quad (3.74)$$

При минимально допустимой теплоотдаче излучением $q_{\text{ч}}^{\text{л}} = 11,6 \text{ Вт/м}^2$ максимально допустимую температуру нагретой поверхности можно определить по формуле

$$t_{\text{п}}^{\text{доп}} \leq 19,2 + 8,7 / \varphi_{\text{ч-п}} \quad (3.75)$$

Минимально допустимую температуру холодной поверхности при допустимой теплоотдаче излучением не более 70 Вт/м^2 можно определить по следующей формуле

$$t_{\text{п}}^{\text{доп}} \geq 23 - 5 / \varphi_{\text{ч-п}} \quad (3.76)$$

где $\varphi_{\text{ч-п}}$ - коэффициент облученности с элементарной поверхности человека на панель, определяемый по графику (рис.1.9) [3] или ориентировочно по формуле

(1.177) [3].

Расчет допустимых значений радиационной температуры ведется обычно при панельно-лучистом отоплении, когда в качестве отопительных приборов используются греющие панели, располагаемые в плоскости наружных или внутренних стен, пола или потолка, а также при значительной площади заполнения световых проемов (коэффициенте остекления) и продолжительном пребывании человека в непосредственной близости от окон.

Пункт 2.2. задания необходимо выполнять для помещения (см.п.2.1.), используя пример 1.5.на стр. 91[1]. В примере используется формула (1.130) [1].

Литература к 3 главе.

1. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий.- М.: Стройиздат,1973.

2. Ильинский В.М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат зданий). Уч. пособие.- М., «Высшая школа», 1974.

3. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. – М.: Высшая школа, 1982.

4. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): Учебник для вузов. 3-е изд. Издательство «АВОК СЕВЕРО_ЗАПАД», Санкт-Петербург, 2006.

5. Табунщиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1986.

6. Еремкин А.И., Королева Т.И. Тепловой режим зданий: Учебное пособие. - М.: Издательство АСВ, 2000.

7. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

8. СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям.

9. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы.

10. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника.

11. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий

12. СП 23-101-2004. Проектирование теплозащиты зданий.

13. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология.

14. СНиП 2.08-01-89*. Жилые здания.

15. СНиП 31-02-2001. Дома жилые одноквартирные.

16. СНиП 31-01-2003. Здания жилые многоквартирные

17. СНиП 2.08.02- 89*. Общественные здания и сооружения.

18. СНиП 31-05-2003. Общественные здания административного назначения.

19. Строительная климатология: Справочное пособие к СНиП 23-01-99*/ Под ред. чл.-кор. Савина В.К. М.: НИИ строительной физики РААН, 2006.

20. Крупнов Б.А.. Строительная терминология. Перечень рекомендуемой литературы / МГСУ, 2007.

Список вопросов.

1.Основное условие теплообмена.

2. Виды теплопередачи.

3. Понятие микроклимата помещения.

4. Назначение теплотехнического расчета наружных ограждений.

5. Понятие сопротивления теплопередаче.

6. Понятие теплоустойчивости ограждения.

7. Цель влажностного расчета ограждения.

8. Понятие оптимальных и допустимых параметров воздуха в помещении.
9. Условия комфортности в помещении.
10. Определение условий эксплуатации строительных материалов.

4. Отопление

4.1. Краткая история развития отопительной техники

С наступлением ледникового периода (свыше 150 тыс. лет до н.э.) появилась необходимость приспособления естественных пещер под жилище и использование огня. Первой отопительной установкой был костер. В дальнейшем на смену ему пришли древесно-угольная жаровня, камин, печь – каменка и курная печь, топившаяся «по-черному». Продукты сгорания от последних двух установок, являющимися аккумуляторами теплоты, накопленной во время топки и постепенно отдаваемой в помещение, поступали непосредственно в помещение и отводились наружу через отверстие в кровле.

Известно, что еще в третьем веке до н.э. появились изобретенные римлянами центральные системы в виде огневых систем отопления с развитой сетью подпольных каналов, обогреваемых дымовыми газами от центрального топливника, в котором сжигался древесный уголь. После горения угля по каналам проходил наружный воздух, который, нагревшись, поступал в отапливаемое помещение. Такие системы (по описанию, в частности, Витрувия) получили название «Хюпокаустум», что означает «снизу согретый».

Примерно с XV в. начали строить печи с отводом продуктов сгорания наружу через каналы (газоходы). В отдельных зданиях общественного назначения (например, храмовые сооружения, дворцы) в те далекие времена применялись системы воздушного (подпольно-канального) отопления с устройством множества каналов для раздельного прохождения по ним дымовых газов от печей, располагаемых в подвале здания, и нагреваемого наружного воздуха. Так называемая «русская система» воздушного отопления была применена для отопления Грановитой палаты в Московском Кремле и широко использовалась в Европе.

В XV в. начали использовать пар, отработанный в машинах, для обогрева зданий. В 1777 г. французский физик Боннеман впервые предложил систему водяного отопления с естественной циркуляцией из гладких труб для обогрева инкубатора.

Вопросы отопления в России регламентировались соответствующими актами. Так, Петр 1 именными указами ввел основные нормы печестроения. В Петербурге, Москве и других крупных городах России он запретил постройку черных изб с курными печами и обязал проводить очистку дымовых труб от сажи.

Любопытен один факт. Начиная с 1773 г., во многих районах России появился особый порядок расчета за дрова – «с трубы», т.е. деньги взимались с каждого хозяйства в зависимости от количества труб над домом. Поэтому бедняку ничего не оставалось, как топить избу «по-черному».

Прогрессивным явлением в развитии отечественной техники отопления и вентиляции стало появление трактата М.В. Ломоносова «О вольном движении воздуха, в рудниках примеченном» (1763 г.). Книга архитектора Львова Н.А. «Русская пиростатика», опубликованная в 1795 г., привела к возрождению

русского печного искусства [1].

В 1834 г. Соболевским П.Г. впервые в России была осуществлена система водяного отопления с естественной циркуляцией. XIX век характерен также развитием теории отопления. Были опубликованы работы Аммосова Н.А. (1841 г.), Свиязева И.И. (1867 г.), Флавицкого И.И. (1870г.), разработавшего теорию комплексного влияния состава и параметров воздуха на самочувствие человека, первое издание «Курса отопления и вентиляции» проф. Лукашевича С.Б. (1880 г.), труды проф. Грум-Гржимайло В.Е. и др. В 1893 г. немецким ученым Г. Ритшелем было издано «Руководство по отоплению и вентиляции» [2], в котором были изложены методы расчета систем отопления и их элементов. Руководство трижды издавалось на русском языке в нашей стране.

До XX - го века отопление большинства жилых зданий осуществлялось с помощью отопительных печей и каминов различной конструкции, что, собственно, сдерживало строительство многоэтажных зданий, хотя опытные установки водяного отопления были созданы еще в 30-е годы XIX века.

Современные системы отопления могли развиваться лишь после того, как промышленность начала производить стальные трубы, листовую сталь, котлы, отопительные приборы и арматуру.

Первые шаги науки и техники в начале XX в. в области отопления связаны с именами проф. Чаплина В.М., Павловского А.К. и Аше Б.М., инженеров Яхимовича В.А. и Мельникова Н.П., в 1909 г. впервые в нашей стране сконструировавшего систему водяного отопления с насосным побуждением. Позднее - с именами проф. Максимова Г.М., Каменева П.Н., Сканави А.Н. и др.

С 20-х годов XX века в СССР, в связи со строительством отечественной промышленности, в качестве отопительных приборов началось использование стальных труб, производство чугунных радиаторов. Например, гладкие чугунные радиаторы разной высоты и глубины типа «Альфа», «Бета», «Гамма» и «Дельта» выпускались на государственных мальцевских заводах [3]. Было налажено производство чугунных радиаторов на московском заводе им. Войкова, ранее принадлежавшем братьям Кертинг. Если в 1927 г. было произведено около 150 тыс. м², в 1931 – 300 тыс. м² радиаторов, то в 1940 г. было изготовлено уже 1,5 млн. м² [4]. С 1930 г. в СССР начал выходить журнал «Отопление и вентиляция». Одновременно были организованы специальные факультеты в институтах и отделения в техникумах для подготовки кадров по отоплению и вентиляции, а также монтажные, наладочные, проектные и научно-исследовательские организации.

До 60-х годов XX столетия производились в основном чугунные секционные радиаторы общей высотой до 600 мм (ЛОР 150 и ЛОР-300, Польза №3, «Москва» -150 и «Москва» -132, «Нерис», «Минск -110», РКШ, тепловая панель Понтрягина, «гигиенический» одно, трех и четырехсекционный и др.) и до 1100 мм (Польза №6), а также стальной штампованный радиатор РШ - 4. В производственных зданиях и ряде гражданских зданий предусматривались чугунные ребристые трубы с наружным диаметром ребер 175 мм, а также змеевики и регистры из стальных труб диаметром до 125 мм (прил. 10).

В 60-е годы, наряду с чугунными радиаторами улучшенной модификации (М-140, НМ-150, Р-90, РД-26, В-85А, М-1000), было начато производство стальных штампованных, колончатых радиаторов одиночных (МЗ-350, МЗ-500) и спаренных (2МЗ-350 и 2МЗ-500). Масса стальных радиаторов,

отнесенная к 1 кВт тепловой мощности, меньше массы чугунных радиаторов почти в 3 раза. Кроме того, появились стальные конвекторы без кожуха (плитусного типа высотой 80 мм) и с кожухом (высотой от 200 до 1350 мм).

С 70-х по 90-е годы номенклатура отопительных приборов несколько изменилась. Продолжено и налажено вновь производство радиаторов чугунных (М -140А, М - 90, М -140 - АО, М - 140 -108, М – 140 - 98, М – 90 - 108 и др.), стальных штампованных (типа МЗ - 350 и 500, РСВ одно и двухрядные) и змеевиковых (типа ЗС и РСГ одно и двухрядные), а также конвекторов плитусного типа, "Прогресс -15", "Прогресс - 20", "Аккорд", "Комфорт", "Ритм", "КВ", «Универсал» и др., а также плитусные чугунные одноканальные.

Общие виды некоторых отопительных приборов, ранее применяемых и снятых с производства, представлены в приложении 11.

В 90-е годы коренным образом изменилось положение с возможностью приобрести тот или иной отопительный прибор. На российском рынке появились отопительные приборы, производимые во многих странах Европы (Венгрия, Германия, Италия, Польша, Чехия, Франция и др.) и в Китае. Не смотря на экономические трудности и наличие на российском рынке зарубежных отопительных приборов, производственные фирмы Российской Федерации, а также ближнего зарубежья (Белоруссия, Казахстан, Украина) продолжают выпускать как известные, так и новые типы отопительных приборов улучшенного вида (чугунные, стальные, из алюминиевого сплава и биметаллические).

4.2. Назначение и продолжительность работы отопления

Отопление предназначено для создания температурной обстановки в помещениях зданий различного назначения, благоприятной для отдыха, работы человека, выполнения технологических процессов, хранения материалов, продуктов и пр.

Отопление большинства жилых, общественных и производственных зданий должно работать при продолжительном стоянии (не более 5 суток) наружной температуры 8 или 10°C и ниже, когда внутренних бытовых тепловыделений не достаточно для поддержания необходимой температуры в помещении.

Большая часть территории России в современных границах относится к Северной строительно-климатической зоне, охватывающей первый климатический район, который характеризуется суровой и длительной зимой, обуславливающей максимальную теплозащиту зданий и сооружений от продувания сильными ветрами и повышенной относительной влажности наружного воздуха особенно в приморских районах, большой продолжительностью отопительного периода, низкими значениями средней температуры воздуха наиболее холодных пятидневок при обеспеченности 0,92 и 0,98 и за отопительный период при средней суточной температуре наружного воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$ [12] (см. табл. 4.1). Кроме того, плотность населения в России почти в 20 раз меньше, чем в европейских странах.

Суровость отопительного периода, в течение которого работает отопление, выражается числом градусо-суток отопительного периода (ГСОП) [11], равным произведению продолжительности отопительного периода $Z_{\text{от.п.}}$ в сутках [12] на разность расчетной температуры воздуха t_b в характерном помещении здания в холодный период года и температуры наружного воздуха $t_{\text{от.п.}}$, средней за отопительный период [12].

Этим, собственно, и объясняется важность энергоресурсосбережения, мер по

повышению энергоэффективности при проектировании и эксплуатации зданий и сооружений в России.

Принятый Госдумой РФ Закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» несомненно будет способствовать экономии тепловой и электрической энергии.

Таблица 4.1. Климатические параметры холодного периода года ряда населенных пунктов России

Населенный пункт	$t_{н5}^1$, °C	$t_{от.п.}^2$, °C	$t_{хм.}^3$, °C	$Z_{от.п.}^4$, сут	Z_o^5 , сут	$\phi_{хм.}^6$, %	v_n^7 , м/с	ГСОП ⁷	Зона влажности
1. Архангельск	-31(-34)	-4,4	-12,9	253	177	83	5,9	6173	Влажная
2. Астрахань	-23(-24)	-1,2	-6,7	167	106	84	4,8	3540	Сухая
3. Барнаул	-39(-41)	-7,7	-17,5	221	168	79	5,9	6122	Сухая
4. Брянск	-26(-30)	-2,3	-9,1	205	134	84	6,3	4571	Нормальная
5. Верхоянск	-59(-62)	-24,1	-48,2	279	234	74	2,1	12304	Сухая
6. Владимир	-28(-32)	-3,5	-11,1	213	148	84	4,5	5005	Нормальная
7. Владивосток	-24(-25)	-3,9	-13,1	196	132	61	9,0	4684	Влажная
8. Волгоград	-25(-28)	-2,4	-9,1	178	117	83	8,1	3965	Сухая
9. Воркута	-41(-43)	-9,1	-20,3	306	239	81	6,2	8905	Нормальная
10. Грозный	-18(-20)	0,9	-3,8	160	77	81	3,5	3056	Сухая
11. Екатеринбург	-35(-38)	-6,0	-15,5	230	168	79	5,0	5940	Сухая
12. Иваново	-30(-34)	-3,9	-11,9	219	152	84	4,9	5234	Нормальная
13. Иркутск	-36(-38)	-8,5	-20,6	240	177	78	2,9	6840	Сухая
14. Казань	-32(-36)	-5,2	-13,5	215	156	79	5,7	5418	Нормальная
15. Кемерово	-39(-42)	-8,3	-18,8	231	175	81	6,8	6768	Сухая
16. Магадан	-29(-31)	-7,1	-17,0	288	214	62	7,3	7805	Нормальная
17. Москва	-28(-30)	-3,1	-10,2	214	145	84	4,9	4943	Нормальная
18. Мурманск	-27(-29)	-3,2	-10,5	275	187	84	7,5	6352	Влажная
19. Н.-Новгород	-31(-34)	-4,1	-12,0	215	151	84	5,1	5182	Нормальная
20. Новосибирск	-39(-42)	-8,7	-18,8	230	178	80	5,7	6601	Сухая
21. Омск	-37(-39)	-8,4	-19,2	221	169	80	5,1	6276	Сухая
22. Орел	-26(-28)	-2,7	-9,2	205	138	86	6,5	4654	Нормальная
23. Пермь	-35(-38)	-5,9	-15,1	229	168	81	5,2	5931	Нормальная
24. Петрозаводск	-29(-32)	-3,1	-11,1	240	160	86	5,9	5544	Влажная
25. Рязань	-27(-30)	-3,5	-11,1	208	145	83	7,3	4888	Нормальная
26. Саратов	-27(-30)	-4,3	-11,9	196	142	82	5,6	4763	Сухая
27. С.-Петербург	-26(-30)	-1,8	-7,7	220	139	86	4,2	4796	Влажная
28. Смоленск	-26(-28)	-2,4	-9,4	215	141	81	4,2	4816	Нормальная
29. Сочи	-3(-5)	6,4	5,9	92	-	72	3,2	1251	Влажная
30. Сургут	-43(-45)	-9,5	-22,0	257	198	79	5,3	7582	Нормальная
31. Хабаровск	-31(-34)	-9,3	-22,3	211	162	75	5,9	6140	Нормальная

Примечание.

1. Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 и 0,98 (в скобках)
2. Средняя температура самого холодного месяца.
3. При средней суточной температуре наружного воздуха ≤ 8 °C. При температуре ≤ 10 °C продолжительность стояния температуры больше на 15-20 суток.
4. Продолжительность стояния температуры наружного воздуха ≤ 0 °C.
5. Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца.
6. Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь.
7. Значения ГСОП определены при $t_b = 20$ °C.

4.3. Виды систем отопления

Системы отопления представляют совокупность трех конструктивных взаимно связанных элементов, позволяющих получить (источник тепловой энергии - теплоты), перенести (теплопровод) и передать (отопительные приборы) необходимое количество теплоты в отапливаемое помещение. Они являются одной из основной отраслей строительной техники, одним из видов инженерного обеспечения микроклимата в помещениях зданий и сооружений, находящихся в эксплуатации в течение всего срока их службы.

Системы отопления должны отвечать следующим требованиям.

Санитарно - гигиеническим – поддержание равномерной температуры воздуха в помещении, ограниченной температуры нагревательной поверхности отопительных приборов и возможность их очистки.

Экономическим – не высокие капитальные вложения и эксплуатационные затраты.

Архитектурно – строительным – выбор систем с учетом объемно - планировочных и строительных решений.

Производственно – монтажным – унификация узлов и деталей, механизация их изготовления, сокращение трудовых затрат, повышение производительности труда при монтаже.

Эксплуатационным – работоспособность (безотказность, долговечность), простота и удобство управления и ремонта, бесшумность и безопасность.

По виду теплоносителя системы отопления разделяются на водяные, воздушные, паровые, электрические, газовые.

Системы отопления (отопительные приборы, теплоноситель, предельная температура теплоносителя и теплоотдающей поверхности) следует принимать по приложению 6 (в соответствии с прил. Б [13]) или по заданию на проектирование (при обязательном соблюдении требований [13]).

В многоквартирных жилых и общественных зданиях и сооружениях применяются преимущественно системы водяного отопления, в помещениях производственных зданий - в зависимости от категории работ в них по взрыво - и пожаробезопасности [13].

В многоквартирном жилом доме возможны системы воздушного [14] и, в отдельных случаях, электрического отопления.

По расположению основных элементов системы отопления подразделяются на местные и центральные.

Местные системы, в которых три основных элемента конструктивно объединены в единую установку, обеспечивают заданную тем-

пературу только в одном помещении. К местным системам относят печное отопление, газовое и электрическое отопление с использованием индивидуальных газовых и электрических нагревателей, агрегатов.

Центральные системы отопления обеспечивают внутреннюю температуру в нескольких помещениях от одного теплового пункта, в котором находятся теплообменники или котлы. При теплоснабжении от крупных источников теплоты (котельных квартальных, районных или теплоэлектроцентралей) используют, как, правило, два теплоносителя. Первичный теплоноситель, преимущественно вода с расчетной подающей температурой 130 – 150 °С, в зависимости от схемы теплоснабжения, подается от источников теплоты по тепловым сетям к индивидуальным тепловым пунктам (ИТП), располагаемым в каждом здании, или к

центральным тепловым пунктам (ЦТП), проектируемым на группу зданий. От ИТП или ЦТП в системы отопления жилых и общественных зданий подается вторичный теплоноситель - вода с расчетной подающей температурой (не более 105 °С в одноконтурных системах отопления и 95°С в двухконтурных системах с использованием стальных труб), нагреваемая в водоводяных скоростных теплообменниках (кожухотрубных или пластинчатых). При автономном теплоснабжении в тепловом пункте располагаются котлы (один, два и более). При поквартирном теплоснабжении или теплоснабжении не большого многоквартирного жилого дома возможно расположение котла, например, на кухне в настенном или напольном исполнении. В системах водяного отопления устанавливаются как открытые (на чердаке или техническом этаже) так и закрытые (непосредственно в ИТП) расширительные баки.

По способу учета потребляемой тепловой энергии системы отопления различаются на системы с общим домовым (традиционные) и поквартирным учетом тепловой энергии (современные).

4.4. Характеристика основных теплоносителей систем отопления

В качестве теплоносителя, используемого для передачи теплоты в помещения, в местных и центральных системах отопления может использоваться вода, пар, воздух, газ, электричество. Сравнительные показатели основных теплоносителей в системах отопления приведены в табл.4.2.

Таблица 4.2. Сравнительные показатели основных теплоносителей

Параметры	Теплоноситель		
	вода	пар*	воздух
Средняя температура, °С	80	130	45
Плотность, кг/м ³	971,8	1,27	1,11
Удельная массовая теплоемкость, кДж/(кг·°С)	4,19	1,84	1,0
Удельная теплота парообразования, кДж/кг	-	2190	-
Допустимая скорость движения в теплопроводе, м/с	1,5	80	15
Количество теплоты, отдаваемой 1 м ³ теплоносителя при охлаждении на 1°С, кДж	4072	2781**	1,11
Возможность изменения температуры в ходе эксплуатации	не ограничена	ограничена	не ограничена

* пар насыщенный;

** пар отдает удельную скрытую теплоту парообразования.

4.5. Общая характеристика систем водяного отопления

Системы водяного отопления классифицируются [2,16,17,18,19] по:

- способу циркуляции теплоносителя - на гравитационные или с естественной циркуляцией и насосные или с искусственной циркуляцией (рис. 4.1- 4.4);
- способу подачи теплоносителя к отопительным приборам – на одноконтурные (рис. 4.2 – 4.5) двухконтурные (рис.4.6а) или соответственно с последовательным и параллельным присоединением отопительных приборов к трубам, стоякам по теплоносителю;
- способу прокладки труб – на вертикальные (рис.4.1 ÷ 4.4) и горизонтальные (рис. 4.5, 4.6), открытые и закрытые;

- *расположению подающей и обратной магистралей* - с верхним (рис.4.1а, 4.3) и нижним (рис.4.1б, 4.4) расположением подающей магистрали и с нижним расположением обратной магистрали, а также с нижним расположением подающей и верхним расположением обратной магистрали (рис.4.2);

- *схеме движения воды в циркуляционных кольцах* - с тупиковым (рис. 4.1-4.4, 4.7а, 4.7в, 4.7г) и попутным (рис. 4.6б, 4.7б) движением.

Гравитационные системы, как правило, применяются при теплоснабжении от автономного, собственного источника тепловой энергии. В них циркуляция теплоносителя осуществляется за счет располагаемого гравитационного давления, возникающего в результате охлаждения теплоносителя главным образом в отопительных приборах, середина которых должна находиться выше середины источника тепловой энергии.

Насосные системы отопления применяются при централизованном, а также при автономном теплоснабжении. В насосных системах меньше диаметры труб при той же тепловой нагрузке помещений, здания.

Открытая прокладка труб, как правило, выполняется, если применяются стальные трубы. *Скрытая прокладка* рекомендуется при применении медных и полимерных труб.

В *однотрубных системах* теплоноситель охлаждается постепенно, проходя последовательно через отопительные приборы. В однотрубных системах сложнее тепловой расчет, подбор отопительных приборов, т.к. перед каждым отопительным прибором температура воды переменная.

В *двухтрубных системах* теплоноситель в каждом приборе охлаждается на расчетную разность температур (если не учитывать попутное охлаждение воды в трубах).

Системы отопления с верхним расположением подающей магистрали применяются в гражданских зданиях с чердаком или с техническим этажом, а также при возможности прокладывать подающую магистраль под покрытием верхнего этажа.

Из таких систем воздух удаляется через воздухоотборники, располагаемые в верхних точках подающих магистралей системы. Из систем с нижним расположением обеих магистралей удаление воздуха осуществляется через воздушные краны, устанавливаемые в пробках радиаторов верхних этажей или в верхних точках стояков, когда в качестве отопительных приборов применяют конвекторы, гладкие и ребристые трубы.

В жилых домах с поквартирным учетом тепловой энергии предусматриваются двухтрубные или однотрубные системы водяного отопления с горизонтальной разводкой труб в пределах квартиры (в напольном исполнении или в конструкции пола) к отопительным приборам от распределительного коллектора, присоединяемого к межквартирным стоякам. Присоединение отопительных приборов к распределительному коллектору может быть выполнено по лучевой (рис. 6а) или последовательной схеме (рис. 4.6б).

При проектировании систем с тупиковым движением воды сложнее выполнить гидравлическую увязку циркуляционных колец без балансирующих клапанов, устанавливаемых на стояках.

В дополнение к основной системе водяного или воздушного отопления, для обогрева полов, например, в помещениях бассейнов, ванных комнат, душевых, кухонь применяется система водяного напольного отопления ("теплый пол"). Низкотемпературная система «теплый пол» (с температурой подающей воды не

более 40 - 55°C) может обеспечить полностью заданную температуру воздуха в помещении

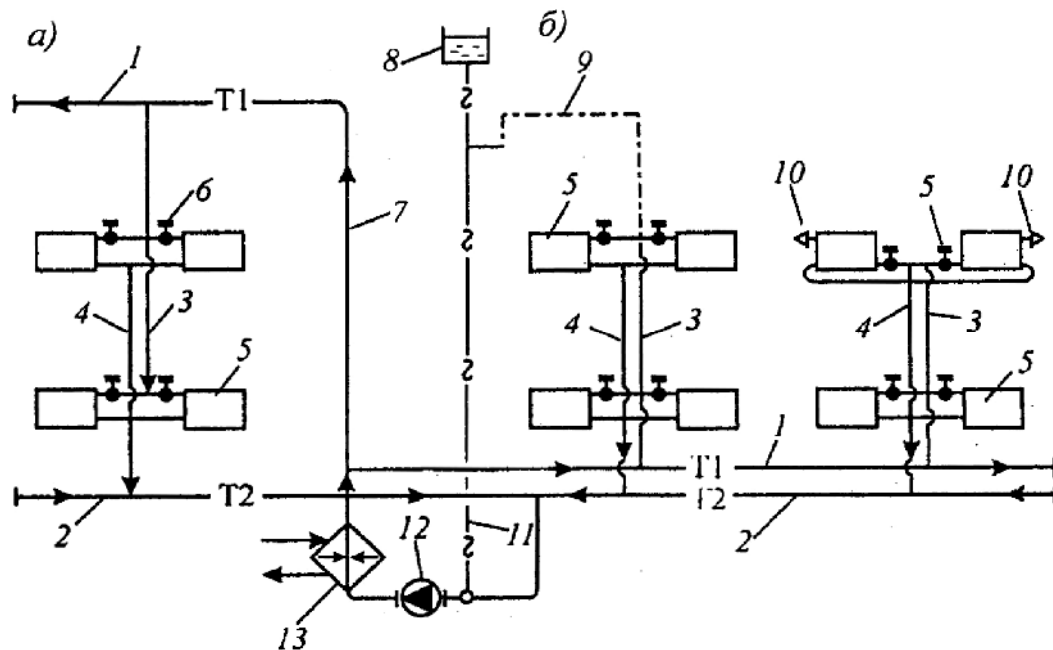


Рис. 4.1. Схемы вертикальной двухтрубной системы водяного отопления:

а - с верхней разводкой подающей магистрали; б - с нижней разводкой обеих магистралей; 1 и 2 - подающие (Т1) и обратные (Т2) магистрали; 3 и 4 - соответственно подающие и обратные части стояков; 5 - отопительные приборы; б - термостатический клапан; 7 - главный стояк (Г.ст.); 8 - расширительный бак; 9 - воздушная линия; 10 - воздушные краны; 11 - соединительная труба расширительного бака; 12 - циркуляционный насос; 13 - теплообменник.

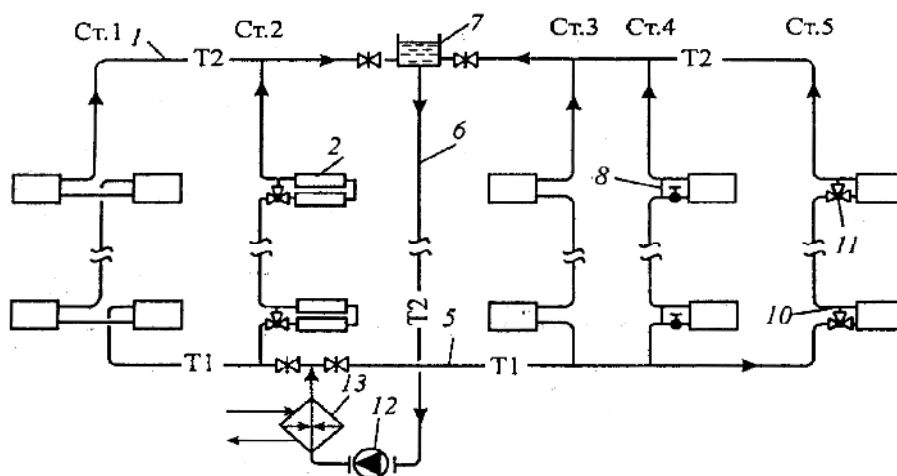


Рис. 4.2. Схема вертикальной однетрубной системы водяного отопления с «опрокинутой» циркуляцией воды и проточным открытым расширительным баком:

Ст.1 - проточный стояк с конвекторами с кожухом; Ст.2 и Ст.5 - проточно-регулируемые стояки соответственно с конвекторами без кожуха и радиаторами; Ст.3 - проточный стояк с радиаторами; Ст.4 - стояк со смещенными к радиаторам замыкающими участками; обозначения 1-13 - см. рис.1.

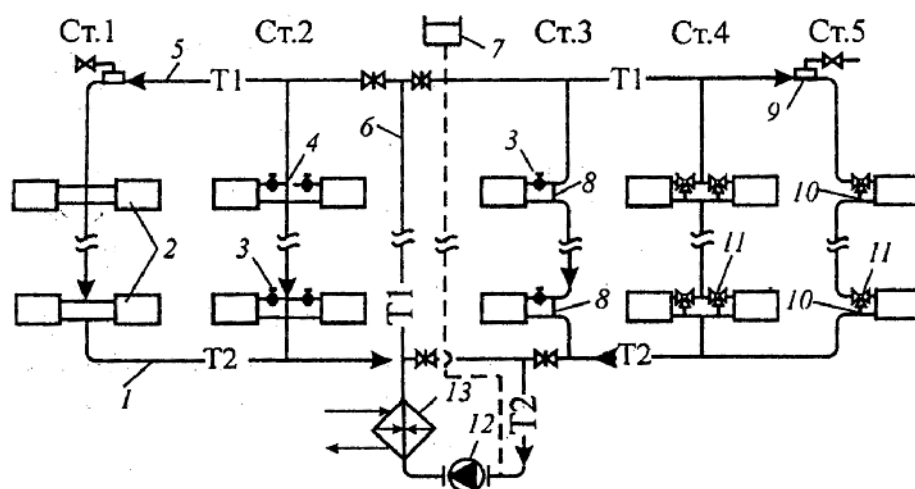


Рис. 4.3. Схема вертикальной однотрубной системы водяного отопления с верхней разводкой подающей магистрали:

Ст.1 - проточный стояк; Ст.2 и Ст.3 - стояки соответственно с осевыми и смещенными замыкающими участками; Ст.4 и Ст.5 - проточно-регулируемые стояки; 1 - обратная магистраль (Т2); 2 - отопительные приборы; 3 - термостатические клапаны; 4 - осевой замыкающий участок; 5 - подающая магистраль (Т1); 6 - главный стояк (Г.ст); 7 - открытый расширительный бак; 8 - смещенный замыкающий участок; 9 - проточный воздухоотборник; 10 - обходной участок; 11 - краны типа КРТ; 12 - циркуляционный насос; 13 - теплообменник.

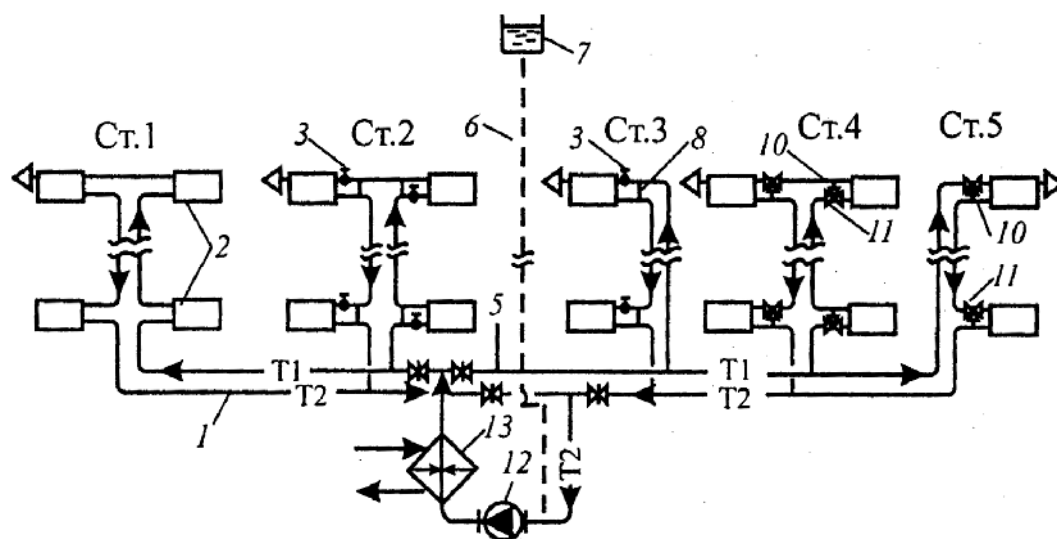


Рис. 4.4. Схема вертикальной однотрубной системы водяного отопления с нижней разводкой обеих магистралей и П - образными стояками:

Ст.1 - проточный стояк; Ст.2 и Ст.3 - стояки со смещенными замыкающими участками; Ст.4 и Ст.5 - проточно-регулируемые стояки; обозначения 1-13 - см. рис.3.

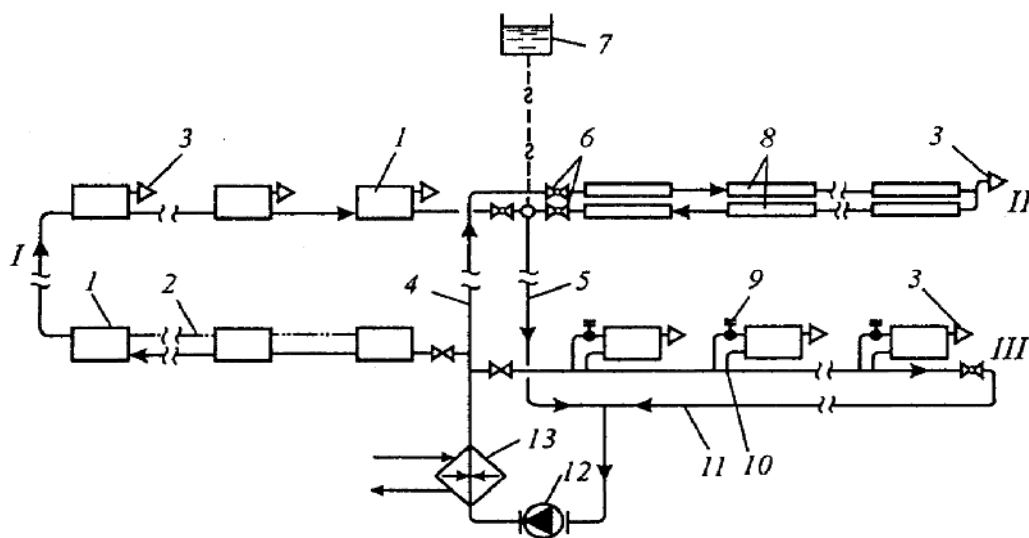


Рис. 4.5.Схемы горизонтальной однетрубной системы водяного отопления:

I - проточная ветвь для приборов, расположенных на разных этажах; *II* - проточная бифилярная ветвь; *III* - ветвь с замыкающими участками; 1 - радиаторы; 2 - воздушная труба; 3 - воздушные краны; 4 - подающий стояк; 5 - обратный стояк; 6 - запорно-регулирующая арматура; 7 - открытый расширительный бак; 8 - конвекторы двухтрубные; 9 - краны типа КРП; 10 - осевой замыкающий участок; 11 - обратная магистраль; 12 - циркуляционный насос; 13- теплообменник

при повышенном уровне теплозащиты здания.

Конфигурация располагаемых в полу труб зависит от положения наружных ограждений в помещении и его площади (рис. 4.8). Необходимо отметить, что трубы следует располагать на площади пола, не занимаемой оборудованием, мебелью.

Диаметры труб по допустимой скорости в них, м/с, или удельной потере давления, Па/м (или мм./м) можно подобрать, проверить, пользуясь номограммой (рис. 4.9).

Рис. 4.6. Поквартирное присоединение отопительных приборов в двухтрубных системах отопления по лучевой схеме (а) и в однетрубных системах по последовательной схеме (б).

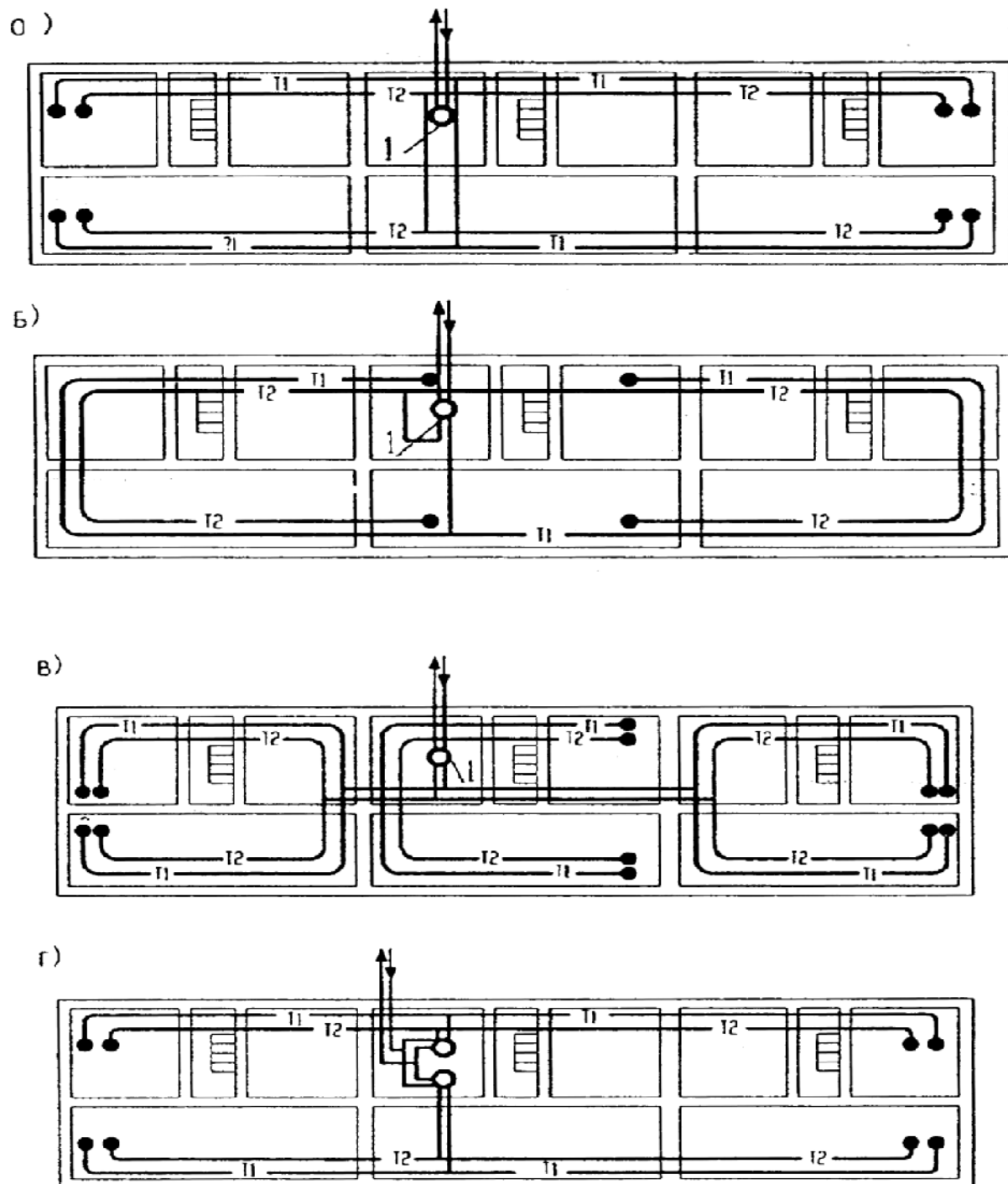
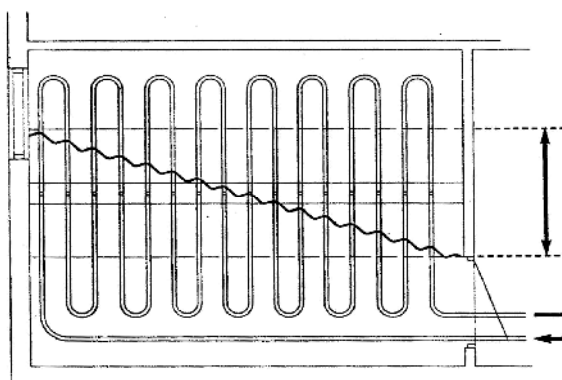
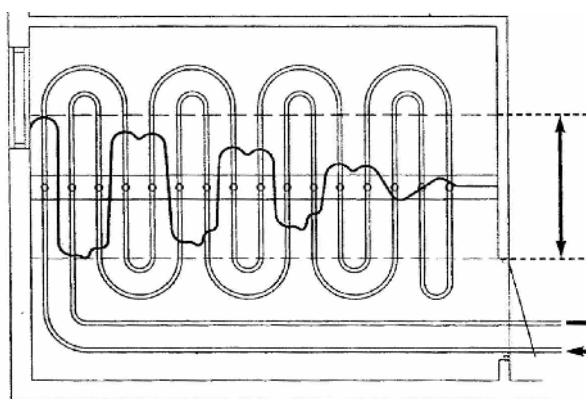


Рис. 4.7. Системы водяного отопления с нижней разводкой магистралей:
а - тупиковая; б - с попутным движением теплоносителя;
в - посекционная; г - пофасадная; 1 - узел управления.



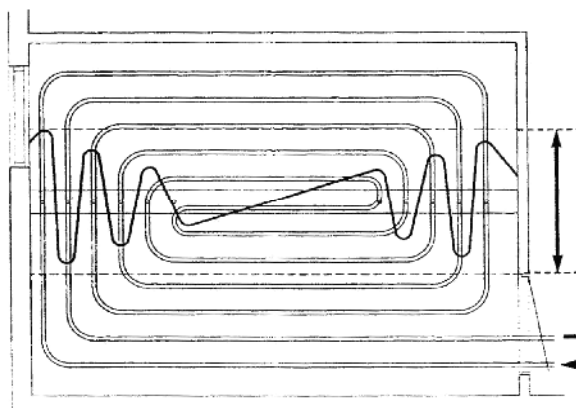
Колебание температуры
на поверхности пола

Конфигурация А



Колебание температуры
на поверхности пола

Конфигурация В



Колебание температуры
на поверхности пола

Конфигурация С

Рис. 4.8. Раскладка греющих контуров системы напольного отопления.

Рис. 4.9. Номограмма для расчета диаметров труб системы водяного отопления

4.6. Отопительные приборы

4.6.1. Классификация отопительных приборов

По преобладающему способу теплоотдачи отопительные приборы подразделяются на радиационные, конвективно-радиационные и конвективные.

К радиационным приборам, передающим излучением более 50 % общего теплового потока, следует отнести отопительные панели металлические или бетонные, расположенные в подпотолочной зоне или в плоскости наружных и внутренних стен. К радиационному виду отопления можно отнести и применяемую в последнее время так называемую систему «теплый пол».

К конвективно-радиационным приборам, передающим конвекцией не менее 50% общего теплового потока, относят радиаторы секционные и панельные, гладкотрубные.

К конвективным приборам, передающим конвекцией не менее 75 % общего теплового потока, относят конвекторы, ребристые трубы и воздухонагреватели (калориферы), применяемые для нагревания воздуха в системах воздушного отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

По используемому материалу отопительные приборы разделяют на металлические (из серого чугуна, стали, сплава алюминия), неметаллические (из бетона, керамики с заделанными стеклянными, пластмассовыми трубами или пустотами) и комбинированные. Последние состоят из теплопроводного материала (бетона, керамики) и стальных или чугунных греющих элементов.

По высоте приборы подразделяют на плинтусные (не более 200 мм), низкие (более 200 до 400 мм), средние (не более 650 мм) и высокие (более 650 мм).

По глубине отопительные приборы различают малой глубины (до 120 мм), средней глубины (до 200 мм) и большой глубины (свыше 200 мм).

Кроме того, приборы **обладают различной (малой и большой) инерцией.**

Малоинерционные приборы (стальные штампованные радиаторы, конвекторы) имеют небольшую массу и вмещают небольшое количество теплоносителя, быстрее изменяют теплоотдачу в помещении при индивидуальном регулировании.

Приборы, имеющие большую тепловую инерцию, медленнее изменяют теплопередачу.

4.6.2. РАДИАТОРЫ

Наиболее распространенными до настоящего времени являются чугунные радиаторы (табл. 4.3), которые комплектуются из отдельных одно-, двух- или трехканальных секций, собираемых с помощью ниппелей и прокладок. Секции и пробки изготавливаются из серого чугуна; ниппели, имеющие правую и левую трубную резьбу, - из ковкого чугуна. При отсутствии спецификации радиаторы собираются пакетами, как правило, из 4, 5, 7, 12 секций. В этом случае требуется дополнительно комплектация пакетов с расчетным числом секций и их опрессовка.

Таблица 4.3. Радиаторы отопительные чугунные секционные

Обозначение	Число секций	Глубина секции, мм	Расстояние между центрами ниппельных отверстий, мм	Номинальный тепловой поток, кВт	Масса секции, кг	Рабочее избыточное давление, МПа (кгс/см ²)	Максимальная температура теплоносителя, °С
БЗ-140-300	3	140	300	0,12	5,9	0,9(9)	130

МС-140-М2	2	140	500	0,16	6,7	0,9(9)	
МС-140-300	2	140	300	0,12	6,0	0,9(9)	
2К 60П	2	138	500	0,126	6,0	0,9(9)	
2К 60П-300	2	138	300	0,085	4,3	0,9(9)	
2КП-90-500	2	90	500	0,11	5,3	0,9(9)	
Ч-2-75-300	1	75	300	0,11	5,7	0,9(9)	
Ч-2-75-500	1	75	500	0,151	8,1	0,9(9)	
ЧМ-75-500	2	75	500	0,158	8,0	0,9(9)	
ЧМ2-100-500	2	102	500	0,15	5,9	0,9(9)	
МС-110-300	2	110	300	0,079	4,1	1,2(12)	
МС-110-500	2	110	500	0,125	5,2	1,2(12)	
МС-110П-500	2	110	500	0,14	6,24	1,2(12)	
МС-85П-500	2	85	500	0,115	5,74	1,2(12)	
МС-140М-500	2	140	500	0,16	6,7	0,9(9)	
МС-140М-300	2	140	300	0,106	5,26	0,9(9)	
ТЗ-140-500	3	140	500	0,17	6,8	0,9(9)	
Т-90	2	90	500	0,125	5,7	0,9(9)	
МС-140 М4500	2	140	500	0,184	6,74	0,9(9)	
МС-140 М1300	2	140	300	0,12	5,5	0,9(9)	
МС-1003КП500	2	140	500	0,135	5,4	1,2(12)	
РД-100 500	2	140	500	0,12	4,6	1,2(12))	

С 50-х годов в СССР начали производить *радиаторы стальные* панельные в однорядном, двухрядном и трехрядном исполнении, в концевом и проходном по движению теплоносителя вариантах. Разновидностью радиаторов типа РСВ являются радиаторы РСВ-1, выпускаемые в настоящее время ОАО «Механический завод» в концевом (к) и проходном (п) исполнении. Радиаторы РСВ-1 рассчитаны на рабочее избыточное давление и максимальную температуру теплоносителя соответственно не более 0,6 МПа (6 кгс/см²) и 150°С.

ОАО «Механический завод» начал выпускать и радиаторы нового поколения для жилых и общественных зданий и медицинских учреждениях в травмобезопасном исполнении типа «Конрад-РСВ-4» и «Конрад-РСВ-4-Термо» монтажной высотой 344 мм, а также «Конрад-РСВ-5» и «Конрад-РСВ-5-Термо» монтажной высотой 500 мм. Радиаторы, выполняемые из вертикальных профилированных панелей (из холоднокатанной стали толщиной 1,4 мм), имеют пять моделей: модель 10 (одна панель без оребрения) и модель 11 (одна панель с оребрением) глубиной 69 мм,

модель 20 (две панели без оребрения), модель 21 (две панели, одна с оребрением).

Кроме того, производятся стальные радиаторы типа РСГ в виде панелей различной длины, состоящих также из двух штампованных стальных листов толщиной 1,4 мм, соединенных между собой сваркой и образующих ряд горизонтальных каналов. Радиаторы изготавливаются в однорядном (РСГ1) и двухрядном (РСГ2) исполнении

Производственная фирма «Кимрский завод теплового оборудования» (ООО «КЗТО «РАДИАТОР») выпускает стальные трубчатые цельносварные радиаторы различных модификаций с боковым присоединением: с коллектором квадратного сечения типа РС-1 (однорядные), РС (двухрядные), РС-3 и РС-3-2 (трехрядные) и РС-4 (четырёхрядные); с коллектором круглого сечения типа РСК-1 (однорядные) и РСК (двухрядные), радиатор-скамейка «Завалинка» (в т.ч. в электрическом исполнении), а также радиаторы с нижним присоединением типа РС-НП.

ОАО «Сантехпром», например, начал выпускать секционные радиаторы, состоящие из алюминиевого сплава, изготовленного методом литья под давлением, типа «Santekhprom-RAS-500» с боковым присоединением и «Santekhprom - RAS-N-AUTO-500», предназначенные для нижнего присоединения трубопроводов двухтрубных систем отопления жилых и общественных зданий. Радиаторы комплектуются с числом секций от 3 до 15, соединенные между собой при помощи ниппелей.

Кроме того, ОАО «Сантехпром» производит биметаллические радиаторы «Сантехпром - БМН Авто» РБС-500, РБС-300 с нижним присоединением и с числом секций от 3 до 15, применяемые в двухтрубных системах отопления со встроенным клапаном терморегулятора. Отверстие в первой и во второй секции с внутренней резьбой 1/2¹¹. Технические характеристики радиаторов аналогичны радиаторам «Сантехпром - БМ» РБС-500 и РБС-300.

4.6.3. Конвекторы

В настоящее время наибольшее распространение имеют конвекторы типа "Универсал" различной серии, которые производят на московском ОАО "Сантехпром" (Универсал ТБ, Универсал ТБ-С, Сантехпром Авто, Сантехпром Авто С, Сантехпром Авто ТБ и Сантехпром Авто ТБ С, Сантехпром Стиль и Сантехпром Мини). Высота кожуха конвекторов составляет 250-400 мм, длина – от 646 мм до 1606 мм.

Конвекторы типа "Универсал М" КСК-20, по техническим показателям соответствующие конвекторам "Универсал ТБ", выпускает ОАО "МЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАВОД" (г. Санкт-Петербург).

Фирма "ИЗОТЕРМ" (г. Санкт-Петербург, Колпино) производит конвекторы серии «ЭкоТерм», «ИзоТерм» и «Термосталь» в напольном и настенном исполнении. Высота конвекторов имеет четыре размера (150, 250, 350 и 450 мм), длина – от 400 до 2500 мм. Конвекторы при необходимости поставляются с термостатом, имеют боковое, нижнее и сквозное подключение.

Московское объединение "ВЕЛЬ" выпускает навесные биметаллические конвекторы "КОНБ-350" и "КОНБ-500".

Фирма ООО «КЗТО«РАДИАТОР» производит напольные конвекторы с естественной конвекцией ("БРИЗ") и со встроенным вентилятором и напряжением 12 и 220 В ("БРИЗ-В"), а также конвекторы «Бриз-плнтус», «ЭФФЕКТ» и ряд моделей стальных трубчатых конвекторов типа «Гармония».

ЗАО "Южуралсантехмонтаж" (г. Челябинск) приступил к производству новых конвекторов КСК-В20 модельного ряда "ТРОПИК".

4.6.4. Отопительные приборы из гладких и ребристых труб.

В некоторых помещениях общественных (например, спортивные залы, бани, прачечные, душевые, предприятия общественного питания) и производственных (например, помещения категорий Г и Д с повышенными требованиями к чистоте воздуха, с выделением горючих пыли и аэрозолей) зданий в качестве отопительных приборов применяют гладкие стальные трубы с условным диаметром от 40 до 100 мм. А в ряде помещений производственных зданий (например, помещения категорий Г и Д без выделений пыли и аэрозолей, со значительным влаговыведением) применяют ребристые чугунные трубы заводского изготовления длиной 1, 1,5 и 2 м.

Отопительные приборы из гладких труб выполняются в виде регистров или змеевиков (см. рис. 4.10). Общая длина прибора и число труб по вертикали зависит от тепловой мощности отопительного прибора.

Теплотехнические показатели гладких стальных и чугунных ребристых труб приведены в табл. 4.4.

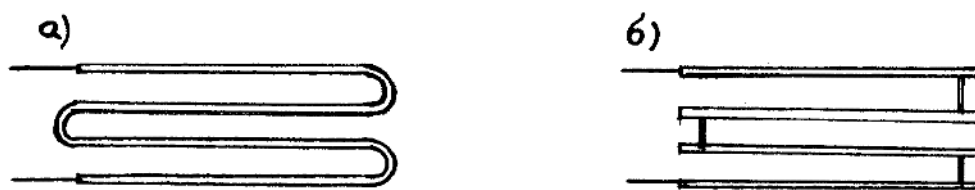
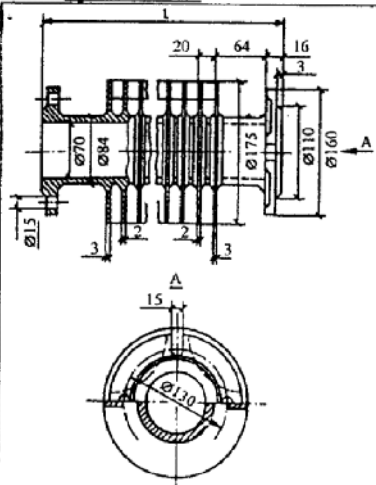


Рис. 4.10. Отопительные приборы. а) змеевик; б) регистр

Таблица 4.4. Теплотехнические показатели гладких стальных и чугунных ребристых труб.

	Чугунные ребристые трубы				
	Обозначение прибора	Площадь нагревательной поверхности, м ²	Номинальный тепловой поток, Вт	Длина, l, мм	Масса, кг
	ТР-1	2,0	776	1000	35,7
	ТР-1,5	3,0	1164	1500	53,5
	ТР-2	4,0	1552	2000	71,3

Теплоотдача стальных гладких труб регистра, Вт/пог. м.

Число рядов труб по вертикали	Условный диаметр трубы, мм					
	40	50	70	80	100	125
1	123	166	208	244	296	363
2 ряда и более	101	133	170	199	242	312

4.6.5. Системы отопления "теплый пол".

В системе отопления "теплый пол" или системе напольного отопления в качестве нагревательного элемента применяют полимерные или металлополимерные трубы, встроенные в конструкцию пола. В качестве нагревательного элемента можно использовать и электрический кабель. В системах водяного напольного отопления используется низкотемпературная вода (с температурой подающей воды не более 40 - 55°C) для поддержания средней температуры поверхности конструкции пола не более 26 - 31 °C.

Система "теплый пол" применяется преимущественно как комфортная, в дополнение к основной системе водяного или воздушного отопления, для обогрева полов, например, в помещениях бассейнов, ванных комнат, душевых, кухонь. Система "теплый пол" может обеспечить полностью заданную температуру воздуха в помещении в случае повышенного уровня теплозащиты здания (при плотности расчетного теплового потока не более 100 Вт/м²).

Конфигурация располагаемых в полу труб зависит от положения наружных стен в помещении и его площади. Конфигурация А (параллельная, зигзагообразная) подходит для помещений с одной наружной стеной, окном, а конфигурация В (двойная зигзагообразная) подходит для отопления больших площадей. Более равномерным колебание температуры на поверхности пола предполагается при расположении труб по спиралевидной конфигурации С (рис.4.8). Необходимо отметить, что трубы следует располагать на площади пола, не занимаемой оборудованием, мебелью.

Для поддержания заданной температуры воздуха в помещении применяют комнатные термостатические регуляторы температуры, устанавливаемые, как правило, при входе в помещение. В теплый период года представляется целесообразным (при отсутствии кондиционирования воздуха) использовать систему для охлаждения помещения, пропуская воду из хозяйственного водопровода перед подачей ее в систему горячего водоснабжения.

Расчет системы напольного отопления следует вести по методикам фирм-производителей труб в зависимости от расчетного теплопотребления, конструкции пола, конфигурации и плана помещения. На российском рынке имеются трубы полимерные ряда таких фирм как Стройполимер (Россия), Акватерм (Германия), RENAУ, Wirsbo (Швеция), Экопластик (Чехия) и металлополимерные - фирм Каучук – Пласт (Россия), HERZ, Hewing (Германия), Кисан (Польша), Овентроп (Германия), Хенко (Бельгия), LG Chemical (Южная Корея) и др. Подробную информацию о трубах можно получить в книге Г.С. Власова [27].

4.6.6. Выбор и схемы присоединения отопительных приборов.

Естественно возникает вопрос. Какому отопительному прибору отдать предпочтение?

При выборе прибора обычно учитывается следующее:

- архитектурно-планировочные и строительные решения, предопределяющие высоту, глубину и длину прибора;
- расчетная тепловая мощность одного отопительного прибора;
- категории производства в помещениях по взрывопожарной безопасности;
- требования заказчика к внешнему виду прибора;
- цена прибора, отнесенная к 1кВт теплового потока;
- качество теплоносителя и схема теплоснабжения (от автономного источника или

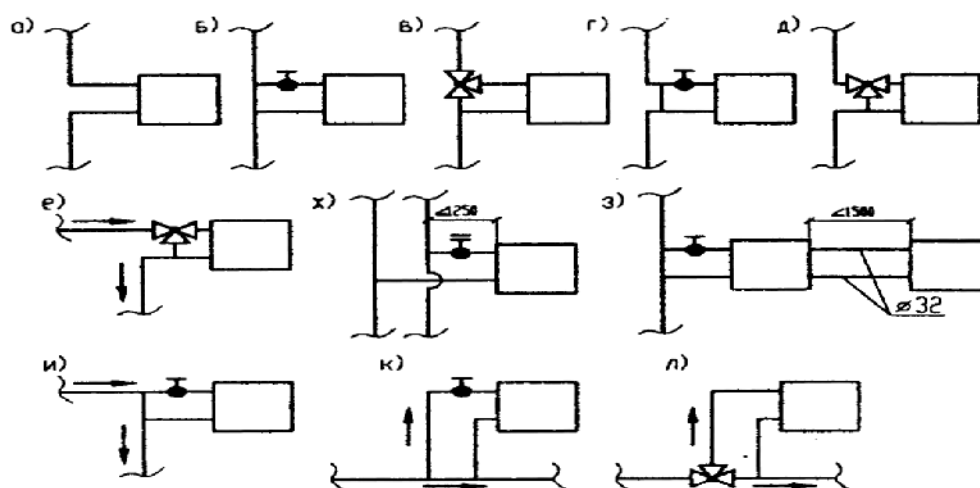


Рис. 4.11. Схемы одностороннего присоединения отопительных приборов к трубам: вертикальные однотрубные (а, б, в, г, д, е, з, и), двухтрубные (ж) и горизонтальные (к, л) системы отопления

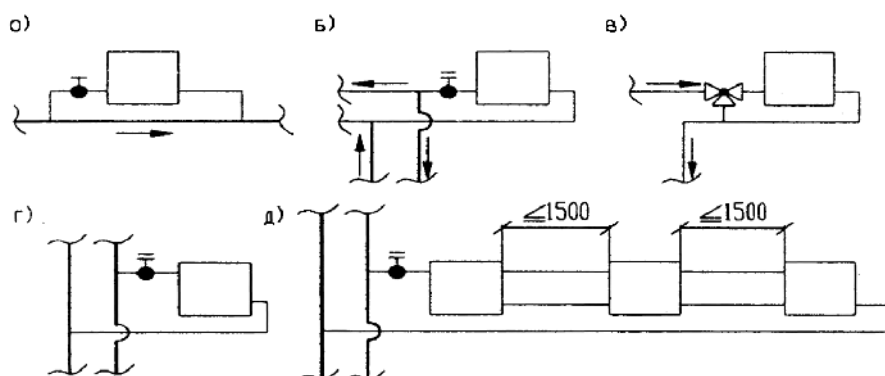


Рис. 4.12. Схемы разностороннего присоединения отопительных приборов к трубам: вертикальные однотрубные (а, в), двухтрубные (б, г, д) и горизонтальные (а) системы отопления

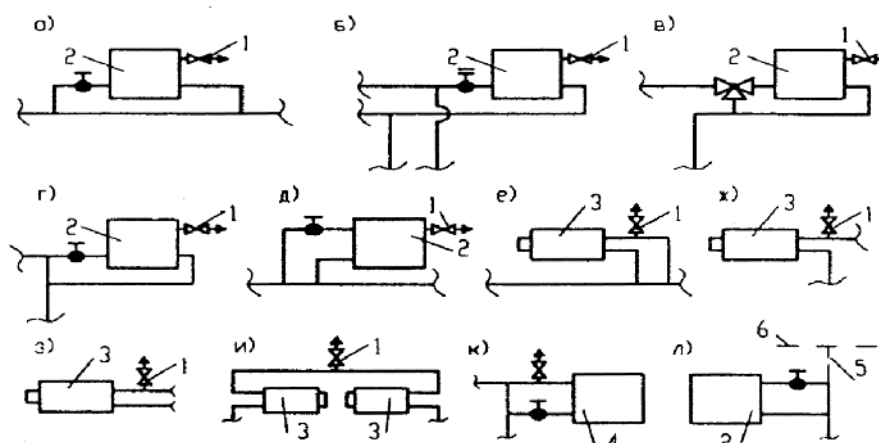


Рис. 4.13. Способы удаления воздуха из систем водяного отопления с нижней разводкой: а, б, в, г, д, - через краны, установленные в верхних пробках радиаторов; е, ж, з, и через краны, установленные на подводках к стальным панелям; л - через воздушные трубы: 1-воздушный кран, 2-отопительный прибор (радиатор), 3 - то же, конвектор, 4-то же, стальная панель, 5 - воздушный стояк; 6-воздушная магистраль.

- величина рабочего давления в теплосети и системе отопления.

Схемы присоединения отопительных приборов зависят от выбранной системы отопления и типа принятых к установке отопительных приборов (рис. 4.11 – 4.13).

4.6.7. Тепловой расчет отопительных приборов.

Расчет приборов заключается в определении числа секций разборного радиатора или типа неразборного радиатора и конвектора, внешняя нагревательная поверхность которых должна обеспечить передачу не менее требуемого теплового потока в помещение (рис.4.14).

Расчет ведется при температуре теплоносителя до и после отопительного прибора (в жилых и общественных зданиях используется, как правило, вода или незамерзающая жидкость), теплотреблении помещения $Q_{\text{пом}}$, соответствующем расчетному дефициту теплоты в рассматриваемом помещении, отнесенному к одному отопительному прибору, при расчетной температуре наружного воздуха

Расчетное число секций разборных радиаторов с достаточной точностью можно определить по следующей формуле:

$$N_{\text{пр}} = (Q_{\text{пом}} - 0,9 Q_{\text{тр}}) \times \beta / ((\Delta t_{\text{ср}} / 70)^{1+p} \times (G_{\text{пр}} / 360)^p \times q_{\text{ном1}}) \quad (4.1)$$

Тип, длину неразборных радиаторов и конвекторов следует определять из условия:

$$q_{\text{ном}} \geq ((Q_{\text{пом}} - 0,9 Q_{\text{тр}}) \times \beta / ((\Delta t_{\text{ср}} / 70)^{1+p} \times (G_{\text{пр}} / 360)^p); \quad (4.2)$$

$$Q_{\text{тр}} = q_{\text{в}} l_{\text{в}} + q_{\text{г}} l_{\text{г}}; \quad (4.3)$$

где $Q_{\text{тр}}$ – суммарная теплоотдача относящихся к отопительному прибору труб стояка, подводов, проложенных в пределах помещения, Вт;

$q_{\text{в}}$ и $q_{\text{г}}$ – теплоотдача 1 м вертикальных и горизонтальных открыто проложенных труб, Вт/м, принимаемая для неизолированных и изолированных труб по табл. [];

$l_{\text{в}}$ и $l_{\text{г}}$ – длина вертикальных и горизонтальных труб в пределах помещения, м;

$q_{\text{ном1}}$ и $q_{\text{ном}}$ – номинальная плотность теплового потока одной секции или соответствующего типа отопительного прибора, приведенная в [] и Рекомендациях НТФ ООО «Витатерм», при средней разности температур теплоносителя и воздуха в помещении $\Delta t_{\text{ср}}$, равной 70 °С, и при расходе теплоносителя воды в приборе 360 кг/ч; $\Delta t_{\text{ср}}$ и $G_{\text{пр}}$ – действительная средняя разность температур $0,5(t_{\text{п}} + t_{\text{о}}) - t_{\text{в}}$ и часовой расход теплоносителя, кг/ч, в приборе;

p и r – экспериментальные числовые показатели, учитывающие изменение коэффициента теплопередачи прибора при действительных значениях средней разности температур и расхода теплоносителя, а также тип и схему присоединения прибора к трубам системы отопления, принимаемые по [];

β – коэффициент, учитывающий способ установки, расположения отопительного прибора, принимаемый по []; при установке прибора, например, на стене за вертикальным щитом коэффициент составляет 0,9, тогда как при расположении конвектора в конструкции пола значение коэффициента достигает 2;

$t_{\text{п}}$, $t_{\text{о}}$ и $t_{\text{в}}$ – расчетные значения температуры теплоносителя до и после прибора и воздуха в данном помещении, °С.

Часовой расход теплоносителя, кг/ч, проходящего через отопительный прибор, можно определить по формуле или графику [].

$$G_{\text{пр}} = 0,86 Q_{\text{пом}} / (t_{\text{п}} - t_{\text{о}}). \quad (4.4)$$

Величина $Q_{\text{пом}}$ здесь соответствует тепловой нагрузке, отнесенной к одному отопительному прибору (когда в помещении их два и более).

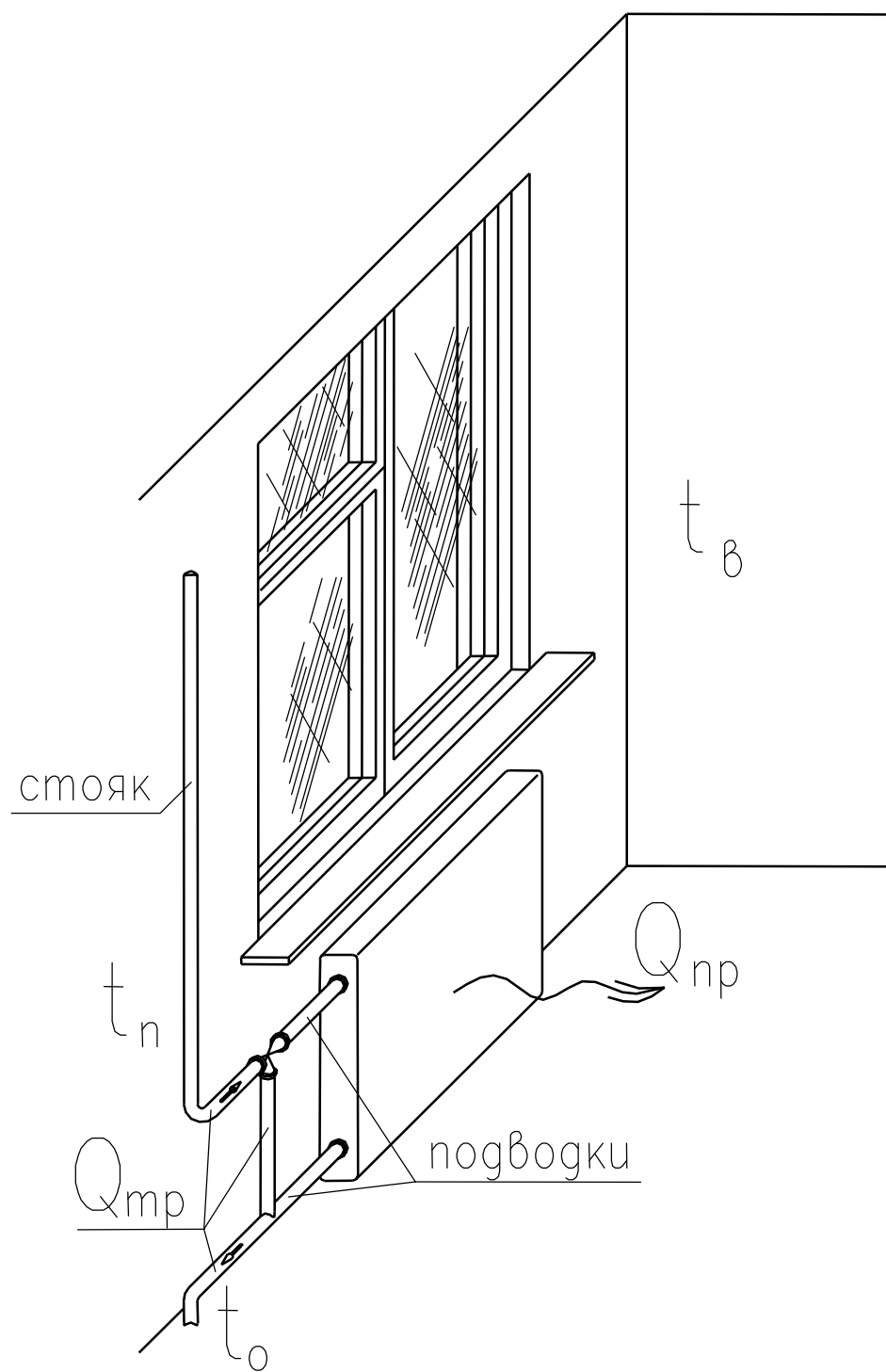


Рис. 4.14. Схема теплоотдачи отопительного прибора Q_{np} и труб Q_{tr} для компенсации теплопотребления

4.6.8. Примеры подбора отопительных приборов

Пример 1. Определить требуемое число секций радиатора МС-140 –М2, устанавливаемого без экрана под подоконником окна размером 1,5 х 1,5 м, если известно: система отопления двухтрубная, вертикальная, прокладка труб открытая, условные диаметры вертикальных труб (стояков) в пределах помещения 20 мм, горизонтальных (подводки к радиатору) 15 мм, расчетное теплотребление помещения $Q_{\text{пом}}$ составляет 1000 Вт, расчетная температура воды подающей $t_{\text{п}}$ и обратной $t_{\text{о}}$ равна 95 и 70 °С, температура воздуха в помещении $t_{\text{в}}$ – 20°С, присоединение прибора по схеме «сверху - вниз», длина труб вертикальных $l_{\text{в}}$ и горизонтальных $l_{\text{г}}$ труб соответственно 6 и 3 м.

Номинальный тепловой поток одной секции $q_{\text{ном1}}$ составляет 0,16 кВт (160 Вт).

Решение.

1. Находим расход воды $G_{\text{пр}}$, проходящей через радиатор.

$$G_{\text{пр}} = 0,86 Q_{\text{пом}} / (t_{\text{п}} - t_{\text{о}}) = 0,86 \cdot 1000 / (95 - 70) = 34,4 \text{ кг/ч.}$$

Показатели n и r равны соответственно 0,3 и 0,02, коэффициент $\beta = 1,02$.

2. Находим среднюю разность температур $\Delta t_{\text{ср}}$.

$$\Delta t_{\text{ср}} = 0,5 (t_{\text{п}} + t_{\text{о}}) - t_{\text{в}} = 0,5(95 + 70) - 20 = 62,5 \text{ °С.}$$

3. Находим теплоотдачу труб $Q_{\text{тр}}$, пользуясь таблицами теплоотдачи открыто проложенных вертикальных и горизонтальных труб.

$$Q_{\text{тр}} = q_{\text{в}} l_{\text{в}} + q_{\text{г}} l_{\text{г}} = 81 \cdot 3 + 47 \cdot 3 + 84 \cdot 1,5 + 50 \cdot 1,5 = 585 \text{ Вт.}$$

4. Определяем число секций $N_{\text{пр}}$.

$$N_{\text{пр}} = (Q_{\text{пом}} - 0,9 Q_{\text{тр}}) \times \beta / [q_{\text{ном1}} \times (\Delta t_{\text{ср}}/70)^{1+n} \times (G_{\text{пр}}/360)^p] = \\ (1000 - 0,9 \times 585) \times 1,02 / [160 \times (62,5/70)^{1+0,3} \times (34,4/360)^{0,02}] = 3,7 \text{ секции}$$

Следует принять к установке 4 секции. Однако длина радиатора, равная 0,38 м, меньше половины размера окна. Поэтому правильнее установить конвектор, например, «Сантехпром АВТО». Показатели n и r для конвектора принимаем равными соответственно 0,3 и 0,18.

Расчетную теплоотдачу конвектора находим по формуле

$$Q_{\text{пр}}^p = [(Q_{\text{пом}} - 0,9 Q_{\text{тр}}) \times \beta / ((\Delta t_{\text{ср}}/70)^{1+n} \times (G_{\text{пр}}/360)^p)] = [(1000 - 0,9 \times 585) \times 1,02 / ((62,5/70)^{1+0,3} \times (34,4/360)^{0,18})] = 854 \text{ Вт.}$$

Принимаем конвектор «Сантехпром АВТО» типа КСК20-0,918кА с номинальным тепловым потоком 918 Вт. Длина кожуха конвектора равна 0,818м.

Пример 2. Определить требуемое число секций радиатора МС-140 –М2 при расчетной температуре воды подающей $t_{\text{п}}$ и обратной $t_{\text{о}}$, равной 85 и 60 °С. Остальные исходные данные те же.

Решение.

В этом случае:

$$- \Delta t_{\text{ср}} = 52,5 \text{ °С;}$$

$$- \text{теплоотдача труб } Q_{\text{тр}} = 66 \cdot 3 + 36 \cdot 3 + 70 \cdot 1,5 + 38 \cdot 1,5 = 468 \text{ Вт;}$$

$$- \text{число секций } N_{\text{пр}} = (1000 - 0,9 \times 468) \times 1,02 / [160 \times (52,5/70)^{1+0,3} \times (34,4/360)^{0,02}] = 5,6 \text{ секции.}$$

Принимается к установке 6 секций.

Увеличение требуемого числа секций радиатора во втором примере вызвана уменьшением расчетной температуры подающей и обратной в системе отопления.

Длина радиатора, составляющая 0,57м, меньше половины размера окна. Поэтому следует установить радиатор меньшей высоты, например, типа МС -140-300, номинальный тепловой поток одной секции которого $q_{\text{ном1}}$ составляет 0,12 кВт (120 Вт).

Число секций находим по формуле

$$N_{\text{пр}} = (1000 - 0,9 \times 468) \times 1,02 / [120 \times (52,5/70)^{1+0,3} \times (34,4/360)^{0,02}] = 7,5 \text{ секций.}$$

Принимаем к установке 8 секций. Длина радиатора, составляющая 0,83 м, больше половины размера окна.

Пример 3. Определить требуемое число секций радиатора MC-140 – M2, устанавливаемого под подоконниками без экрана двух окон размером 1,5 х 1,5 м с простенком, если известно: система отопления двухтрубная, вертикальная, прокладка труб открытая, условные диаметры вертикальных труб в пределах помещения 20 мм, горизонтальных (подводки до и после радиатора) 15 мм, расчетное теплотребление помещения $Q_{\text{пом}}$ составляет 3000 Вт, расчетная температура воды подающей $t_{\text{п}}$ и обратной $t_{\text{о}}$ равна 95 и 70 °С, температура воздуха в помещении $t_{\text{в}}$ – 20°С, присоединение прибора по схеме «сверху - вниз», длина труб вертикальных $l_{\text{в}}$ и горизонтальных $l_{\text{г}}$ труб соответственно 6 и 4 м.

Номинальный тепловой поток одной секции $q_{\text{ном1}}$ составляет 0,16 кВт (160 Вт).

Решение.

1. Находим расход воды $G_{\text{пр}}$, проходящей через два радиатора.

$G_{\text{пр}} = 0,86 Q_{\text{пом}} / (t_{\text{п}} - t_{\text{о}}) = 0,86 \cdot 3000 / (95 - 70) = 103,2 \text{ кг/ч.}$ (через один радиатор - 51,6 кг/ч).

Показатели n и r равны соответственно 0,3 и 0,02, коэффициент $\beta = 1,02$.

2. Находим среднюю разность температур $\Delta t_{\text{ср}}$.

$$\Delta t_{\text{ср}} = 0,5 (t_{\text{п}} + t_{\text{о}}) - t_{\text{в}} = 0,5(95 + 70) - 20 = 62,5 \text{ °С.}$$

3. Находим теплоотдачу труб $Q_{\text{тр}}$, пользуясь таблицами теплоотдачи открыто проложенных вертикальных и горизонтальных труб.

$$Q_{\text{тр}} = q_{\text{в}} l_{\text{в}} + q_{\text{г}} l_{\text{г}} = 81 \cdot 3 + 47 \cdot 3 + 84 \cdot 2 + 50 \cdot 2 = 652 \text{ Вт.}$$

4. Определяем общее число секций $N_{\text{пр}}$.

$$N_{\text{пр}} = (Q_{\text{пом}} - 0,9 Q_{\text{тр}}) \times \beta / [q_{\text{ном1}} \times (\Delta t_{\text{ср}}/70)^{1+n} \times (G_{\text{пр}}/360)^p] = \\ (3000 - 0,9 \times 652) \times 1,02 / [160 \times (62,5/70)^{1+0,3} \times (51,6/360)^{0,02}] = 18,5 \text{ секций.}$$

Принимается к установке два радиатора по 9 и 10 секций.

Пример 4. Определить требуемое число секций радиатора MC-140 –M2 при расчетной температуре воды подающей $t_{\text{п}}$ и обратной $t_{\text{о}}$, равной 85 и 60 °С. Остальные исходные данные те же.

В этом случае:

- $\Delta t_{\text{ср}} = 52,5 \text{ °С};$

- теплоотдача труб $Q_{\text{тр}} = 66 \cdot 3 + 36 \cdot 3 + 70 \cdot 2 + 38 \cdot 2 = 522 \text{ Вт};$

- число секций $N_{\text{пр}} = (3000 - 0,9 \times 522) \times 1,02 / [160 \times (52,5/70)^{1+0,3} \times (51,6/360)^{0,02}] = 24,3 \text{ секции.}$ Можно принять к установке два радиатора по 12 секций.

4.7. Печное отопление.

Печное отопление допускается предусматривать в зданиях, указанных в табл.4.4.

Таблица 4.4. Применение печного отопления в зданиях

Здания	Число	
	этажей, не более	мест, не более
Жилые, административные	2	-
Общежития, бани	1	25
Поликлиники, спортивные, предприятия бытового обслуживания населения (кроме домов быта, комбинатов обслуживания), предприятия связи, а также помещения категорий Г и Д площадью не более 500 м ²	1	-
Клубы	1	100
Общеобразовательные школы без спальных корпусов	1	80
Детские дошкольные учреждения с дневным пребыванием детей, предприятия общественного питания и транспорта	1	50
Примечание- Этажность зданий следует принимать без учета цокольного этажа.		

Применение печного отопления в городах и населенных пунктах городского типа допускается при обосновании.

Для помещений категорий А, Б, В печное отопление применять не допускается.

Расчетные потери теплоты в помещениях должны компенсироваться средней тепловой мощностью отопительных печей: с периодической топкой - исходя из двух топок в сутки, а для печей длительного горения - исходя из непрерывной топки.

Колебания температуры воздуха в помещениях с периодической топкой не должны превышать 3 °С в течение суток.

Максимальная температура поверхности печей (кроме чугунного настила, дверок и других печных приборов) не должна превышать, °С:

90 - в помещениях детских дошкольных и лечебно-профилактических учреждений;

110 - в других зданиях и помещениях на площади печи не более 15 % общей площади поверхности печи;

120 - то же, на площади печи не более 5 % общей площади поверхности печи.

В помещениях с временным пребыванием людей при установке защитных экранов допускается применять печи с температурой поверхности выше 120 °С.

Одну печь следует предусматривать для отопления не более трех помещений, расположенных на одном этаже.

В двухэтажных зданиях допускается предусматривать двухъярусные печи с обособленными топливниками и дымоходами для каждого этажа, а для двухъярусных квартир - с одной топкой на первом этаже. Применение деревянных балок в перекрытии между верхним и нижним ярусами печи не допускается.

В зданиях общеобразовательных школ, детских дошкольных, лечебно-профилактических учреждений, клубов, домов отдыха и гостиниц печи следует размещать так, чтобы топливники обслуживались из подсобных помещений или коридоров, имеющих окна с форточками и вытяжную вентиляцию с естественным побуждением.

В зданиях с печным отоплением не допускается:

а) устройство вытяжной вентиляции с искусственным побуждением, не компенсированной притоком с искусственным побуждением;

б) отвод дыма в вентиляционные каналы и использование для вентиляции помещений дымовых каналов.

Печи, как правило, следует размещать у внутренних стен и перегородок, предусматривая использование их для размещения дымовых каналов.

Дымовые каналы допускается размещать в наружных стенах из негорючих материалов, утепленных, при необходимости, с наружной стороны для исключения конденсации влаги из отводимых газов. При отсутствии стен, в которых могут быть размещены дымовые каналы, для отвода дыма следует применять приставные, насадные или коренные дымовые трубы.

Для каждой печи, как правило, следует предусматривать отдельную дымовую трубу или канал (далее - труба). Допускается присоединять к одной трубе две печи, расположенные в одной квартире на одном этаже. При соединении труб в них следует предусматривать расщепки высотой не менее 1 м от низа соединения труб.

Сечение дымовых труб (дымовых каналов) в зависимости от тепловой мощности печи следует принимать, мм, не менее:

140x140 - при тепловой мощности печи до 3,5 кВт

140x200 - " " " " свыше 3,5 " 5,2 "

140x270 - " " " " " 5,2 " 7 "

Площадь сечения круглых дымовых каналов должна быть не менее площади указанных прямоугольных каналов.

На дымовых каналах печей, работающих на твердом, жидком или газообразном топливе следует предусматривать установку на дымоходах задвижек с отверстием диаметром не менее 15 мм.

Высоту дымовых труб, считая от колосниковой решетки до устья, следует принимать не менее 5 м.

Высоту дымовых труб, размещаемых на расстоянии, равном или большем высоты сплошной конструкции, выступающей над кровлей, следует принимать:

не менее 500 мм - над плоской кровлей;

не менее 500 мм - над коньком кровли или парапетом при расположении трубы на расстоянии до 1,5 м от конька или парапета;

не ниже конька кровли или парапета - при расположении дымовой трубы на расстоянии от 1,5 до 3 м от конька или парапета;

не ниже линии, проведенной от конька вниз под углом 10° к горизонту, - при расположении дымовой трубы от конька на расстоянии более 3 м.

4.8. Определение тепловой мощности системы отопления

Тепловая мощность системы отопления $Q_{со}$ в общем виде равна сумме потерь теплоты через отдельные ограждающие конструкции $Q_{отп}$, с округлением до 10 Вт для помещений, расхода теплоты Q_i на нагревание инфильтрующегося воздуха, а также поступающих в помещение холодных материалов, изделий и транспортных средств в холодный период года $Q_{мтс}$ (с учетом бытовых тепловыделений Q_6).

$$Q_{co} = \sum(Q_{тп} + Q_i + Q_{мтс} - Q_6) = \sum Q_{пом} \quad (4.5)$$

1. Основные и добавочные потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции $Q_{тп}$, Вт, с округлением до 10 Вт для помещений следует определять по формуле (СНиП 2.04.05-91*)

$$Q = A(t_p - t_{ext})(1 + \sum \beta)n / R = Q_0 (1 + \sum \beta) \quad (4.6)$$

где A - расчетная площадь ограждающей конструкции, m^2 ;

$R_{пр}$ - приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$. Сопротивление теплопередаче конструкции следует принимать по данным строительной части проекта, но не менее требуемого по СНиП 11-3-79*, 23-02 (кроме полов на грунте); для полов на грунте - в соответствии с п.1.2, принимая $R = R_c$, для неутепленных полов и $R = R_h$ для утепленных;

t_p - расчетная температура воздуха, $^\circ C$, в помещении с учетом повышения ее в зависимости от высоты для помещений высотой более 4 м;

t_{exp} - расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года при расчете потерь теплоты через наружные ограждения или температура воздуха более холодного помещения-при расчете потерь теплоты через внутренние ограждения;

β - добавочные потери теплоты в долях от основных потерь;

n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по табл. 6.2.

1.1. Добавочные потери теплоты β через ограждающие конструкции следует принимать в долях от основных потерь:

а) в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна, обращенные на север, восток, северо-восток и северо-запад в размере 0,1, на юго-восток и запад - в размере 0,05; в угловых помещениях дополнительно - по 0,05 на каждую стену, дверь и окно, если одно из ограждений обращено на север, восток, северо-восток и северо-запад и 0,1 - в других случаях;

б) в помещениях, разрабатываемых для типового проектирования, через стены, двери и окна, обращенные на любую из сторон света, в размере 0,08 при одной наружной стене и 0,13 для угловых помещений (кроме жилых), а во всех жилых помещениях - 0,13;

в) через необогреваемые полы первого этажа над холодными подпольями зданий в местностях с расчетной температурой наружного воздуха минус $40^\circ C$ и ниже (параметры Б) - в размере 0,05;

г) через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте зданий H , м, от средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты в размере:

0,2 H - для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;

0,27 H - для двойных дверей с тамбурами между ними;

0,34 H - для двойных дверей без тамбура;

0,22 H - для одинарных дверей;

д) через наружные ворота, не оборудованные воздушными и воздушно-тепловыми завесами, - в размере 3 при отсутствии тамбура и в размере 1 - при наличии тамбура у ворот.

Примечание: Для летних и запасных наружных дверей и ворот добавочные потери теплоты по подпунктам "г" и "д" не следует учитывать.

1.2. Сопротивление теплопередаче полов на грунте следует определять:

а) для неутепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, с

коэффициентом теплопроводности $\lambda \geq 1,2 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}$ по зонам шириной 2 м, параллельным наружным стенам, принимая $R_c, \text{ м}^2\cdot\text{°C /Вт}$, равным:

2,1 - для I зоны;
 4,3 - " II ";
 8,6 - " III ";
 14,2 - " IV " (для оставшейся площади пола);

б) для утепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, с коэффициентом теплопроводности $\lambda_h < 1,2 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}$ утепляющего слоя толщиной δ , м, принимая $R_h, \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$ по формуле

$$R_h = R_c + \delta / \lambda_h; \quad (4.7)$$

в) для полов на лагах, принимая $R_h, \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$, по формуле

$$R_h = 1,18(R_c + \delta / \lambda); \quad (4.8)$$

1.3. Потери теплоты через ограждающие конструкции производственных помещений со значительными избытками теплоты следует рассчитывать с учетом лучистого теплообмена между источниками теплоты и ограждениями.

2. Расход теплоты Q_i , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха следует определять по формуле (СНиП 2.04.05-91*)

$$Q_i = 0,28 \sum G_i c(t_p - t_i)k, \quad (4.9)$$

где G_i - расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции помещения, определяемый по формуле 8.7;

c - удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)}$;

t_p, t_i - расчетные температуры воздуха, °C, соответственно в помещении (средняя с учетом повышения для помещений высотой более 4 м) и наружного воздуха в холодный период года (параметры Б);

k - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами, 0,8 - для окон и балконных дверей с раздельными переплетами и 1,0 - для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов.

Расход теплоты Q_i , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, следует принимать равным большей из величин, полученных по расчету по формулам (4.9) и (4.10):

$$Q_i = 0,28 L_n \rho c(t_p - t_i)k, \quad (4.10)$$

где L_n - расход удаляемого воздуха, м³/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом; для жилых зданий - удельный нормативный расход 3 м³/ч на 1 м² жилых помещений;

ρ - плотность воздуха в помещении, кг/м³.

2.1. Расход инфильтрующегося воздуха в помещении G_i , кг/ч, через неплотности наружных ограждений следует определять по формуле

$$G_i = 0,216 \sum A_1 \Delta p_i^{0,67} / R_u + \sum A_2 G_H (\Delta p_i / \Delta p_1)^{0,67} + 3456 \sum A_3 \Delta p_i^{0,5} + 0,5 \sum l \Delta p_i / \Delta p_1, \quad (4.11)$$

где A_1, A_2 - площади наружных ограждающих конструкций, м², соответственно световых проемов (окон, балконных дверей, фонарей) и других ограждений;

A_3 - площадь щелей, неплотностей и проемов в наружных ограждающих конструкциях;

$\Delta p_i, \Delta p_1$ - расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций соответственно на расчетном этаже при Δp_1

= 10 Па;

R_u - сопротивление воздухопроницанию, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$, принимаемое по СНиП 23-02;

G_H - нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций, $\text{кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, принимаемая по табл. 11 СНиП 23-02;

l - длина стыков стеновых панелей, м.

Расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях каждой ограждающей конструкции Δp_i , Па, принимается после определения условно-постоянного давления воздуха в здании p_{int} , Па (отождествляется с давлениями на внутренних поверхностях наружных ограждающих конструкций), на основе равенства расхода воздуха, поступающего в здание ΣG_i , $\text{кг} / \text{ч}$, и удаляемого из него ΣG_{ext} , $\text{кг} / \text{ч}$, за счет теплового и ветрового давлений и дисбаланса расходов между подаваемым и удаляемым воздухом системами вентиляции с искусственным побуждением и расходуемого на технологические нужды.

2.2. Расчетная разность давлений Δp_i , определяется по формуле

$$\Delta p_i = (H - h_i) (\gamma_i - \gamma_p) + 0,5 p_i v^2 (c_{e,n} - c_{e,p}) k_l - p_{int}, \quad (4.12)$$

где H - высота здания, м, от уровня средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты;

h_i - расчетная высота, м, от уровня земли до верха окон, балконных дверей, дверей, ворот, проемов или до оси горизонтальных и середины вертикальных стыков стеновых панелей;

γ_i, γ_p - удельный вес, $\text{Н} / \text{м}$, соответственно наружного воздуха и воздуха в помещении, определяемый по формуле

$$\gamma = 3465 / (273 + t_p); \quad (4.13)$$

p_i - плотность наружного воздуха, $\text{кг} / \text{м}^3$;

v - скорость ветра, $\text{м} / \text{с}$, принимаемая по параметрам Б. Если скорость ветра при параметрах Б меньше, чем при параметрах А, то отопительные приборы следует проверять на параметры А.

$c_{e,n}, c_{e,p}$ - аэродинамические коэффициенты соответственно для наветренной и подветренной поверхностей ограждений здания, принимаемые по СНиП 2.01.07-85;

k_l - коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания, принимаемый по СНиП 2.01.07-85;

p_{int} - условно-постоянное давление воздуха в здании, Па.

Примечания:

1. Максимальный расход теплоты на нагревание наружного воздуха следует учитывать для каждого помещения при наиболее неблагоприятном для него направлении ветра. При расчете тепловой нагрузки здания с автоматическим регулированием расход теплоты на инфильтрацию следует принимать при наиболее неблагоприятном направлении ветра для всего здания. 2. Инфильтрацию воздуха в помещении через стыки стеновых панелей следует учитывать только для жилых зданий.

3. Расход теплоты на нагревание ввозимых в помещение материалов, изделий и транспортных средств следует определять по формуле

$$Q_{\text{мтс}} = 0,28 \Sigma G_{\text{мтс}} c_{\text{мтс}} (t_p - t_{\text{мтс}}) B, \text{ Вт}; \quad (4.14)$$

где $G_{\text{мтс}}$ - масса, кг , поступающих снаружи однородных материалов, изделий и транспортных средств;

$c_{\text{мтс}}$ - удельная теплоемкость однородных материалов, изделий и транспортных средств, $\text{кДж} / \text{кг} \cdot ^\circ\text{C}$;

$t_{\text{мтс}}$ - температура поступающих в помещение материалов, изделий и транспортных

средств;

B – коэффициент, учитывающий интенсивность поглощения теплоты и продолжительность нахождения материалов, изделий и транспортных средств в помещении, принимаемый по табл. 4.5.

Таблица 4.5. Коэффициент, учитывающий интенсивность поглощения теплоты.

Время нахождения в помещении материалов, изделий, транспортных средств	Значение B	
	для несыпучих материалов, транспортных средств	для сыпучих материалов
Первый час	0,5	0,4
Второй час	0,3	0,25
Третий час	0,2	0,15

4. Бытовые тепловыделения находят по следующей формуле.

$$Q_6 \geq 10 A_{\text{пл}} \quad (4.15)$$

Линейные размеры ограждающих конструкций для определения их площадей находят, пользуясь рис.4.15.

Размеры окон, наружных и внутренних дверей принимаются по наименьшим размерам строительных проемов в свету.

Наименование ограждений условно принято обозначать следующим образом: НС – наружная стена; ВС – внутренняя стена; ДО (ТО) – двойные (тройные) окна; ПК – покрытие; ЧП – чердачное перекрытие; Пл – пол; ДД – двойная дверь; ОД – одинарная дверь и т.д. Ориентацию ограждения по сторонам света принято обозначать: ЮВ – юго-восток; ЮЗ – юго-запад; Ю – юг; С – север; СВ – северо-восток; СЗ – северо-запад; З – запад; В – восток.

Запись расчетов тепловых потерь через ограждения помещений выполняется в форме табл. 4.6

Таблица 4.6. Расчет тепловых потерь.

№ пом	Наименование помещения, $t_{\text{в}}$, °C	Характеристика ограждения					$(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n$ °C	Q_0 , Вт	Добавки β		$1 + \Sigma \beta$	$Q_{\text{тп}}$, Вт
		наименование	ориентация	размер $a \times b$, м	A , м^2	K_0 , $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$			ориентация	прочие		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Расчетные для помещения теплотребования по п.1, 2, 3 и бытовые тепловыделения заносят в табл. 4.7. и на основе уравнения (4.5) определяется тепловая мощность помещения $Q_{\text{пом}}$ и системы отопления здания в целом.

Таблица 4.7. Тепловая мощность помещения и системы отопления

№ помещения	Составляющие баланса, Вт				$Q_{\text{пом}}, \text{Вт}$
	$Q_{\text{тп}}$	Q_i	$Q_{\text{мтс}}$	Q_b	
1	2	3	4	5	6

В колонке 6 табл. 4.7. для многоэтажных зданий определяются теплотребования поэтажно и по всему зданию для определения тепловой мощности системы отопления.

В заключение определяется удельная тепловая характеристика здания $q_{\text{уд}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$.

$$q_{\text{уд}} = \frac{Q_{\text{от}}}{V_{\text{зд}}(t_{\text{в}} - t_{\text{н5}})} \quad (4.16)$$

где $V_{\text{зд}}$ - объем надземной части здания по наружным размерам без чердака, м^3 .

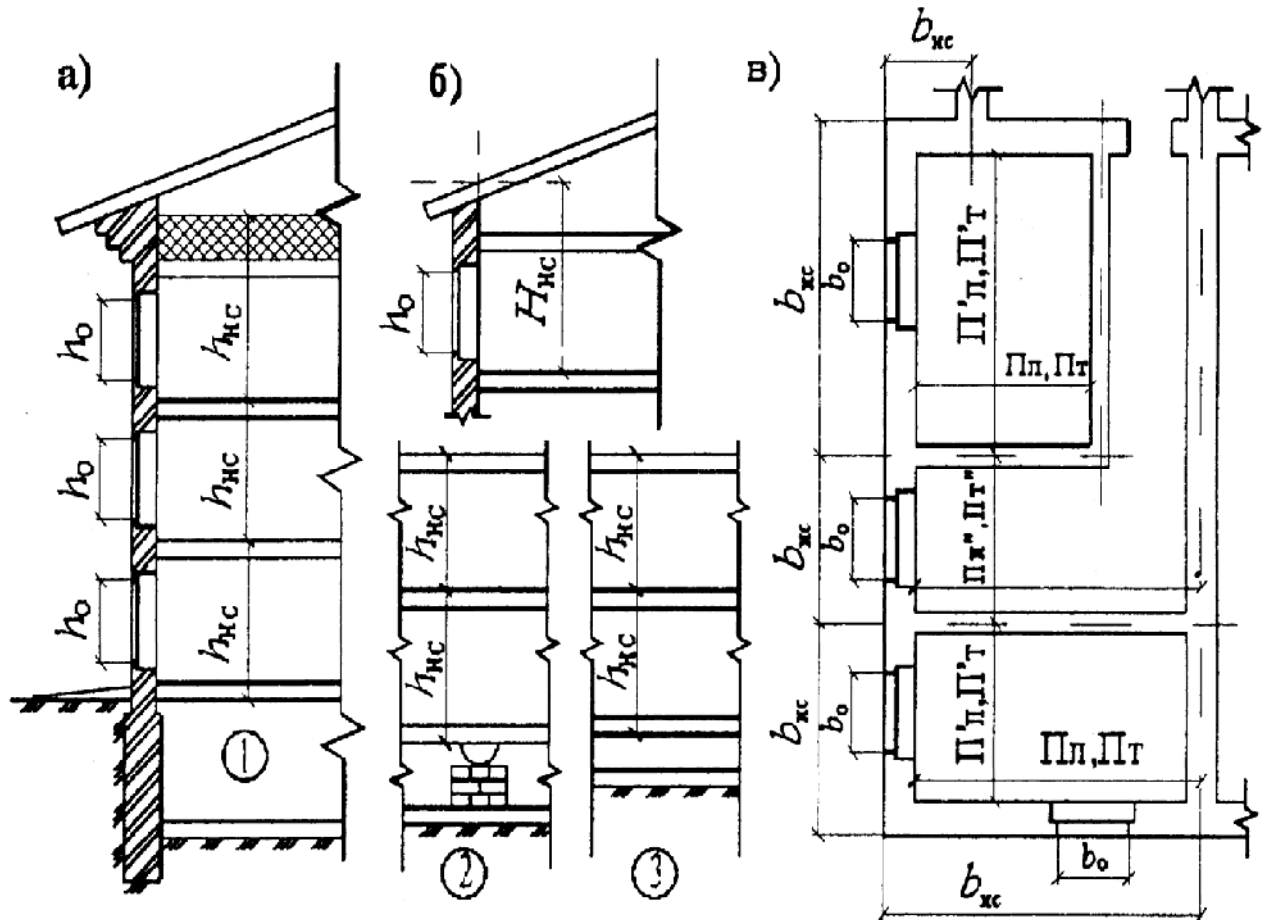


Рис.4.15. Правила обмера площадей ограждающих конструкций:

- а) разрез здания с чердачным покрытием; б) разрез здания с совмещенным покрытием; в) план здания;
1 - пол над подвалом; 2 - пол на лагах; 3 - пол на грунте.

4.9. Гидравлический расчет систем водяного отопления.

Гидравлический расчет заключается в подборе диаметров труб, в соответствии с их сортаментом, для обеспечения подачи расчетного количества воды к каждому отопительному прибору при принятой расчетной разности температур воды в системе и расчетной потере давления, не превышающей располагаемую разность давления в системе.

Гидравлический расчет систем отопления выполняется обычно двумя способами:

1. По методу удельных потерь давления (исходя из расчетного расхода воды в участке и известного располагаемого перепада давления в системе $\Delta p^{\text{расп}}$;
2. По методу, основанному на характеристиках гидравлического сопротивления (исходя из принятого диаметра трубы).

По первому способу общие расчетные потери давления в системе отопления определяются по известной формуле

$$\Delta p^{\text{расч}} = \sum (R l_{\text{уч}} + z) \leq 0,9 \Delta p^{\text{расп}}, \text{ Па}; \quad (4.17)$$

$$R = (\lambda/d_b) (v^2 \rho / 2) \quad (4.18)$$

$$z = \sum \xi_{\text{уч}} (v^2 \rho / 2) \quad (4.19)$$

где R - удельная линейная потеря давления на 1 погонный м трубы, Па/м;

$l_{\text{уч}}$ - длина рассчитываемого участка, м;

Z - потеря давления в местных сопротивлениях, Па;

λ - коэффициент гидравлического трения, определяющий в долях гидродинамического давления линейную потерю давления на длине трубы с внутренним диаметром d_b ; коэффициент λ зависит от диаметра трубы, скорости движения и кинематической вязкости воды, а также (при турбулентном движении воды) от степени шероховатости внутренней поверхности труб;

$\sum \xi_{\text{уч}}$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений в участке (отводов, тройников, крестовин, переходов, арматуры, отопительных приборов и пр.); значение коэффициента ξ зависит от скорости движения воды и степени шероховатости труб;

v - скорость движения воды в участке, м/с, принимаемая в системах отопления обычно не более 0,3 – 0,5 ;

ρ - плотность воды, кг/м³.

Расчет системы отопления по методу удельных потерь давления практически раскрывает физическую картину распределения гидравлических сопротивлений в трубах, однако расчет этот трудоемок и применяется для систем с малыми скоростями движения теплоносителя.

Потери давления в системе отопления, определяемые по методу характеристик, находят по формуле

$$\Delta p^{\text{расч}} = \sum S G^2, \text{ Па}; \quad (4.20)$$

$$S = A [(\lambda/d_b) l_{\text{уч}} + \sum \xi_{\text{уч}}], \text{ Па/ (кг/ч)}^2; \quad (4.21)$$

$$A = 6,25 / 10^8 \rho d_b^4. \quad (4.22)$$

где S - характеристика гидравлического сопротивления участка, выражающая общие потери давления на участке при единичном расходе воды (1 кг/ч);

G - расход воды на рассчитываемом участке, кг/ч;

A - удельное гидродинамическое давление на участке, Па/(кг/ч)², при единичном расходе воды.

По методу характеристик сопротивления ведется расчет, как правило, однетрубных систем отопления с повышенной скоростью движения воды, когда возможно использование постоянных значений коэффициентов λ и ξ .

Гидравлический расчет по методу удельных потерь ведется в следующей последовательности:

- выполняется в аксонометрической проекции схема выбранной системы отопления;
- определяется главное циркуляционное кольцо (ГЦК). В вертикальных однотрубных системах с тупиковым движением теплоносителя ГЦК проходит через один из наиболее нагруженных и удаленных от главного стояка стояков, в двухтрубных – кроме того, через нижний отопительный прибор. В системах с попутным движением ГЦК проходит через один из средних наиболее нагруженных стояков и, в двухтрубных системах, через нижний отопительный прибор;
- определяется тепловая нагрузка стояков и участков системы, Вт, и, соответственно, расчетный расход теплоносителя, кг/ч, а также длина участков;
- определяется располагаемое давление для обеспечения циркуляции в замкнутом контуре системы отопления расчетного количества теплоносителя (в зависимости от источника теплоснабжения - централизованный или автономный, по зависимой или независимой схеме присоединения к тепловым сетям);
- находится средняя для ГЦК удельная линейная потеря давления;
- подбирается диаметр трубы каждого участка;
- определяются коэффициенты местного сопротивления на каждом участке;
- определяются потери давления по длине и в местных сопротивлениях. Расчетные потери давления не должны превышать располагаемое давление и должны составлять более 90% располагаемого давления;
- добывается гидравлическая увязка циркуляционных колец за счет принимаемых диаметров участков в пределах 10 -15 %.

Примеры гидравлического расчета систем отопления в зависимости от их выбранной схемы с использованием вспомогательных таблиц или номограмм представлены в Справочнике проектировщика и учебной литературе.

4.10. Трубы (Типы, требования к прокладке).

Трубы систем отопления, теплоснабжения воздухонагревателей и водоподогревателей систем вентиляции, кондиционирования, воздушного душирования и воздушно-тепловых завес (далее - трубопроводы систем отопления) следует проектировать из стальных, медных, латунных и полимерных труб, разрешенных к применению в строительстве. В комплекте с полимерными трубами следует применять, как правило, соединительные детали и изделия одного производителя.

Полимерные трубы, применяемые в системах отопления совместно с металлическими трубами (в том числе в наружных системах теплоснабжения) или с приборами и оборудованием, имеющим ограничения по содержанию растворенного кислорода в теплоносителе, должны иметь кислородопроницаемость не более 0,1 г/(м³ · сут).

Прокладка труб систем отопления не допускается:

- а) на чердаках зданий (кроме теплых чердаков) и в проветриваемых подпольях в районах с расчетной температурой минус 40 °С и ниже (параметры Б);
- б) транзитных - через помещения убежищ, электротехнические помещения, шахты с электрокабелями, пешеходные галереи и тоннели.

На чердаках допускается установка расширительных баков с тепловой изоляцией из негорючих материалов.

Способ прокладки трубопроводов систем отопления должен обеспечивать легкую замену их при ремонте. Замоноличивание труб без кожуха в строительные конструкции допускается:

- в зданиях со сроком службы менее 20 лет;
- при расчетном сроке службы труб 40 лет и более.

При скрытой прокладке труб следует предусматривать люки в местах расположения разборных соединений и арматуры. Прокладка полимерных труб должна предусматриваться скрытой: в полу, плинтусах, за экранами, в штробах, шахтах и каналах. Допускается открытая прокладка в местах, где исключается их механическое, термическое повреждение и прямое воздействие ультрафиолетового излучения на трубы.

Расстояние (в свету) от поверхности труб, отопительных приборов и воздухонагревателей с теплоносителем температурой выше 105 °С до поверхности конструкции из горючих материалов следует принимать не менее 100 мм. При меньшем расстоянии следует предусматривать тепловую изоляцию поверхности этой конструкции из негорючих материалов.

Трубы в местах пересечения перекрытий, внутренних стен и перегородок следует прокладывать в гильзах из негорючих материалов.

Заделку зазоров и отверстий в местах прокладки труб следует предусматривать негорючими или горючими Г1 материалами, обеспечивающими нормируемый предел огнестойкости ограждений.

Скорость движения теплоносителя в трубах систем водяного отопления следует принимать в зависимости от допустимого эквивалентного уровня звука в помещении:

а) выше 40 дБА - не более 1,5 м/с в общественных зданиях и помещениях; не более 2 м/с в административно-бытовых зданиях и помещениях; не более 3 м/с в производственных зданиях и помещениях;

б) 40 дБА и ниже - по приложению 5.

Скорость движения пара в трубах следует принимать:

а) в системах отопления низкого давления (до 70 кПа на вводе) при попутном движении пара и конденсата - 30 м/с, при встречном - 20 м/с;

б) в системах отопления высокого давления (от 70 до 170 кПа на вводе) при попутном движении пара и конденсата - 80 м/с, при встречном - 60 м/с.

Уклоны труб воды, пара и конденсата следует принимать не менее 0,002, а уклон паропроводов против движения пара - не менее 0,006.

Трубы воды допускается прокладывать без уклона при скорости движения воды в них 0,25 м/с и более.

При проектировании систем центрального водяного отопления из пластмассовых труб следует предусматривать приборы автоматического регулирования с целью защиты труб от повышения параметров теплоносителя.

4.11. Способы присоединения систем водяного отопления к тепловым сетям.

Системы водяного отопления к водяным тепловым сетям присоединяются:

1. По зависимой схеме (непосредственной в гидравлическом отношении):

- без подмешивания подающей воды теплосети с обратной водой системы отопления, т.к. температура подающей воды теплосети соответствует допустимой в системе отопления;

- по элеваторной схеме, со смешением подающей воды теплосети с обратной водой системы отопления в элеваторе, когда температура подающей воды теплосети выше допустимой температуры подающей воды в системе отопления;

- со смешением подающей воды теплосети с обратной водой системы отопления с помощью насоса смешения, когда температура подающей воды теплосети также выше допустимой температуры подающей воды в системе отопления.

2. По независимой схеме – через водоводяной теплообменник, позволяющий защитить, изолировать систему отопления от теплосети.

К паровым тепловым сетям системы водяного отопления присоединяются через пароводяные теплообменники.

Литература к 4 главе.

1. Андреевский А.К. Отопление (курс лекций). Минск, «Вышэйш школа», 1974.
2. Эффективные системы отопления зданий./ В.Е.Мини, В.К.Аверьянов, Е.А. Белинский и др.; под общей ред. В.Е.Минина.- Л.: Стройиздат, Ленингр. отд., 1988.
3. Аше Б.М. Отопление и вентиляция. Т. 1-й. ГНТИ, Москва-Ленинград, 1934.
4. Ливчак И.Ф., Кувшинов Ю.Я. Развитие теплоснабжения, климатизации и вентиляции в России за 100 последних лет: Уч. издание. – Изд. АСВ, 2004.
5. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (Переиздание. 07.1998г.).
6. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
7. СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям.
8. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы.
9. СанПиН 2.1.3.1375-03. Гигиенические требования к размещению, устройству, оборудованию и эксплуатации больниц, родильных домов и других лечебных стационаров.
10. СанПиН 2.3.6.1079-01. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям общественного питания, изготовлению и оборотоспособности в них пищевых продуктов и продовольственного сырья.
11. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
12. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология.
13. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
14. СНиП 31-02-2001. Дома жилые одноквартирные.
15. СНиП 3.05.01-85. Внутренние санитарно-технические системы/Госстрой СССР.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
16. Сканави А.Н. Конструирование и расчет водяного и воздушного отопления зданий.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1983.
17. Богословский В.Н., Сканави А.Н. Отопление: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1991.
18. Сканави А.Н., Махов Л.М. Отопление: Учебник для вузов.- М.: Издательство АСВ, 2006.
19. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.1 Отопление/ В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканави и др. – М.: Стройиздат, 1990. – (Справочник проектировщика).
20. Наладка и эксплуатация тепловых сетей: Справочник/ В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1988.
21. Фаликов В.С. Энергосбережение в системах теплоснабжения зданий: Монография. - М.: ГУП "ВИМИ", 2001.
22. Хрусталева Б.М., Кувшинов Ю.Я., Копко В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. – М.: Изд-во АСВ, 2005.

23. Гримитлин А.М., Иванов О.П., Пухкал В.А. Насосы, вентиляторы, компрессоры в инженерном оборудовании зданий /Учебное пособие. - СПб: Изд. «АВОК Северо-Запад», 2006.

24. Б.А. Крупнов, Д.Б. Крупнов. Отопительные приборы, производимые в России и ближнем зарубежье: Учебное пособие.- М.: Издательство АСВ, 2009.

25. Технические требования предприятий-производителей к отопительным приборам, арматуре.

26. Рекомендации лаборатории отопительных приборов ФГУП НИИСантехники (ООО «ВИТАТЕРМ», г. Москва).

27. Г.С. Власов. Трубы и соединительные детали для инженерных систем. – М.: LUXURY MEDIA, 2004.

28. В.З. Черняк. Строительные уроки русских мастеров. М., Стройиздат, 1987.

29. Б.А. Крупнов, Н.С. Шарафудинов, Д.Б. Крупнов. Руководство по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционированию воздуха. ГЕРЦ, ВЕНА-МОСКВА, 2007.

Список вопросов.

1. *Виды систем топления.*
2. *Классификация систем водяного отопления.*
3. *Особенности систем воздушного отопления.*
4. *Особенности систем парового отопления.*
5. *Особенности систем газового и электрического отопления.*
6. *Принцип работы систем отопления с естественной циркуляцией.*
7. *Виды отопительных приборов.*
8. *Слагаемые определения тепловой мощности системы отопления.*
9. *Назначение гидравлического расчета системы отопления.*
10. *Принцип работы элеватора.*

5. Вентиляция, кондиционирование и воздушное отопление

5.1 Виды, классификация систем вентиляции и кондиционирования.

5.1.1 Системы вентиляции.

По способу перемещения воздуха системы вентиляции делят на системы с естественным и искусственным побуждением движения воздуха.

В системах с естественным побуждением воздух поступает и удаляется из помещений за счет гравитационных сил и ветрового давления.

В системах с искусственным или механическим побуждением воздух перемещается с помощью вентиляторов.

По назначению системы вентиляции подразделяют на приточные прямооточные и с рециркуляцией (полной или частичной), вытяжные.

Прямоточные приточные системы служат для подачи в помещения наружного воздуха, обрабатываемого в зависимости от параметров наружного и внутреннего воздуха, если это экономически целесообразно или вредные вещества относятся ко 1 и 2 классу опасности.

Рециркуляционные системы позволяют в разных соотношениях смешивать наружный воздух с воздухом помещения или использовать полностью внутренний воздух с последующей обработкой его для создания в помещении требуемых условий с наименьшими энергозатратами.

Вытяжные системы позволяют удалить из помещений загрязненный воздух.

По способу организации подачи приточного воздуха и удаления вредных выделений системы делят на общеобменные и местные.

При общеобменной вентиляции приточный воздух подается непосредственно в помещение с постоянным пребыванием людей, а удаляется загрязненный воздух из зон помещения с наибольшей концентрацией вредных выделений.

Местные приточные системы позволяют подать воздух в определенные зоны помещения, фиксированные рабочие места, а местные вытяжные системы удалить загрязненный воздух непосредственно от источника вредных выделений.

Естественная вентиляция

Системы естественной вентиляции позволяют обеспечить неорганизованный или организованный воздухообмен, проветривание в помещении под действием гравитационного и (или) ветрового давления.

Гравитационное давление равно произведению разности плотностей наружного и удаляемого из помещения воздуха на расстояние по вертикали от центров отверстий приточного и удаляемого воздуха.

Гравитационное давление систем естественной вентиляции для жилых, общественных и административно-бытовых зданий следует рассчитывать на разность удельных весов наружного воздуха с температурой 5 °С и температурой внутреннего воздуха при расчетных параметрах для холодного периода года.

$$P_e = 9,81h (p_n - p_v), \text{ Па} \quad (5.1)$$

Ветровое давление зависит от скорости набегающего воздушного потока на наружную поверхность здания и доли динамического давления, преобразующегося в статическое.

$$P_v = 9,81A p v^2/2, \text{ Па} \quad (5.2)$$

где p_n и p_v - плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м³; h - расстояние по вертикали от центров отверстий приточного и удаляемого воздуха, м; A - аэродинамический коэффициент, показывающий долю динамического давления, преобразующегося в статическое при взаимодействии воздушного потока с наружными ограждениями здания ; v - скорость ветра, м/с.

В жилых зданиях и в некоторых помещениях общественных и административно-бытовых зданиях предусматривается вентиляция с естественным побуждением. В таких системах неорганизованное поступление наружного воздуха осуществляется через неплотности в ограждениях, открываемые периодически форточки, окна, наружные и балконные двери здания или специальные устройства, располагаемые в стенах, окнах.

Удаление воздуха из помещений, как правило, предусматривается через вытяжные шахты, каналы, воздуховоды и воздухоприемные устройства (рис. 5.1 – 5.7).

Организованный воздухообмен, при котором воздух поступает в помещение и удаляется из него через специально предусмотренные расчетом отверстия в наружных ограждениях (окна, фонари), называется аэрацией. Количество поступающего и удаляемого воздуха регулируется за счет изменения в течение года площади открываемых отверстий. Аэрация может применяться, например, для вентиляции производственных помещений, в которых основной вредностью является значительная избыточная теплота (рис. 5.1).

При значительной скорости ветра используется специальное вентиляционное устройство – дефлекторы (рис. 5.6, 5.7).

Естественная вентиляция отличается простотой устройства, незначительными капитальными затратами и эксплуатационными расходами, но давление, создаваемое естественными силами, невелико и зависит преимущественно от состояния наружного воздуха. Поэтому интенсивность воздухообмена в помещениях зависит от внешних факторов. Это, собственно, является существенным недостатком естественной вентиляции. В отдельные часы суток дня в теплый период года, в связи с теплоустойчивостью здания возможно отсутствие воздухообмена (особенно в помещениях цокольного и подвального этажей).

Механическая вентиляция

Механическая вентиляция позволяет обеспечить подачу расчетного количества приточного воздуха на значительные расстояния в пределах здания непосредственно к рабочим местам или в определенные зоны помещений, в необходимом количестве и с определенной скоростью на выходе из воздухораспределителей, а также удаление загрязненного воздуха из помещений в заданном объеме.

Необходимая производительность по воздуху, тип приточной и вытяжной механической вентиляции определяется количеством, классом опасности, видом выделяемых в помещении вредных веществ и их ПДК, а также количеством выделяемой влаги и теплоты от людей, технологического оборудования и тепlopоступлений от солнечной радиации через окна и покрытие

Приточная система вентиляции включает воздухозаборное устройство, приточную установку, сеть воздуховодов, воздухораспределители, устройства для регулирования воздуха (рис.5.8). Приточные установки (камеры), содержащие утепленный клапан, устройство для очистки, нагревания и перемещения воздуха, и при необходимости шумоглушитель, выполняют в строительном (рис 5.9.) и в сборном заводском исполнении (рис.5.10).

Вытяжная система вентиляции состоит (начиная от забора загрязненного воздуха) из воздухоприемных устройств в виде решеток, зонтов, укрытий, местных отсосов, воздуховодов, устройства для перемещения, очистки, если требуется, удаляемого загрязненного воздуха от вредных веществ перед выбросом в атмосферу и воздуховыбросного устройства.

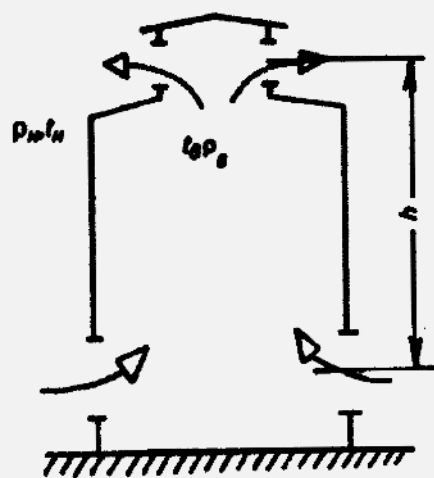


Рис.9.1. Аэрация здания под воздействием гравитационного давления ($t_{в} < t_{н}$)

Рис.9.2. Естественная гравитационная система вентиляции помещений многоэтажного здания: 1 – воздуховыбросная шахта; 2 – каналы; 3 – воздухоприемное отверстие

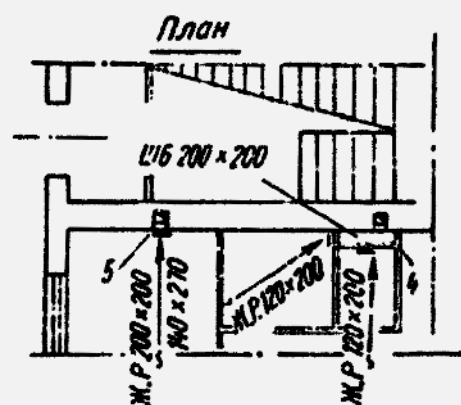
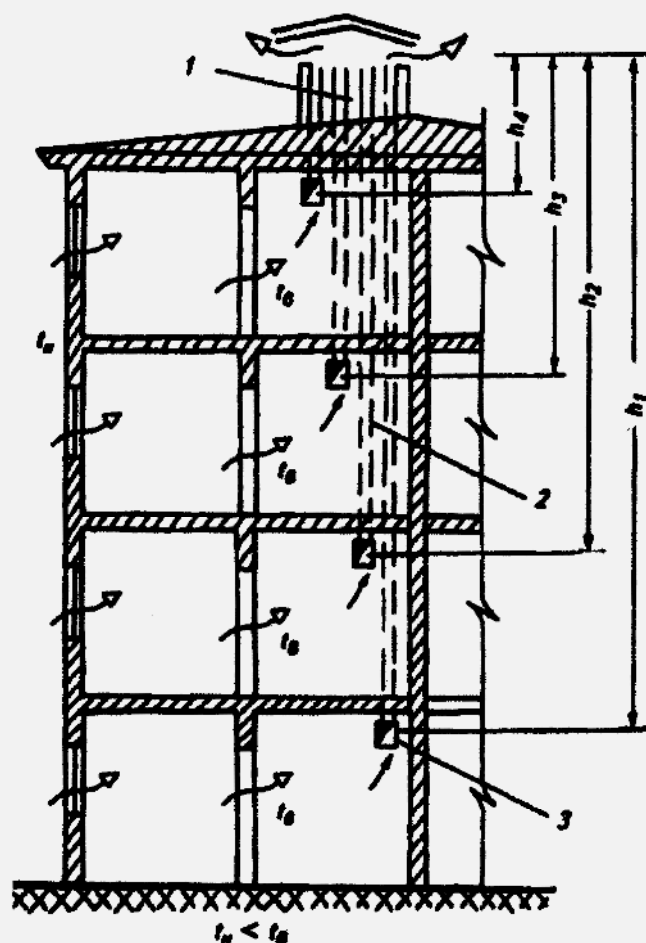
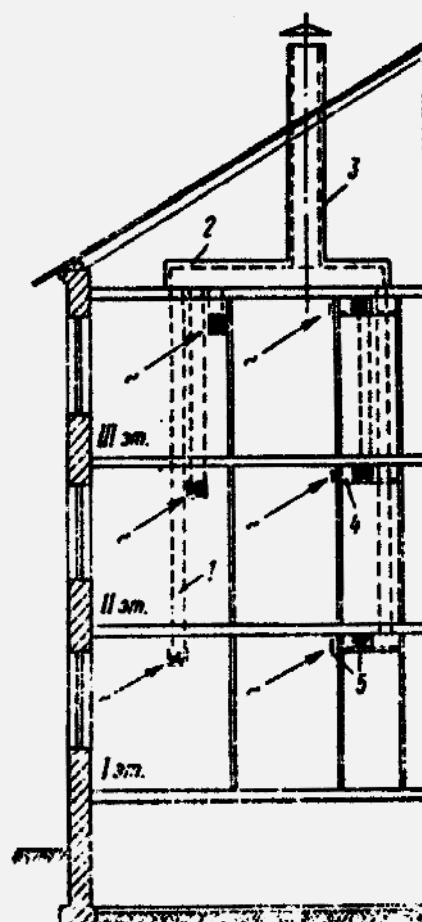


Рис.9.3. Схема решений естественной вытяжной вентиляции кухонь и санитарных узлов в кирпичном трехэтажном здании: 1 – обособленные каналы в кирпичной стене; 2 – сборный короб; 3 – вытяжная шахта; 4 – подвесной короб; 5 – жалюзийная решетка



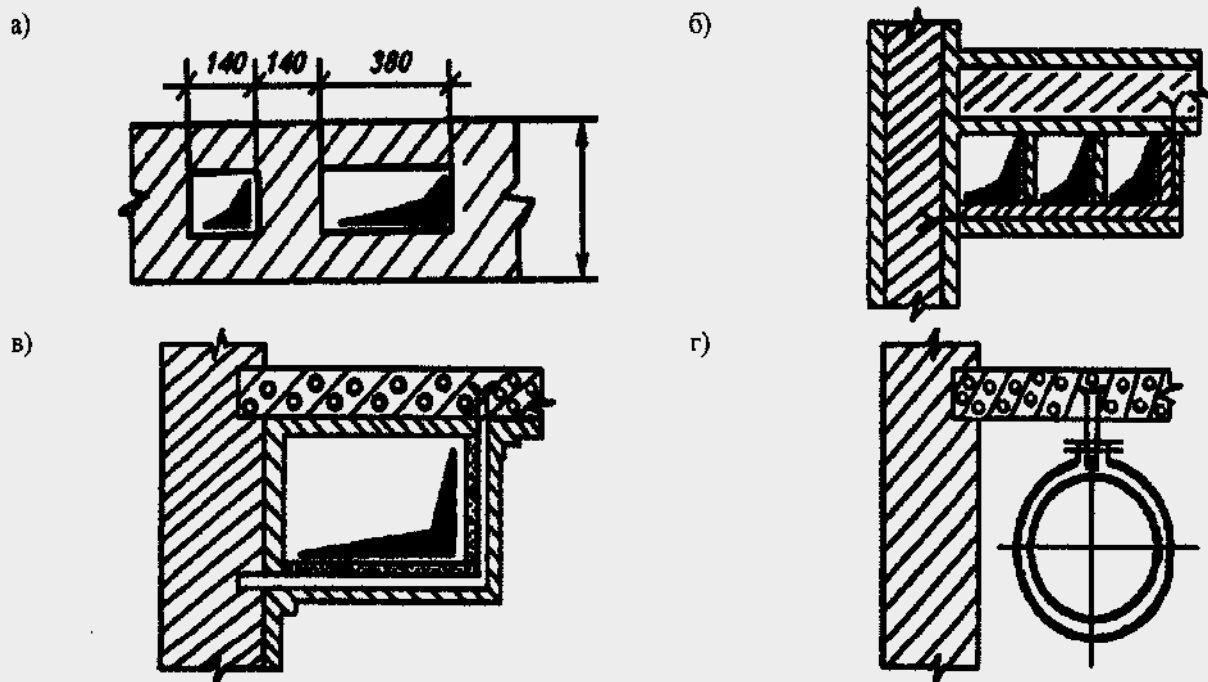


Рис.94. Воздуховоды: канал в стене (а); приставной вертикальный (б); подвесной горизонтальный (в); подвесной круглого сечения (г)

Рис.95. Индустриальные вентиляционные блоки: с обособленными вертикальными каналами (а); с наклонным перепускным каналом (б); с двумя каналами спутниками (в).

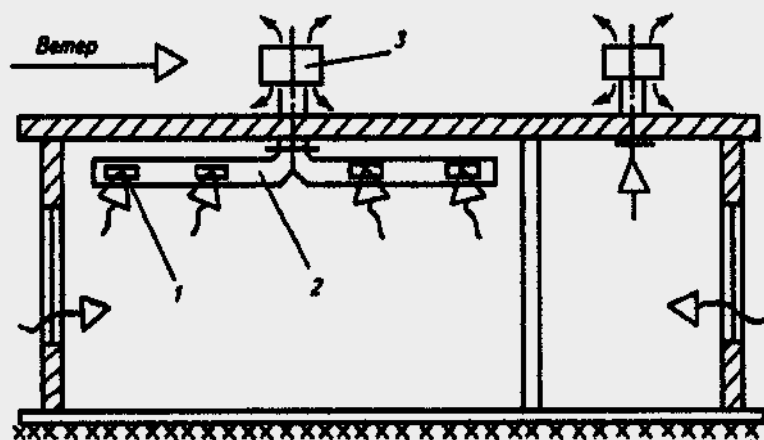
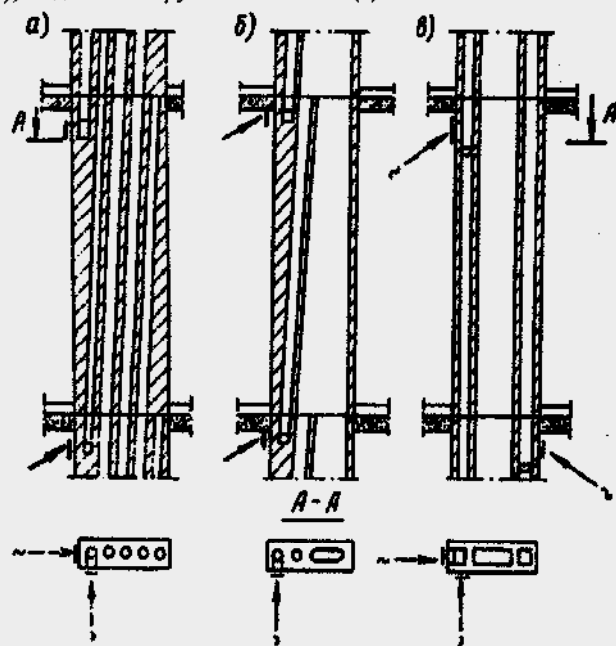


Рис.96. Естественная вентиляция здания под действием ветра:
1 – отверстие; 2 – воздуховод; 3 – дефлектор

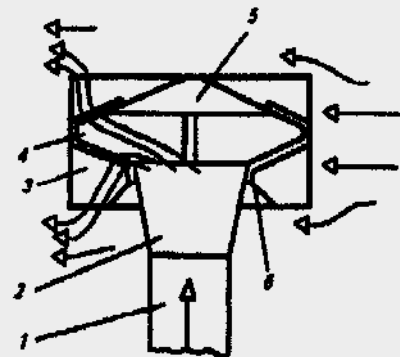


Рис.97. Дефлектор ЦАГИ:
1 – патрубок; 2 – диффузор; 3 – корпус; 4 – лапки; 5 – зонт-колпак; 6 – конусный щиток

Устройство в одном помещении приточной и вытяжной систем вентиляции обеспечивает наиболее благоприятное, организованное движение воздуха в нем и, как правило, применяется в помещениях с большим количеством вентиляционного воздуха (залы, аудитории, классы и пр.)

Очень часто в здании имеются помещения с разными требованиями к параметрам внутреннего воздуха, т.е. так называемые "чистые" и "грязные". В этом случае необходимо организовать подачу приточного воздуха в "чистые" помещения в объеме, превышающем объем удаляемого из них воздуха, чтобы исключить перетекание воздуха из помещений "грязных" в "чистые".

Только вытяжные системы могут предусматриваться в помещениях, из которых не должен попадать загрязненный воздух в соседние помещения (например, химические лаборатории, кухни, санузлы и т.п.).

Местные приточные системы обеспечивают подачу воздуха в определенную зону помещения. К ним можно отнести воздушные души, передвижные душирующие установки для создания в локальной зоне условий, благоприятных для человека. Находят применение также воздушные (без подогрева воздуха) и воздушно-тепловые завесы. Первые используют для предотвращения поступления воздуха через открытые проемы, двери и ворота из одних помещений, где имеются вредные пары, газы и пр., в другие, в которых таких вредных выделений нет. Воздушно-тепловые завесы позволяют предотвратить поступление в здание холодного наружного воздуха через проходы, ворота и проемы в ограждениях, постоянно или временно открытые.

Местные вытяжные системы вентиляции применяют для улавливания и удаления вредных выделений непосредственно от мест их образования меньшим объемом воздуха, что позволяет исключить распространение выделений по помещению, сократить воздухообмен в помещении и тем самым снизить расходы на обработку приточно-вытяжного воздуха. Материал воздухопроводов, тип вентилятора, воздухоочистного устройства зависит от вида вредных веществ (пары кислот, щелочи, пыль и пр.). Для удаления запыленного воздуха от укрытий технологического оборудования при производстве, например, асбеста, цемента, от мест пыления при дроблении, сортировке и измельчении материалов или пересыпки их применяют так называемые системы аспирации. Для удаления, например, древесных опилок и стружки проектируется система пневмотранспорта.

5.1.2. Системы кондиционирования воздуха

Все или отдельные параметры воздуха (температуры, относительной влажности, подвижности и чистоты) в определенных пределах на рабочих местах в закрытых помещениях можно поддерживать системой кондиционирования воздуха (СКВ).

СКВ, в отличие от приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивает не только необходимую смену воздуха в помещении, но и автоматически поддерживает заданные условия в нем независимо от внешних климатических факторов и внутреннего режима работы в помещении.

В СКВ входит оборудование для необходимой обработки приточного воздуха (очистка, нагревание и охлаждение, увлажнение и осушение) и его подачи в помещения (рис. 5.11, 5.12), а также источники тепло- и холодообеспечения, насосы и трубы для перемещения тепло- и холодоносителя, устройства для распределения воздуха, местные доводчики (подогреватели, охладители, увлажнители) и средства автоматического регулирования, дистанционного управления и контроля.

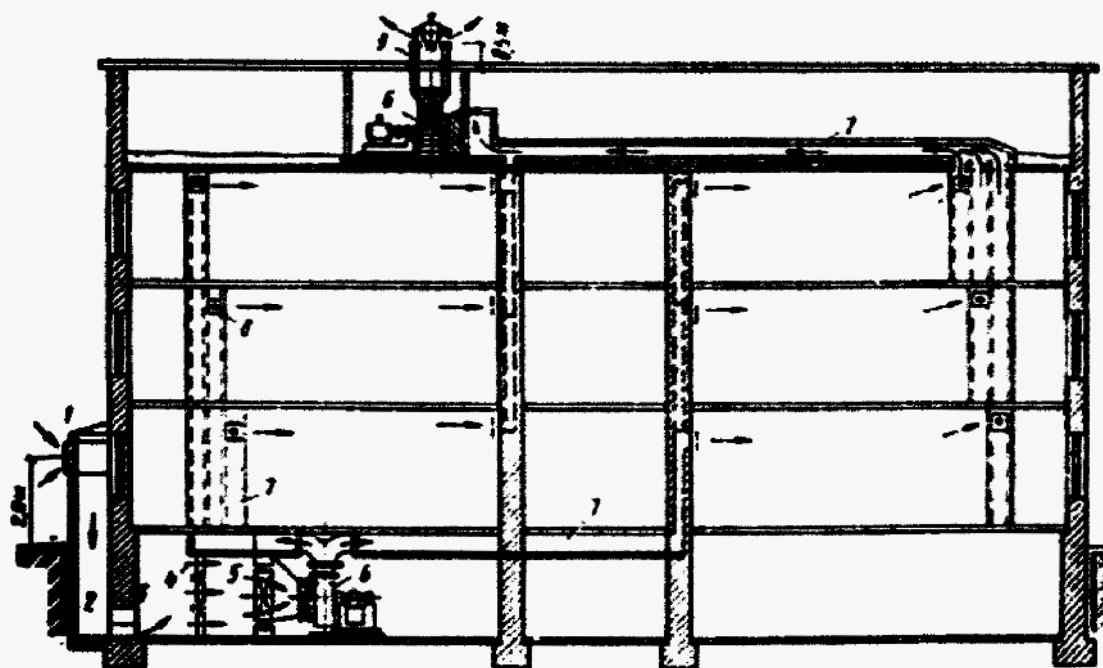


Рис.8. Приточно-вытяжная вентиляция общественного здания:

1 – жалюзийная решетка; 2 – воздухозаборное устройство; 3 – утепленный клапан; 4 – фильтр;
5 – калориферы; 6 – вентилятор; 7 – каналы и воздуховоды; 8 – жалюзийные решетки, вытяжные
и приточные; 9 – вытяжная шахта

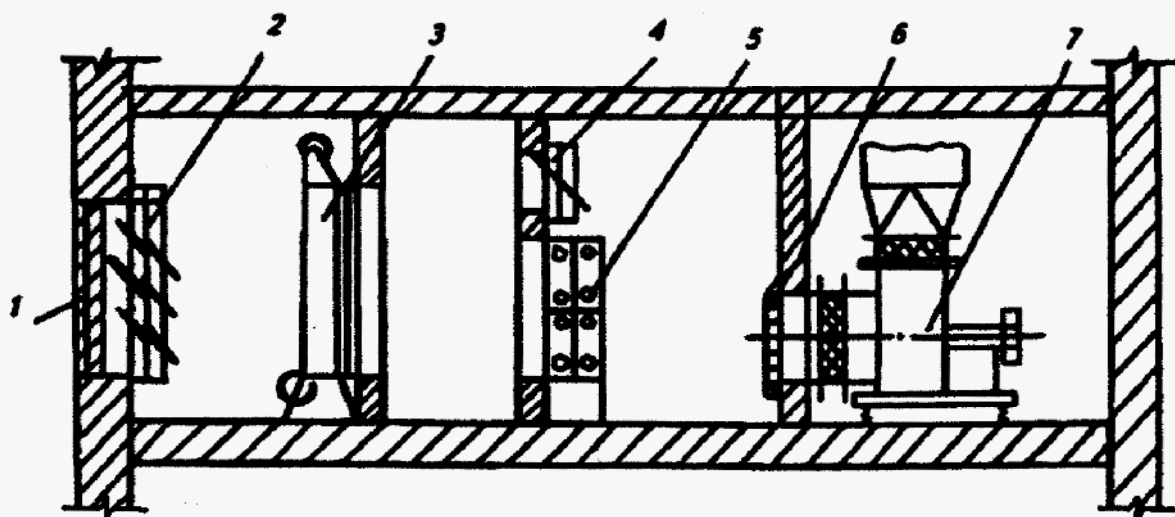


Рис.9. Компоновка приточной камеры:

1 – неподвижная жалюзийная решетка; 2 – утепленный клапан; 3 – рулонный фильтр;
4 – обводной клапан; 5 – воздухонагревательная установка; 6 – предохранительная
решетка; 7 – вентилятор с электродвигателем



Рис.10. Варианты компоновки приточной установки в сборном исполнении,
включающей утепленный клапан, воздухонагреватель, вентилятор, вентиляторный блок

Основное оборудование для приготовления и перемещения воздуха обычно агрегируется в аппарат, установку, называемую центральным или местным кондиционером. Центральный кондиционер обслуживает несколько помещений, в которые воздух подается по сети воздуховодов. Местный же кондиционер обслуживает только то помещение, в котором он устанавливается.

По назначению СКВ подразделяют на системы комфортного и технологического кондиционирования. Комфортное кондиционирование применяют для поддержания оптимальных условий в помещениях жилых, общественных зданий, технологическое – для обеспечения параметров внутреннего воздуха, отвечающих требованиям производства, проведения технологических операций, хранения оборудования, материалов и техники. Причем, технологическое кондиционирование воздуха в помещениях с постоянным пребыванием людей должно соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям.

СКВ также могут быть приточными и с рециркуляцией. Приточные системы, как правило, применяют для помещений, в которых, во-первых, требуется подача относительно одинакового количества приточного воздуха в течение всего года, во-вторых, выделяются вредные вещества 1 и 2 класса опасности, вещества взрывоопасные и пожароопасные, а также содержатся резко выраженные неприятные запахи. Рециркуляционные СКВ применяют для помещений, в которых определяющими являются не вредные вещества, а теплоизбытки и влаговыведения, переменные в течение суток, года. СКВ с полной рециркуляцией возможны в помещениях с тепло- и влаговыведением оборудованием, в которых люди могут находиться кратковременно. Кроме того, находят применение центральные установки приточно-вытяжной вентиляции и СКВ с теплоутилизаторами (рис.5.13).

В настоящее время находят применение различные СКВ.

На рис. 5.14 представлена схема центральной СКВ с зональными подогревателями воздуха 7, устанавливаемыми на ответвлениях к отдельному помещению. Производительность СКВ по приточному воздуху определяется исходя из ассимиляции расчетных теплоизбытков и влаговыведений в каждом помещении. Зональные воздухоподогреватели 7 с помощью регулирующего клапана 8, установленного на обратной трубе теплоносителя с исполнительным механизмом, соединенным с датчиком температуры, позволяют поддерживать требуемую температуру в помещениях, в которых возможны значительные колебания теплоизбытков в рабочее время. При этом относительная влажность воздуха может не быть в пределах требуемых значений. В таких СКВ налицо перерасход теплоты и холода на обработку воздуха в СКВ. Применение рециркуляции воздуха позволит уменьшить расходы теплоты и холода.

Центральная двухканальная СКВ (рис. 5.15) отличается тем, что приточный воздух, обработанный в кондиционере до определенных параметров, подается к помещениям по двум воздуховодам в теплоизоляции, в начале которых устанавливаются соответственно воздухоподогреватель 7 и воздухоохладитель 9. Поддержание заданной температуры в каждом помещении обеспечивается смешением в необходимом соотношении подогретого и охлажденного воздуха (суммарное количество приточного воздуха неизменно) в смесительном устройстве 10 с исполнительным механизмом и датчиком температуры. Применение рециркуляции воздуха позволит уменьшить расходы теплоты и холода. Следует отметить, что при применении двухканальной СКВ в помещениях не требуются теплообменники, трубы тепло- и холодоносителя.

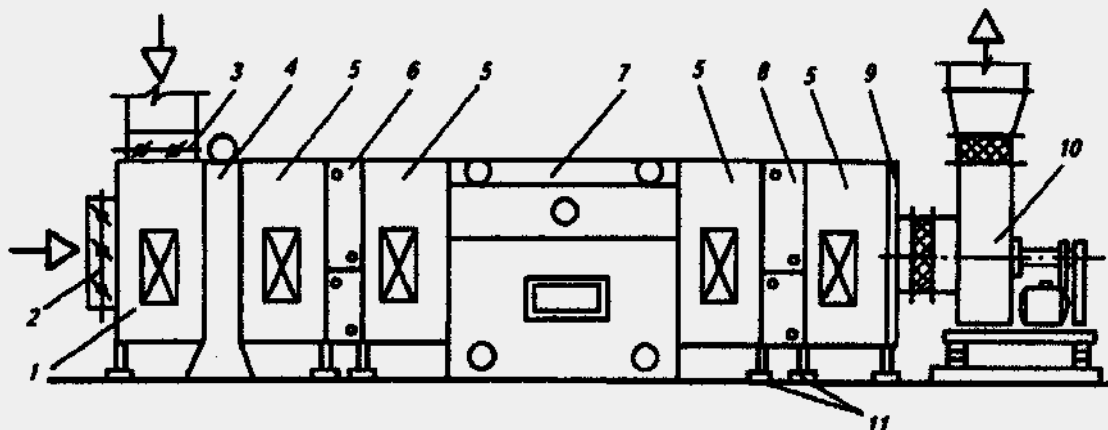


Рис. 911. Центральный кондиционер:

1 – смешивательная камера; 2 – утепленный клапан; 3 – регулирующий клапан; 4 – противопыльный фильтр; 5 – воздушная камера; 6 – секция первого подогрева; 7 – форсуночная камера орошения; 8 – секция второго подогрева; 9 – переходная секция; 10 – вентилятор; 11 – опоры

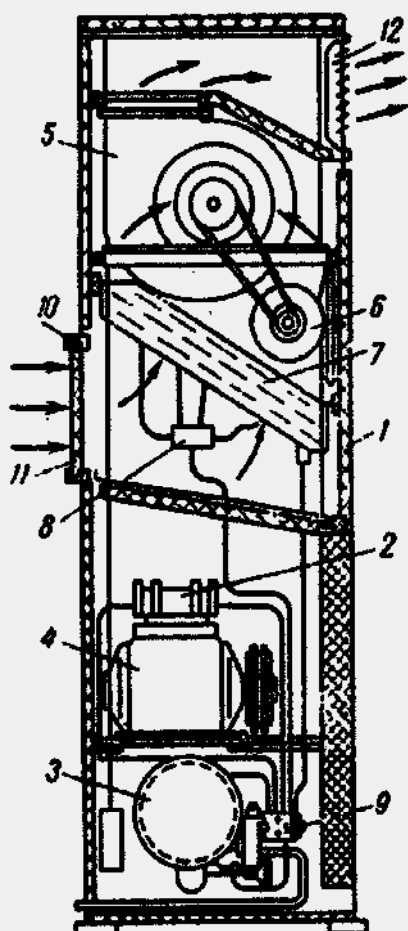
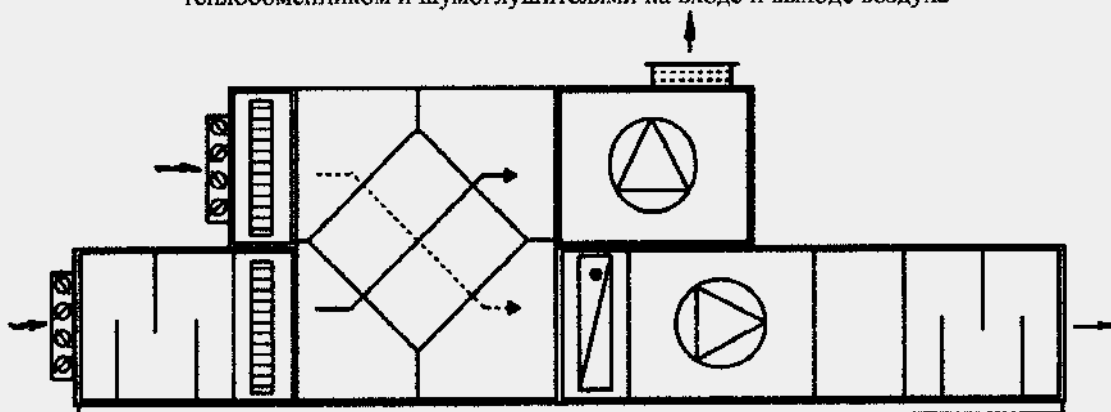


Рис. 912. Местный автономный кондиционер:

1 – корпус с теплозвуковой изоляцией; 2 – компрессор; 3 – конденсатор; 4 – электродвигатель компрессора; 5 – центробежный вентилятор; 6 – электродвигатель вентилятора; 7 – спиральноленточный калорифер; 8 – разводка хладагента; 9 – четырехходовой кран; 10 – воздухозаборная решетка; 11 – ячейка масляного воздушного фильтра; 12 – приточная решетка

Рис. 913. Приточно-вытяжная установка с рекуперативным пластинчатым теплообменником и шумоглушителями на входе и выходе воздуха



На рис. 5.16 представлена схема СКВ с переменным расходом приточного воздуха. Количество приточного воздуха регулируется в зависимости от теплоизбытков в помещении с помощью клапана 6, имеющего исполнительный механизм и датчик температуры. При изменении количества приточного воздуха предусмотрено соответствующее изменение вытяжного воздуха с помощью клапана избыточного давления 8. В этом случае производительность вентиляторов приточных и вытяжных установок должна регулироваться путем изменения числа оборотов электродвигателей. В системе предусмотрена и обводная линия с клапаном 7, позволяющая перепускать часть воздуха через вентилятор в количестве, обеспечивающем подачу приточного воздуха в помещения не менее допустимой. При применении СКВ с переменным расходом приточного воздуха в помещениях также не требуются теплообменники, трубы тепло- и холодоносителя.

В СССР получила распространение центральная СКВ с эжекционными кондиционерами-доводчиками (рис.5.17). Кондиционер – доводчик имеет встроенную камеру смешения, теплообменник для нагревания или охлаждения воздуха, поступающего из помещения в доводчик.

В таких системах минимальное количество приточного воздуха подводят к кондиционеру-доводчику 5, устанавливаемому, как правило, в подоконной зоне. Наружный воздух, выходящий из воздуховода с более низкой температурой (около 7-10 °С) через сопла в камеру смешения с большой скоростью, обеспечивает поступление воздуха из помещения в камеру смешения. К теплообменнику подводится горячая и холодная вода. По числу подводящих труб такие СКВ называют 2-х или 4-х трубные. При 2-х трубной системе включение холодо- или теплоснабжения возможно сезонное общее, пофасадное или групповое. При 4-х трубной системе включение доводчика по теплу или холоду возможно в любое время. По данным [39] СКВ с эжекционными кондиционерами-доводчиками целесообразнее СКВ с зональными подогревателями.

При применении центральной СКВ с вентиляторными доводчиками 5 (рис.9.18) в помещения, в которых определяющими являются теплоизбытки и влаговыведения, принимается минимально необходимое количество приточного воздуха. В таких системах приточный воздух подается непосредственно в помещение или в вентиляторный доводчик, если в нем предусмотрено конструктивно смешивание приточного воздуха с воздухом из помещения (рециркуляционного). При смешивании приточного воздуха в вентиляторном доводчике (фэнкойле) с воздухом из помещения возможна подача приточного (первичного) воздуха с более низкой температурой (до 7-10°С). Поддержание заданной температуры в помещении обеспечивается с помощью регулирующего клапана 6 на обратной линии тепло- или холодоносителя и регулятора скорости вращения вентилятора доводчика 7. Холодильную машину, охлаждающую воду, поступающую к вентиляторным доводчикам, называют в литературе еще чиллером. СКВ с вентиляторными доводчиками (или СКВ с фэнкойлами и чиллерами) может работать круглогодично, заменяя обычную систему водяного отопления.

В СКВ с вентиляторными доводчиками следует предусматривать систему сбора и удаления конденсата, выпадающего на поверхности теплообменника вентиляторного доводчика.

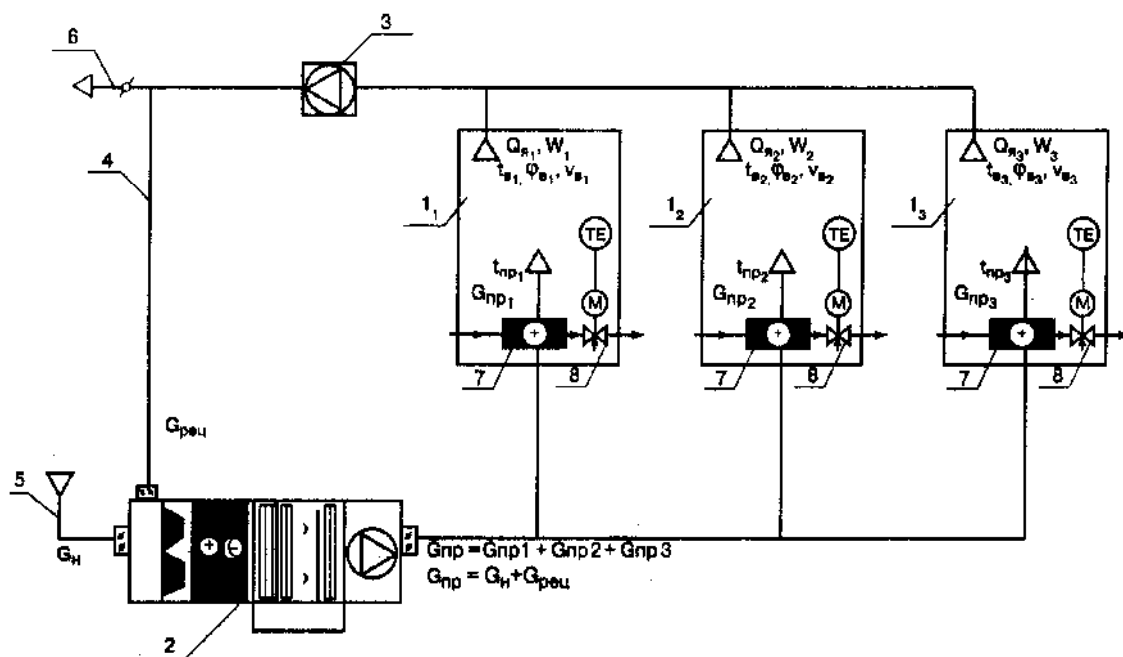


Рис. 9.14 Принципиальная схема центральной системы кондиционирования воздуха с зональными подогревателями:

$1_1, 1_2, 1_3$ — помещения; 2 — центральный кондиционер; 3 — вытяжной вентилятор;
4 — циркуляционный воздуховод; 5 — воздухозабор; 6 — вытяжной воздуховод;
7 — зональный воздушнонагреватель; 8 — регулирующий клапан

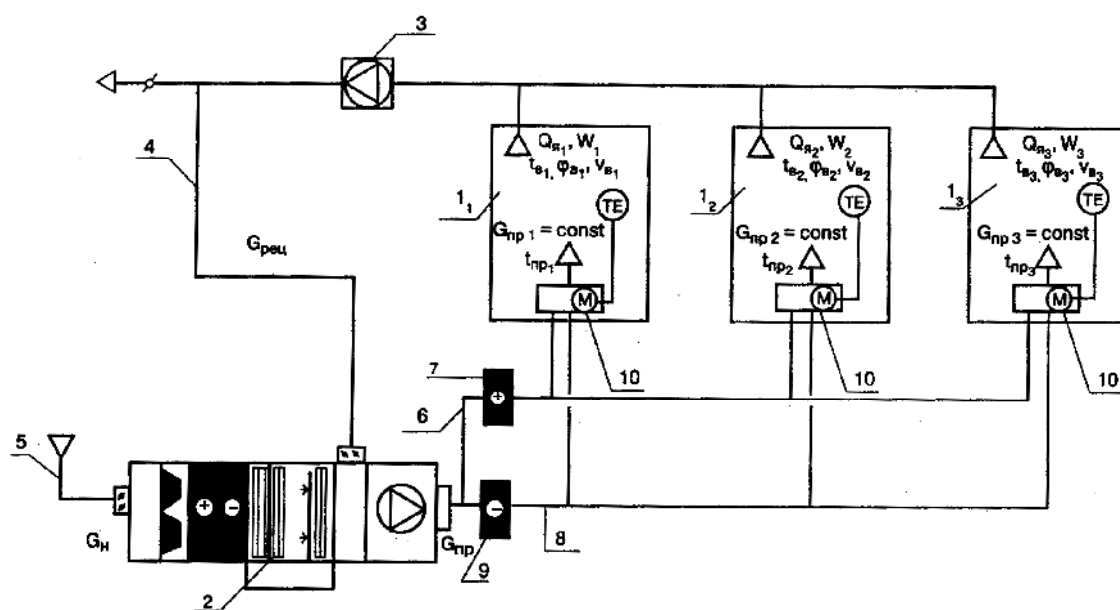


Рис. 9.15 Принципиальная схема двухканальной системы кондиционирования воздуха:

$1_1, 1_2, 1_3$ — помещения; 2 — центральный кондиционер; 3 — вытяжной вентилятор;
4 — рециркуляционный воздуховод; 5 — воздухозабор; 6 — канал нагревания воздуха;
7 — воздушнонагреватель; 8 — канал охлаждения воздуха; 9 — воздухоохладитель;
10 — смешительное устройство с исполнительным механизмом

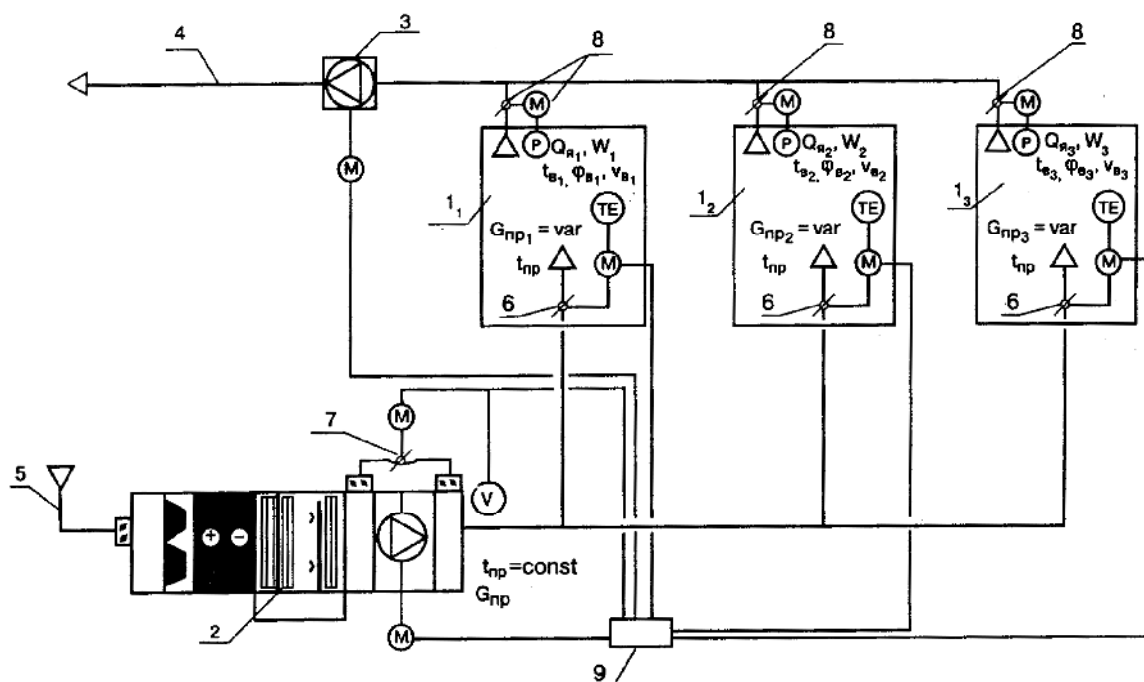


Рис. 9.16 Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха с переменным расходом:

$1_1, 1_2, 1_3$ — помещения; 2 — центральный кондиционер; 3 — вытяжной вентилятор; 4 — вытяжной воздуховод; 5 — воздухозабор; 6 — регулирующий клапан на приточном воздуховоде с исполнительным механизмом и датчиком температуры; 7 — клапан на обводной линии вентилятора; 8 — клапан избыточного давления; 9 — микропроцессорный блок управления

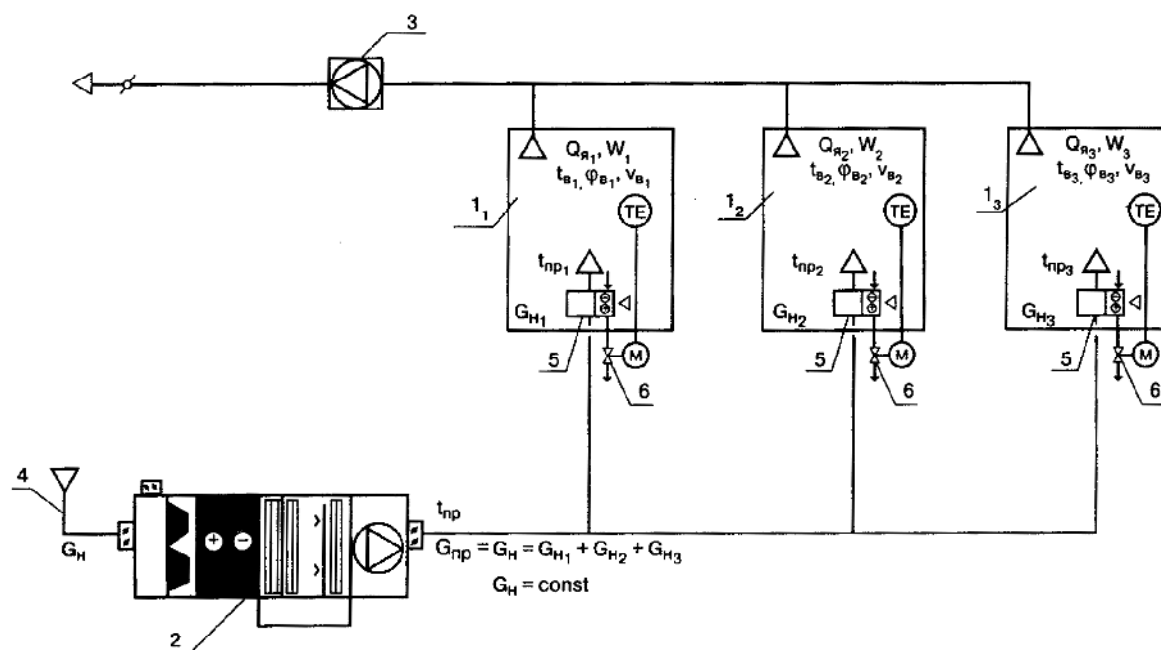


Рис. 9.17 Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха с эжекционными кондиционерами-доводчиками:

$1_1, 1_2, 1_3$ — помещения; 2 — центральный кондиционер; 3 — вытяжной вентилятор; 4 — воздухозабор; 5 — эжекционный кондиционер-доводчик; 6 — регулирующий клапан на обратном трубопроводе;

Серьезную альтернативу традиционным центральным СКВ составляют мультizonальные СКВ и так называемые «сплит-системы» в тех случаях, когда отдельные этажи или отдельные помещения здания могут принадлежать различным владельцам, когда помещения отличаются по своему функциональному назначению, режиму работы или возможны частые перепланировки.

Мультizonальные СКВ, предусматривающие в отдельных случаях в дополнение к обычной системе отопления и приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивающей подачу и удаление минимально допустимое количество воздуха, позволяют вести поэтапный монтаж оборудования, исходя из необходимости и возможности. В таких системах находят применение широкий модельный ряд внутренних блоков (подпотолочные, настенные, напольные, кассетные, канальные, работающие на фреоне), а также наружных блоков, работающих в режиме только охлаждения, охлаждения и нагрева и с утилизацией теплоты. Расстояние между внутренними и наружными блоками может достигать 125 -150 м, в т. ч. по вертикали 50 м. Наружные блоки располагаются преимущественно на покрытии.

В сплит-системах, как правило, используются настенные внутренние блоки с различными фильтрами (для сбора пыли, предотвращения развития плесневых грибов и бактерий, поглощения дыма, задерживания положительных ионов и пр.).

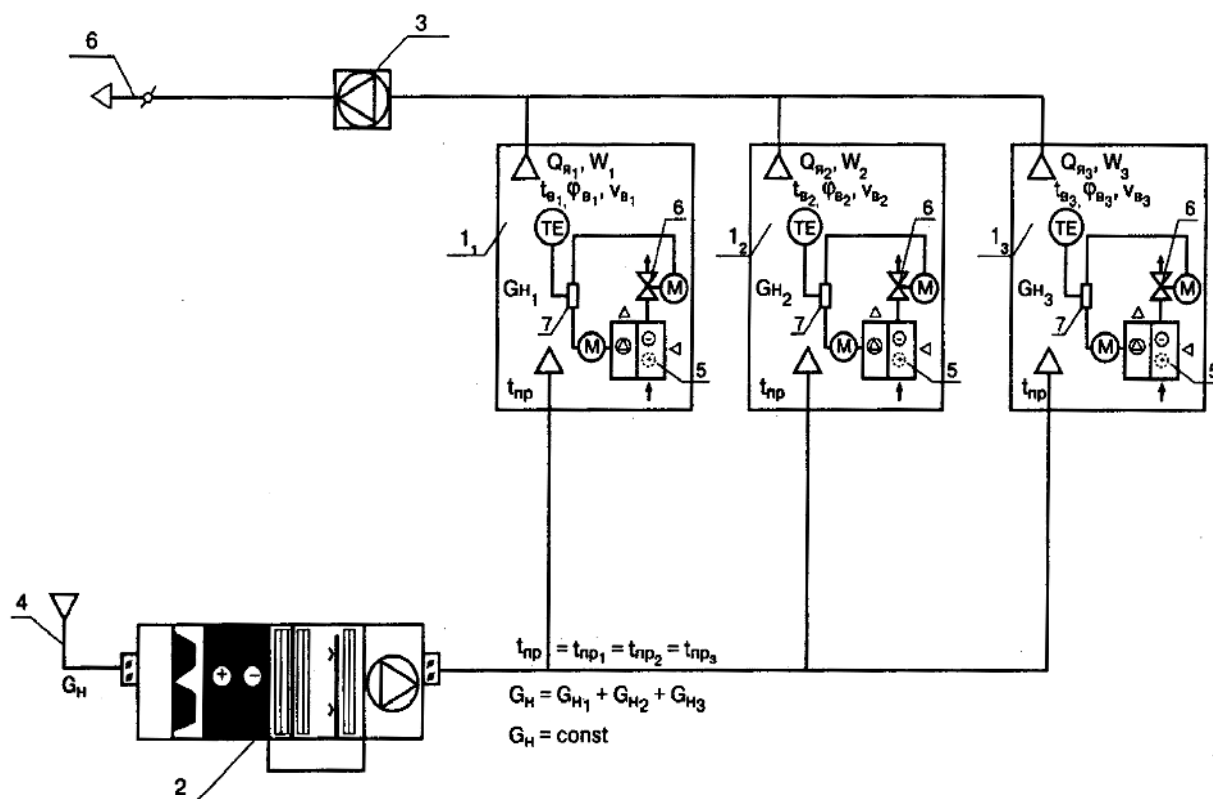


Рис. 9.18 Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха с вентиляторными доводчиками

1, 1₂, 1₃ — помещения; 2 — центральный кондиционер; 3 — вытяжной вентилятор;
4 — воздухозабор; 5 — вентиляторный доводчик; 6 — регулирующий клапан на обратном трубопроводе; 7 — регулятор скорости вращения вентилятора

5.2. Общие положения.

1. Кондиционирование воздуха следует принимать:

- для обеспечения параметров микроклимата и чистоты воздуха, требуемых для технологического процесса по заданию на проектирование; при экономическом обосновании или в соответствии с требованиями специальных нормативных документов;
- для обеспечения параметров микроклимата в пределах оптимальных норм (всех или отдельных параметров) по заданию на проектирование;
- для обеспечения необходимых параметров микроклимата в пределах допустимых норм, когда они не могут быть обеспечены вентиляцией в теплый период года без применения искусственного охлаждения воздуха.

При кондиционировании скорость движения воздуха допускается принимать в обслуживаемой или рабочей зоне помещений (на постоянных и непостоянных рабочих местах) в пределах допустимых норм.

2. Вентиляцию с механическим побуждением (далее - механическая вентиляция) следует предусматривать:

- а) если метеорологические условия и чистота воздуха не могут быть обеспечены вентиляцией с естественным побуждением (далее - естественной вентиляцией);
- б) для помещений и зон без естественного проветривания.

Допускается проектировать смешанную вентиляцию с частичным использованием систем естественной вентиляции для притока или удаления воздуха. В помещениях с естественным освещением их световыми проемами в наружных ограждениях с объемом на каждого работающего 20 м³/ч или 40 м³/ч (для общественных или производственных помещений соответственно) допускается использовать периодически действующую естественную вентиляцию через фрамуги, форточки.

3. Механическую вентиляцию следует проектировать, как правило, для общественных и административно-бытовых помещений в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 40 °С и ниже (параметры Б).

4. Естественную вытяжную вентиляцию для жилых, общественных и административно-бытовых зданий следует рассчитывать на разность удельных весов наружного воздуха температурой 5 °С и внутреннего воздуха температурой для холодного периода года.

Естественную вентиляцию для производственных помещений следует рассчитывать:

- а) на разность удельных весов наружного и внутреннего воздуха при расчетных параметрах переходного периода года для всех отапливаемых помещений, а для помещений с избытками теплоты - при расчетных параметрах теплого периода года;
- б) на действие ветра при скорости, равной 1 м/с в теплый период года, для помещений без избытка теплоты.

5. Механическую вентиляцию или кондиционирование следует предусматривать для кабин кранов в помещениях с избытком теплоты более 23 Вт/м³ или при облучении крановщика тепловым потоком интенсивностью теплового облучения более 140 Вт/м².

Если в воздухе, окружающем кабину крановщика, концентрация вредных веществ превышает ПДК, то вентиляцию следует предусматривать наружным воздухом.

6. Механическую приточную вентиляцию с подачей наружного воздуха, обеспечивая постоянный подпор воздуха круглосуточно и круглогодично, следует предусматривать в помещениях машинных отделений лифтов зданий категорий А и Б, а также в тамбур - шлюзы:

- помещений категорий А и Б;
- помещений с выделением вредных газов или паров 1-го и 2-го классов опасности.

Устройство общих тамбур - шлюзов для двух и более помещений категорий А и Б не допускается.

7. Приточно-вытяжную или вытяжную механическую вентиляцию следует предусматривать для приямков глубиной 0,5 м и более, а также для смотровых каналов, требующих ежедневного обслуживания и расположенных в помещениях категорий А и Б или в помещениях, в которых выделяются вредные газы, пары или аэрозоли удельным весом более удельного веса воздуха.

8. Потолочные вентиляторы и вентиляторы-вееры (кроме применяемых для воздушного душирования рабочих мест) следует предусматривать, как правило, дополнительно к системам приточной вентиляции для периодического увеличения скорости движения воздуха в теплый период года выше допустимой по ГОСТ 30494, но не более чем на 0,3 м/с на рабочих местах или отдельных участках помещений:

- а) в зданиях общественных, административно-бытовых и производственных, расположенных в IV климатическом районе, а также по заданию на проектирование - в других климатических районах;

- б) в производственных зданиях на постоянных рабочих местах - при облучении лучистым тепловым потоком с интенсивностью более 140 Вт/м².

9. Воздушное душирование наружным воздухом постоянных рабочих мест следует предусматривать:

- а) при облучении лучистым тепловым потоком с интенсивностью более 140 Вт/м²;

- б) для предотвращения распространения вредных веществ на постоянные рабочие места при открытых технологических процессах, сопровождающихся выделением вредных веществ, и невозможности устройства укрытия или местной вытяжной вентиляции.

В плавильных, литейных, прокатных и других горячих цехах допускается душирование рабочих мест внутренним воздухом аэрируемых пролетов этих цехов с охлаждением или без охлаждения воздуха.

10. Воздушное отопление в помещениях следует предусматривать с учетом требований приложения Б. В системах воздушного отопления расход воздуха следует определять по приложению 8, температуру приточного воздуха - по 3.4.6.

11. При нагревании воздуха в приточных и рециркуляционных установках температуру теплоносителя (воды, пара и др.), воздухонагревателей и теплоотдающих поверхностей электровоздухонагревателей, а также газовых воздухонагревателей следует принимать в соответствии с приложением Б, но не выше 150 °С.

12. Очистку воздуха от пыли в системах механической вентиляции и кондиционирования следует проектировать так, чтобы содержание пыли в подаваемом воздухе не превышало:

- а) ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов - при подаче его в помещения жилых и общественных зданий;

- б) 30% ПДК в воздухе рабочей зоны - при подаче его в помещения производственных и административно-бытовых зданий;

- в) 30% ПДК в воздухе рабочей зоны для частиц пыли размером не более 10 мкм - при подаче его в кабины крановщиков, пульты управления, зону дыхания работающих, а также при воздушном душировании;

- г) допустимых концентраций по техническим условиям на вентиляционное оборудование и воздухопроводы.

13. В системах местных отсосов концентрация удаляемых горючих газов, паров, аэрозолей и пыли в воздухе не должна превышать 50% НКПРП при температуре удаляемой смеси.

5.3. Требования к системам вентиляции и кондиционирования..

1. Системы воздушного отопления и системы приточной вентиляции, совмещенные с воздушным отоплением, следует проектировать с резервными вентиляторами (или электродвигателями вентиляторов) или предусматривать не менее двух отопительных агрегатов (или двух систем). При выходе из строя вентилятора допускается снижение температуры воздуха в помещении ниже нормируемой, но не ниже 12 °С.

2. Системы общеобменной вентиляции для производственных, административно-бытовых и общественных помещений с постоянным пребыванием людей без естественного проветривания следует предусматривать не менее чем с двумя приточными и двумя вытяжными вентиляторами каждый с расходом не менее 50% требуемого воздухообмена. Допускается предусматривать одну приточную и одну вытяжную системы с резервными вентиляторами или с резервными электродвигателями для административно-бытовых и общественных помещений.

Для производственных помещений, соединенных открывающимися проемами со смежными помещениями той же категории взрывопожароопасности и с выделением аналогичных вредностей, допускается проектировать приточную систему без резервного вентилятора, а вытяжную - с резервным вентилятором.

3. Системы кондиционирования, а также приточные общеобменные системы, предназначенные для круглосуточного и круглогодичного обеспечения требуемых параметров воздуха в помещениях, следует предусматривать не менее чем с двумя установками. При выходе из строя одной из установок необходимо обеспечить не менее 50% требуемого воздухообмена и заданную температуру (но не менее 12 °С) в холодный период года. При наличии технологических требований или по заданию на проектирование допускается предусматривать установку резервных кондиционеров или вентиляторов, насосов и др. для поддержания требуемых параметров воздуха.

4. Системы местных отсосов вредных веществ 1-го и 2-го классов опасности следует предусматривать с одним резервным вентилятором (для каждой системы или для двух систем), если при остановке вентилятора не может быть остановлено технологическое оборудование или концентрация вредных веществ в помещении превысит ПДК в течение рабочей смены.

Резервный вентилятор допускается не предусматривать, если снижение концентрации вредных веществ до ПДК может быть достигнуто предусмотренной аварийной вентиляцией, автоматически включаемой в соответствии с 12.14 СНиП 41-01 - 2003.

5. Системы вытяжной общеобменной вентиляции с механическим побуждением для помещений категорий А и Б следует предусматривать с одним резервным вентилятором (для каждой системы или для нескольких систем), обеспечивающим расход воздуха, необходимый для поддержания в помещениях концентрации горючих газов, паров или пыли, не превышающей 10% НКПРП газо-, паро- и пылевоздушных смесей.

Резервный вентилятор допускается не предусматривать:

а) если при остановке системы общеобменной вентиляции может быть остановлено связанное с ней технологическое оборудование и прекращено выделение горючих газов, паров и пыли;

б) если в помещении предусмотрена аварийная вентиляция с расходом воздуха не менее необходимого для обеспечения концентрации горючих газов, паров или пыли, не превышающей 10% НКПРП газо -, паро - и пылевоздушных смесей.

Если резервный вентилятор в соответствии с подпунктами "а" и "б" не установлен, то следует предусматривать включение аварийной сигнализации.

Системы местных отсосов взрывоопасных смесей следует предусматривать с одним резервным вентилятором (в том числе для эжекторных установок) для каждой системы или для двух систем, если при остановке вентилятора не может быть остановлено технологическое оборудование и концентрация горючих газов, паров и пыли превысит 10% НКПРП. Резервный вентилятор допускается не предусматривать, если снижение концентрации горючих веществ в воздухе помещения до 10% НКПРП может быть обеспечено предусмотренной системой аварийной вентиляции, автоматически включаемой в соответствии с 12.14 СНиП 41-01-2003.

6. Системы вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления следует предусматривать отдельными для групп помещений, размещенных в пределах одного пожарного отсека.

Помещения одной категории по взрывопожарной опасности, не разделенные противопожарными преградами, а также имеющие открытые проемы общей площадью более 1 м^2 в другие помещения, допускается рассматривать как одно помещение.

7. Системы вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления (далее - вентиляции) следует предусматривать, как правило, общими для следующих групп помещений, размещенных в пределах одного пожарного отсека:

- а) жилых;
- б) общественных, административно-бытовых и производственных категории Д (в любых сочетаниях);
- в) производственных одной из категорий А или Б, размещенных не более чем на трех (раздельно или последовательно расположенных) этажах;
- г) производственных одной из категорий В1-В4, Г, Д или складов категории В4;
- д) складов и кладовых одной из категорий А, Б, В1, В2 или В3, размещенных не более чем на трех (раздельно или последовательно расположенных) этажах;
- е) категорий А, Б, В1, В2 и В3 в любых сочетаниях и складов категорий А, Б, В1, В2 и В3 в любых сочетаниях общей площадью не более 1100 м^2 , если помещения размещены в отдельном одноэтажном здании и имеют двери только непосредственно наружу;
- ж) категорий В4, Г и Д и складов категорий В4 и Д при условии установки противопожарных клапанов на воздуховодах, обслуживающих помещения категории В4.

8. В пределах одного пожарного отсека допускается объединять в одну систему вентиляции следующие группы помещений, присоединяя к основной группе помещений помещения другой группы:

- а) жилые и административно-бытовые или общественные (с учетом требований соответствующих нормативных документов);
- б) производственные категорий Г, Д и административно-бытовые или общественные (кроме помещений с массовым пребыванием людей);
- в) производственные категорий А, Б, В1, В2 или В3 и производственные любых категорий (в том числе склады и кладовые любых категорий) или помещения административно-бытовые или общественные (кроме помещений с массовым

пребыванием людей).

Группы помещений по а), б), в) допускается объединять в одну систему при условии установки противопожарного клапана на сборном воздуховоде присоединяемой группы помещений другого назначения.

К основной группе помещений следует относить группы помещений, общая площадь которых больше общей площади присоединяемых помещений. Общая площадь присоединяемых помещений должна быть не более 200 м^2 .

9. Для лабораторных помещений общие приточные системы допускается проектировать для групп помещений, расположенных не более чем на 11 этажах (включая технические и подвальные), категорий В1-В4, Г и Д и административно-бытовых, а также с присоединением к ним не более двух (на разных этажах) кладовых категории А (каждая площадью не более 36 м^2) для хранения оперативного запаса исследуемых веществ. На воздуховодах этих кладовых следует устанавливать противопожарные клапаны с пределом огнестойкости EI 30.

10. Системы местных отсосов вредных веществ или взрывопожароопасных смесей следует проектировать отдельными от системы общеобменной вентиляции.

К круглосуточно работающей системе общеобменной вытяжной вентиляции, оборудованной резервным вентилятором, допускается присоединять местные отсосы вредных веществ, если не требуется очистка воздуха от них.

Общую вытяжную систему общеобменной вентиляции и местных отсосов допускается проектировать:

- для одного лабораторного помещения научно-исследовательского и производственного назначения категорий В1-В4, Г и Д, если в оборудовании, снабженном местными отсосами, не образуются взрывоопасные смеси;
- для кладовой категории оперативного хранения исследуемых веществ.

11. Системы общеобменной вытяжной вентиляции для помещений категорий В1-В4, Г, Д, удаляющие воздух из 5-метровой зоны вокруг оборудования, содержащего горючие вещества, которые могут образовывать в этой зоне взрывопожароопасные смеси, следует предусматривать отдельными от других систем этих помещений.

12. Системы местных отсосов от технологического оборудования следует предусматривать отдельными для веществ, соединение которых может образовать взрывоопасную смесь или создать более опасные и вредные вещества. В задании на проектирование должна быть указана возможность объединения местных отсосов горючих или вредных веществ в общие системы.

13. Системы местных отсосов горючих веществ, осаждающихся или конденсирующихся в воздуховодах или вентиляционном оборудовании, следует проектировать отдельными для каждого помещения, объединяя несколько единиц оборудования, шкафов в одном помещении, или для каждой единицы оборудования в одном помещении.

14. Системы воздушного душирования для подачи воздуха на рабочие места следует проектировать отдельными от систем другого назначения.

15. Системы круглосуточной и круглогодичной подачи наружного воздуха в один тамбур-шлюз или группу тамбур - шлюзов помещений категорий А и Б, а также в машинные отделения лифтов зданий категорий А и Б следует проектировать отдельными от систем другого назначения, предусматривая резервный вентилятор для каждой системы, и в соответствии с 11.15, 11.16.

Подачу воздуха в тамбур-шлюз одного помещения или в тамбур - шлюзы группы помещений категории А или Б и в тамбур-шлюз помещения для вентиляционного

оборудования категории А или Б допускается проектировать от приточной системы, обслуживающей данные помещения, или от системы (без рециркуляции), обслуживающей помещения категорий В4, Г и Д, предусматривая резервный вентилятор на требуемый воздухообмен для тамбур - шлюзов и автоматическое отключение подачи воздуха в указанные помещения при возникновении пожара.

Системы для подачи воздуха в тамбур - шлюзы других категорий и другого назначения следует, как правило, предусматривать общими с системами помещений, защищаемых этими тамбур - шлюзами.

16. Системы механической вентиляции следует предусматривать для помещений складов категорий А, Б и В1-В4 с выделениями горючих газов и паров. Для помещений складов категорий А и Б вместимостью более 10 т необходимо предусматривать резервную систему механической вытяжной вентиляции на требуемый воздухообмен, размещая местное управление системой при входе.

Допускается предусматривать удаление воздуха только из верхней зоны в системах с естественным побуждением, если в указанных помещениях выделяемые газы и пары легче воздуха и требуемый воздухообмен не превышает двухкратного в 1 ч.

17. Системы механической общеобменной вытяжной вентиляции следует предусматривать для помещений складов с выделением вредных газов и паров, предусматривая резервную систему механической вытяжной вентиляции на требуемый воздухообмен, размещая местное управление системой при входе. Допускается предусматривать системы общеобменной вентиляции с естественным побуждением при выделении вредных газов и паров 3-го и 4-го классов опасности, если они легче воздуха.

18. Системы механической общеобменной вытяжной вентиляции следует предусматривать для помещений категорий А и Б. Допускается предусматривать такие системы с естественным побуждением, если взрывопожарные вещества легче воздуха и работоспособность их обеспечивается при безветрии в теплый период года.

19. Системы общеобменной вентиляции помещений допускается использовать для вентиляции приямков глубиной 0,5 м и более и смотровых канав, требующих ежедневного обслуживания и расположенных в помещениях категорий А и Б или в помещениях, в которых выделяются вредные газы, пары или аэрозоли с удельным весом более удельного веса воздуха.

5.4. Приемные устройства наружного воздуха

1. Приемные устройства, а также открываемые окна и проемы, используемые для приточной вентиляции с естественным побуждением, следует размещать по 9.9.8.

2. Низ отверстия для приемного устройства следует размещать на высоте более 1 м от уровня устойчивого снегового покрова, определяемого по данным гидрометеостанций или расчетом, но не ниже 2 м от уровня земли.

В районах песчаных бурь и интенсивного переноса пыли и песка за приемным отверстием следует предусматривать камеры для осаждения крупных частиц пыли и песка и размещать низ отверстия не ниже 3 м от уровня земли.

Защиту приемных устройств от загрязнения взвешенными примесями растительного происхождения следует предусматривать по заданию на проектирование.

3. Общие приемные устройства наружного воздуха не допускается проектировать для любых систем (в том числе систем приточной противодымной вентиляции), обслуживающих разные пожарные отсеки.

Расстояние по горизонтали между проемами для забора воздуха, расположенными

в соседних пожарных отсеках, должно быть не менее 3 м.

В пределах одного пожарного отсека общие приемные устройства наружного воздуха не следует проектировать:

а) для приточных систем, оборудование которых не допускается размещать в одном помещении для вентиляционного оборудования;

б) для приточных систем и систем противодымной вентиляции; допускается предусматривать общие приемные устройства наружного воздуха для приточных систем (кроме систем, обслуживающих помещения и склады категорий А и Б) и для подачи наружного воздуха системами приточной противодымной вентиляции при условии установки противопожарных клапанов перед клапанами наружного воздуха приточных установок.

5.5. Расчет тепlopоступлений в помещение.

Расчетные тепlopоступления Q^p , кДж/ч (Вт), представляют сумму тепlopоступлений от людей $Q_{\text{л}}$, источников искусственного освещения $Q_{\text{осв}}$, технологического (по данным технологов) и электрического оборудования $Q_{\text{то}}$, оргтехники $Q_{\text{от}}$ (множительная техника, компьютеры), остывающей пищи $Q_{\text{п}}$, тепlopоступлений от солнечной радиации и тепlopередачи $Q_{\text{ср}}$ через заполнения световых проемов, покрытие (помещений одноэтажных или верхних этажей многоэтажных зданий) и наружные стены восточной, южной и западной ориентаций в расчетный час для каждого помещения.

Тепловыделения от людей $Q_{\text{л}}$ зависят от их числа и возраста, температуры воздуха в помещении и категории выполняемой ими работы.

Тепlopоступления от источников искусственного освещения $Q_{\text{осв}}$ определяют по суммарной электрической нагрузке, в зависимости от типа светильников и их расположения.

Тепlopоступления от электрического оборудования, в т.ч. оргтехники, находят по суммарной электрической мощности с учетом одновременности работы, загрузки оборудования.

В помещениях общественного питания можно считать определяющими тепловыделения от оборудования в горячих цехах и остывающей пищи в обеденных залах.

Доля тепlopоступления солнечной радиации через наружные ограждения и в первую очередь через заполнения светопроемов особенно значительна в общественных зданиях и ряде производственных, имеющих повышенную площадь остекления наружного ограждения.

Методики определения расчетных тепlopоступлений подробно изложены в литературе.

5.6. Расчет влаговывделений в помещении.

Источниками влаговывделений W , кг/ч, в различных помещениях могут быть люди, технологическое оборудование, потребляющее пар, воду горячую и холодную, остывающая пища, водная и смоченная поверхности, например, в бассейнах, душевых павильонах и пр.

Влаговывделения от людей зависят от их числа и возраста, температуры воздуха в помещении и категории выполняемой работы.

Влаговывделения от технологического оборудования зависят от режима работы оборудования, количества потребляемой воды и пара, а также степени герметичности оборудования.

Влаговыведения от пищи определяют в зависимости от числа посадочных мест, продолжительности приема и температуры принимаемой пищи.

Количество влаги, испаряющейся с поверхности открытых резервуаров, мокрых полов зависит от температуры воды и воздуха над поверхностью, скорости движения воздуха у поверхности жидкости, парциального давления водяных паров на поверхности жидкости и в окружающем воздухе. Способы определения расчетных влаговыведений подробно изложены в литературе.

5.7. Построение основных процессов изменения состояния приточного воздуха на I-d диаграмме.

На основе закономерностей, системы уравнений, определяющих термодинамические свойства воздуха, в 1918 г. проф. Казанского университета Л.К. Рамзин построил диаграмму влажного воздуха.

По линии $\phi = 100\%$ размещены параметры полностью насыщенного водяными парами влажного воздуха. Выше этой линии находится область, характеризующая атмосферный воздух с относительной влажностью от 100 до 0 % (при нулевом влагосодержании воздуха d , г/кг). Ниже линии $\phi = 100\%$ находится область тумана, в которой происходит неустановившийся процесс, определяющий образование и разрушение водяных капель.

На I - d диаграмме каждая точка в области атмосферного воздуха соответствует определенному тепловлажностному состоянию воздуха. Положение любой точки на диаграмме может быть определено по известным данным двух параметров (обычно по температуре и теплосодержанию, или температуре и относительной влажности).

На рис. 5.19. представлены расчетные процессы изменения параметров воздуха наружного до поступления его в помещение и внутри помещения, после поступления приточного воздуха в помещение через воздухораспределитель.

В холодный период года возможны следующие процессы для поддержания оптимальных параметров в пределах 1-2-3-4:

- отрезок $H_{\text{хп}}^6 - H_1$ означает нагревание наружного воздуха в воздухонагревателе 1-го подогрева (при кондиционировании воздуха);
- отрезок $H_1 - У$ - адиабатическое увлажнение в камере испарительного или распылительного типа до 80 -90 % относительной влажности (при кондиционировании воздуха, при постоянном значении удельной энтальпии влажного воздуха I , кДж/кг);
- отрезок $У - H_{2\text{x}}$ - нагревание наружного воздуха в воздухонагревателе 2-го подогрева;
- отрезок $H_{2\text{x}} - П_{\text{x}}$ - нагревание приточного воздуха в сети воздуховодов;
- отрезок $П_{\text{x}} - В_{\text{хп}}$ - изменение параметров приточного воздуха при его движении от воздухораспределителя в направлении рабочей зоны при расчетной разности температур ($t_{\text{в}} - t_{\text{п}}$) с учетом тепловлажностного отношения или углового коэффициента луча процесса ϵ (изменения параметров приточного воздуха в помещении);
- отрезок $H_{\text{хп}}^6 - H_3$ - нагревание наружного воздуха в воздухонагревателе при увлажнении воздуха насыщенным паром (с помощью пароувлажнителя);
- отрезок $H_3 - H_{2\text{x}}$ - увлажнение воздуха насыщенным паром по линии, близкой $t = \text{const}$.

Возможно нагревание наружного воздуха до точки H_4 в одном воздухонагревателе при применении камеры орошения с обходным каналом, позволяющим пропускать через камеру часть приточного воздуха от общего расхода, соответствующего

отношению отрезков $(H_4 - H_{2x}) / (H_4 - U_1)$. В этом случае на выходе из камеры получаем воздух с параметрами в т. $У_1$. В результате смешения в определенной пропорции воздуха с параметрами до и после камеры орошения (т. H_4 и т. $У_1$) можно подать воздух в систему с параметрами в той же точке H_{2x} .

Угловой коэффициент ε , кДж/кг, равен отношению расчетной величины полных теплоизбытков Q^p к количеству испаряющейся в помещении влаги W .

При поддержании допустимых параметров в холодный период с помощью приточно-вытяжной вентиляции достаточно нагревание наружного воздуха до требуемой температуры исходя из допустимой разности температур $(t_b - t_n)$.

В теплый период года для поддержания оптимальных параметров в пределах 5-6-7-8 возможны следующие процессы обработки приточного воздуха:

- отрезок $H_{тп}^6 - H_{2т}$ - охлаждение наружного воздуха в поверхностном воздухоохладителе (при коэффициенте $\varepsilon = \infty$ охлаждение осуществляется по $d = \text{const}$) до требуемой температуры, исходя из допустимой разности температур $(t_b - t_n)$;
- отрезок $H_{2т} - П_т$ - нагревание приточного воздуха в сети воздухопроводов;
- отрезок $П_т - В_{тп}$ - изменение параметров приточного воздуха при его движении от воздухораспределителя в направлении рабочей зоны с расчетной разностью температур $(t_b - t_n)$ в соответствии с угловым коэффициентом луча процесса ε (в данном случае $\varepsilon = \infty$, когда влаговыведениями в помещении можно пренебречь).

При значительном влаговыведении в помещении требуется подача наружного воздуха с меньшим влагосодержанием. В этом случае необходимо более глубокое охлаждение наружного воздуха с уменьшением его влагосодержания (например, до влагосодержания в т. O) и с последующим нагреванием до температуры в т. $H_{2т}^1$. Линия $H_{тп}^6 - O$ выражает процесс политропического охлаждения наружного воздуха, линия $O - H_{2т}^1$ - процесс его нагревания, а линия $H_{2т}^1 - В_{тп}$ - изменение состояния воздуха в помещении.

Рис. 5.19. Расчетные процессы изменения параметров воздуха наружного до поступления его в помещение и внутри помещения

5.8. Определение требуемого количества приточного воздуха.

Количество приточного и вытяжного воздуха при общеобменной вентиляции и кондиционировании воздуха помещений определяется по избыткам теплоты явной, полной и влаговыделениям, а также выделениям вредных веществ для двух периодов года (теплого и холодного) и переходных условий года.

1. Расход приточного воздуха (наружного или смеси наружного и рециркуляционного) следует определять расчетом в соответствии с приложением 8 и принимать большую из величин, необходимую для обеспечения санитарных норм или норм взрывопожаробезопасности.

2. Расход наружного воздуха в помещении следует определять по расходу воздуха, удаляемого наружу системами вытяжной вентиляции и технологическим оборудованием, с учетом нормируемого дисбаланса, но не менее расхода, требуемого по прил. 17 СНиП 2.0405-91* или прил. Л СНиП 41-01-2003.

3. Расход воздуха, подаваемого в тамбур - шлюзы в соответствии с 7.1.6. и 7.2.15. СНиП 41-01-2003, следует принимать из расчета создания и поддержания в них избыточного давления 20 Па при закрытых дверях (по отношению к давлению в помещении, для которого предназначен тамбур-шлюз), но не менее 250 м³/ч.

Расход воздуха, подаваемого в машинное отделение лифтов в зданиях категорий А и Б, следует определять из расчета создания давления на 20 Па выше давления в примыкающей части лифтовой шахты. Разность давления воздуха в тамбур - шлюзе машинного отделения лифтов и примыкающем помещении не должна превышать 50 Па.

4. Рециркуляция воздуха не допускается:

а) из помещений, в которых максимальный расход наружного воздуха определяется массой выделяемых вредных веществ 1-го и 2-го классов опасности;

б) из помещений, в воздухе которых имеются болезнетворные бактерии и грибки в концентрациях, превышающих установленные Госсанэпиднадзором России, или резко выраженные неприятные запахи;

в) из помещений, в которых имеются вредные вещества, возгоняемые при соприкосновении с нагретыми поверхностями воздухонагревателей, если перед воздухонагревателем не предусмотрена очистка воздуха;

г) из помещений категорий А и Б (кроме воздушных и воздушно-тепловых завес у наружных ворот и дверей);

д) из лабораторных помещений научно-исследовательского и производственного назначения, в которых могут производиться работы с вредными или горючими газами, парами и аэрозолями;

е) из 5-метровых зон вокруг оборудования, расположенного в помещениях категорий В1-В4, Г и Д, если в этих зонах могут образовываться взрывоопасные смеси из горючих газов, паров, аэрозолей с воздухом;

ж) из систем местных отсосов вредных веществ и взрывоопасных смесей с воздухом;

з) из тамбур - шлюзов.

Рециркуляция воздуха допускается из систем местных отсосов пылевоздушных смесей (кроме взрывоопасных пылевоздушных смесей) после их очистки от пыли.

5. Рециркуляция воздуха ограничивается:

а) пределами одной квартиры, номера в гостинице или многоквартирного дома;

б) пределами одного помещения в общественных зданиях;

в) пределами одного или нескольких помещений, в которых выделяются одинаково вредные вещества 1-4-го классов опасности, кроме помещений, приведенных в 7.4.4.

5.9. Организация воздухообмена.

1. В общественных, административно-бытовых и производственных зданиях, оборудованных механическими системами вентиляции, в холодный период года следует, как правило, обеспечивать баланс между расходом приточного и вытяжного воздуха.

В общественных и административно-бытовых зданиях часть приточного воздуха (в объеме не более 50% требуемого воздуха для обслуживаемых помещений) допускается подавать в коридоры или смежные помещения.

В общественных и административно-бытовых зданиях (кроме зданий с влажным и мокрым режимами) в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 40 °С и ниже (параметры Б) в холодный период года следует обеспечивать положительный дисбаланс в объеме однократного воздухообмена в 1 ч в помещениях высотой 6 м и менее и не более $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 пола в помещениях высотой более 6 м.

2. В производственных зданиях в холодный период года допускается предусматривать при техническом обосновании отрицательный дисбаланс в объеме не более однократного воздухообмена в 1 ч в помещениях высотой 6 м и менее и из расчета $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 пола в помещениях высотой более 6 м.

Для помещений категорий А и Б, а также для производственных помещений, в которых выделяются вредные вещества или резко выраженные неприятные запахи, следует предусматривать отрицательный дисбаланс.

3. Для "чистых" помещений и помещений с кондиционированием следует предусматривать, как правило, положительный дисбаланс, если в них отсутствуют выделения вредных и взрывоопасных газов, паров и аэрозолей или резко выраженные неприятные запахи.

4. Расход воздуха для обеспечения дисбаланса в помещениях следует принимать:

а) при отсутствии тамбур-шлюза - из расчета создания разности давления не менее 10 Па по отношению к давлению в защищаемом помещении (при закрытых дверях), но не менее $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждую дверь защищаемого помещения;

б) при наличии тамбур-шлюза - равным расходу, подаваемому в тамбур-шлюз.

5. В помещениях жилых, общественных и административно-бытовых зданий приточный воздух следует подавать, как правило, из воздухораспределителей, расположенных в верхней зоне. В помещениях общественного назначения с избытками теплоты высотой более 3 м возможно применение вытесняющей вентиляции (подача приточного охлажденного воздуха с пола через специальные воздухораспределители в обслуживаемую зону и удаление воздуха из верхней зоны помещения).

6. В помещениях со значительными влаговыведениями при тепловлажностном отношении 4000 кДж/кг и менее следует, как правило, подавать часть приточного воздуха в зоны возможной конденсации влаги на ограждающих конструкциях здания.

7. В производственные помещения приточный воздух следует подавать в рабочую зону из воздухораспределителей:

а) горизонтальными струями, выпускаемыми в пределах или выше рабочей зоны, в том числе при вихревой воздухоподаче;

б) наклонными (вниз) струями, выпускаемыми на высоте 2 м и более от пола;

в) вертикальными струями, выпускаемыми на высоте 4 м и более от пола.

При незначительных избытках теплоты приточный воздух допускается подавать из

воздухораспределителей, расположенных в верхней зоне производственных помещений.

В помещениях с выделениями пыли приточный воздух следует, как правило, подавать струями, направленными сверху вниз из воздухораспределителей, расположенных в верхней зоне.

8. Приточный воздух следует подавать на постоянные рабочие места, если они находятся вблизи источников вредных выделений, у которых невозможно устройство местных отсосов.

9. Удаление воздуха из помещений системами вентиляции следует предусматривать из зон, в которых воздух наиболее загрязнен или имеет наиболее высокую температуру или энтальпию. При выделении пыли и аэрозолей удаление воздуха системами общеобменной вентиляции следует предусматривать из нижней зоны.

В производственных помещениях с выделениями вредных или горючих газов или паров загрязненный воздух следует удалять из верхней зоны в объеме не менее однократного воздухообмена в 1 ч, а в помещениях высотой более 6 м не менее $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 помещения.

10. Приемные отверстия для удаления воздуха системами общеобменной вытяжной вентиляции из верхней зоны помещения следует размещать:

а) под потолком или покрытием, но не ниже 2 м от пола до низа отверстий - для удаления избытков теплоты, влаги и вредных газов;

б) не ниже 0,4 м от плоскости потолка или покрытия до верха отверстий - для удаления взрывоопасных смесей газов, паров и аэрозолей (кроме смеси водорода с воздухом);

в) не ниже 0,1 м от плоскости потолка или покрытия до верха отверстий в помещениях высотой 4 м и менее или не ниже 0,025 высоты помещения (но не более 0,4 м) в помещениях высотой более 4 м - для удаления смеси водорода с воздухом.

11. Приемные отверстия для удаления воздуха системами общеобменной вентиляции из нижней зоны следует размещать на уровне до 0,3 м от пола до низа отверстий.

Расход воздуха через местные отсосы, размещенные в пределах рабочей зоны, следует учитывать как удаление воздуха из этой зоны.

При организации воздухообмена следует иметь в виду, что в любом помещении присутствуют условно четыре зоны: зона притока, дыхания, образования вредных веществ и удаления (забора) загрязненного воздуха.

5.10. Аэродинамический расчет воздуховодов.

Аэродинамический расчет воздуховодов системы вентиляции сводится:

- к определению размеров воздуховодов, каналов отдельных участков сети, обеспечивающих перемещение требуемого количества воздуха;

- к определению суммарного сопротивления, возникающего при движении воздуха в магистральной сети, для определения в дальнейшем расчетного давления, создаваемого вентилятором;

- к возможной увязке потерь давления на отдельных участках сети воздуховодов.

Наименьшая скорость движения воздуха в системах с механическим побуждением, с учетом акустических требований, принимается на участках перед обслуживаемыми помещениями (3-5 м/с), наибольшая – в магистральных воздуховодах перед вентиляционными установками (до 7-9 м/с). В системах естественной вентиляции скорость движения воздуха, как правило, не превышает 0,9 -1,1 м/с.

Аэродинамический расчет ведется преимущественно по методу удельных потерь. Расчетная потеря давления в наиболее протяженной и нагруженной магистральной сети воздухопроводов Δp^p представляет сумму потерь давления на каждом расчетном участке магистрали.

$$\Delta p = \Sigma (\Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{мс}}) = \Sigma [R_{\text{тр}} l \beta_{\text{ш}} + \Sigma \xi (v^2 \rho / 2)], \text{ Па (кг/м}^2\text{)}$$

где $\Delta p_{\text{тр}}$ и $\Delta p_{\text{мс}}$ потери давления, Па (кг/м²), на расчетном участке соответственно по длине l , м, и в местных сопротивлениях;

$R_{\text{тр}}$ - удельная потеря на трение, Па/м (кг/м² м), определяемая по таблицам, номограммам или расчетным путем;

$\beta_{\text{ш}}$ - коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности воздуховода, канала;

$\Sigma \xi$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений в долях динамического давления, определяемых экспериментально и принимаемых по таблицам в справочной литературе.

v - скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с;

ρ - плотность воздуха, кг/м³.

Таблицы и номограммы (см. рис. 5.21, 5.22) для определения $R_{\text{тр}}$ составлены для круглых воздухопроводов. Поэтому при применении воздухопроводов прямоугольной формы пользуются понятием "эквивалентный диаметр" прямоугольного воздуховода, при котором потери давления на трение $R_{\text{тр}}$ в круглом и прямоугольном воздуховодах равны.

Обычно эквивалентный диаметр $d_э$, м, определяют по формуле, исходя из равенства скоростей в воздуховодах. $d_э = 2 A B / (A + B)$

где A и B – размеры сторон прямоугольного воздуховода, м.

Соотношения размеров прямоугольных воздухопроводов и круглых по эквивалентному диаметру приведены в табл. 5.1 (по данным ООО "ЛОТВЕНСЕРВИС").

Примеры расчетов воздухопроводов приведены в справочной и учебной литературе

.

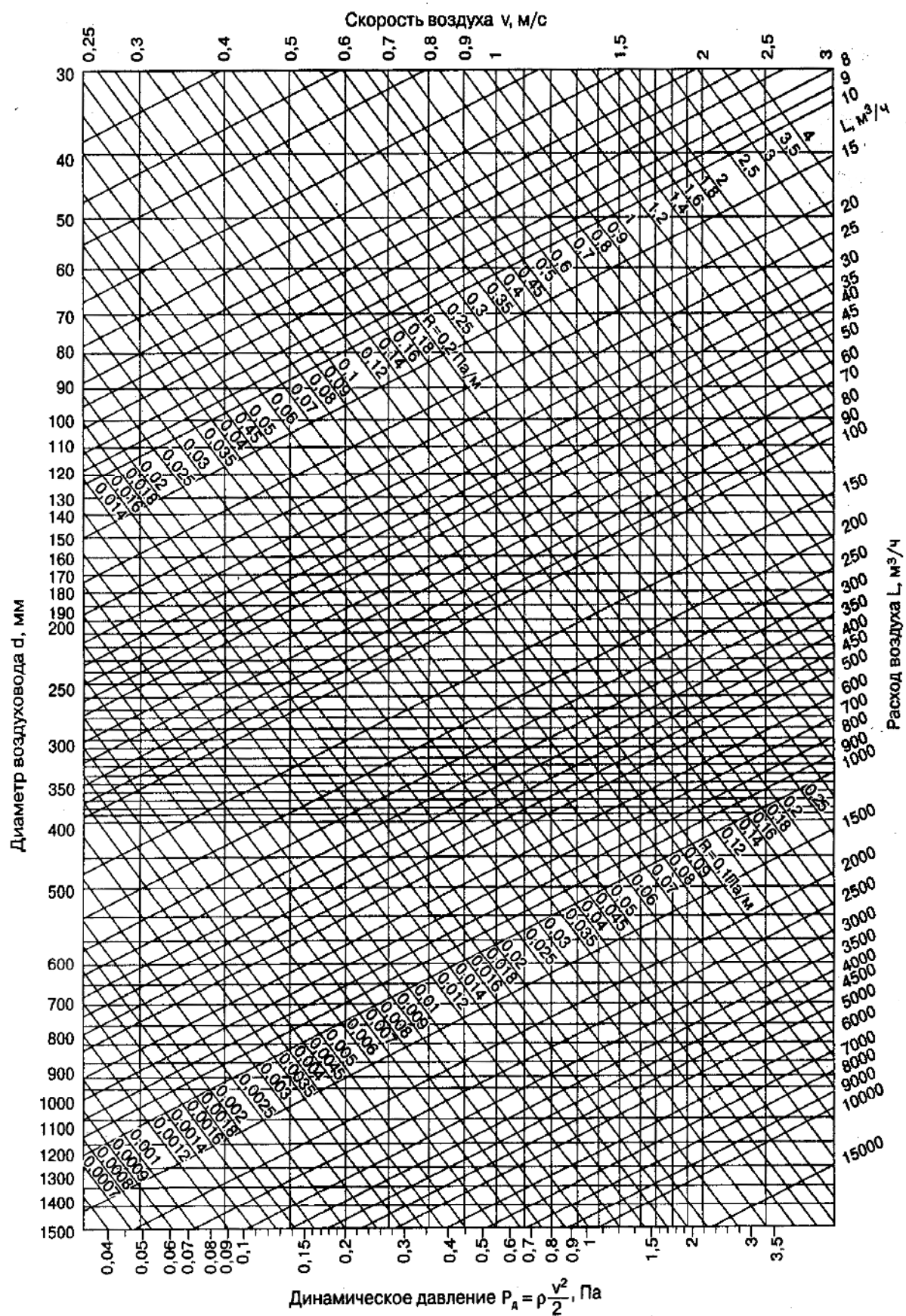
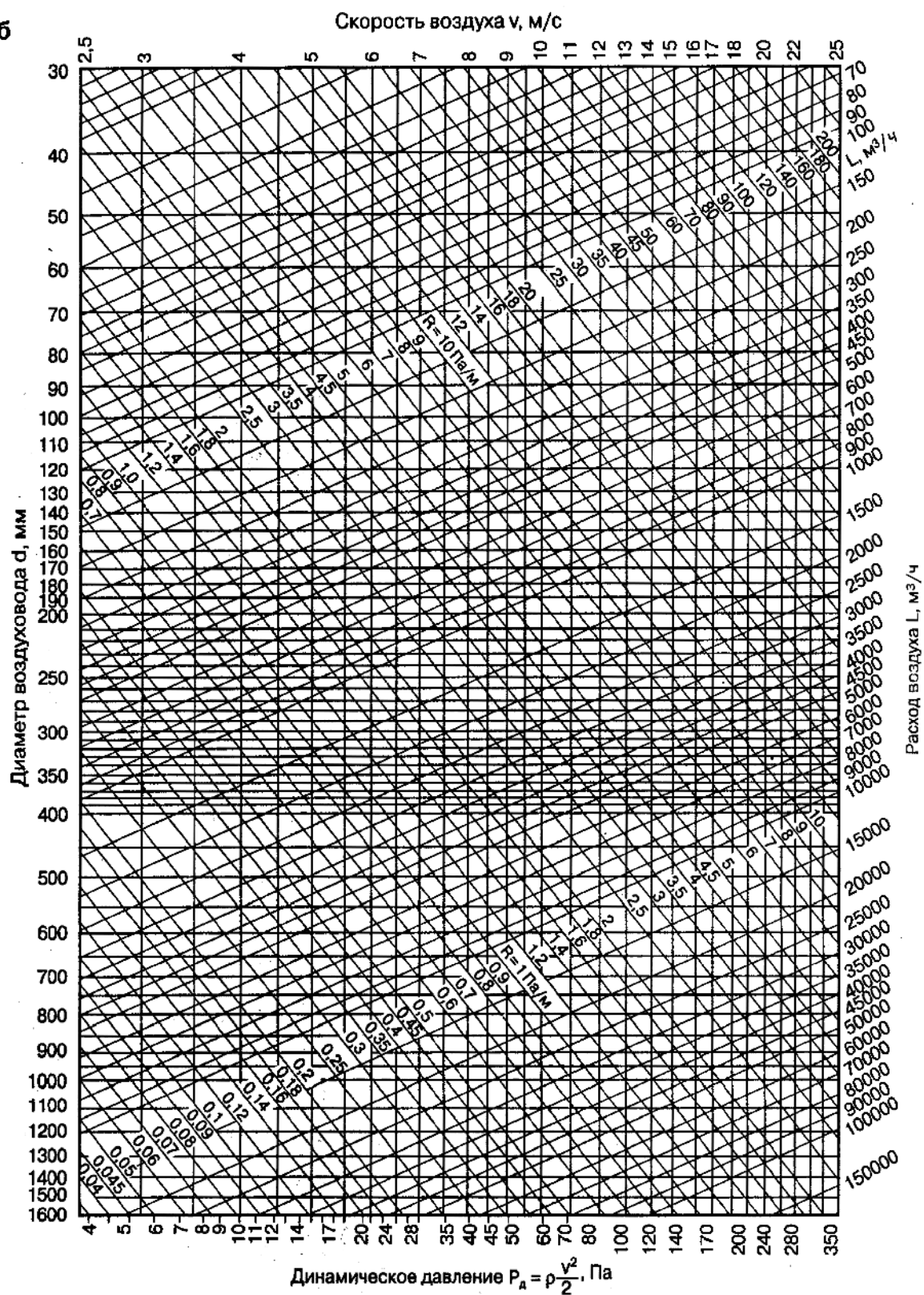


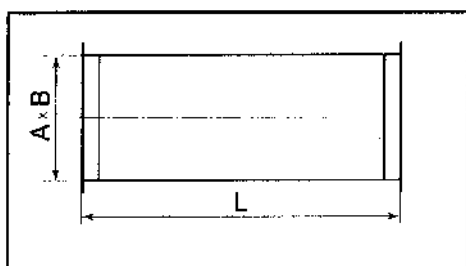
Рис. 9.21 Номограмма для диаметра круглых воздуховодов системы естественной вентиляции и потерь давления на трение в них

6



Соотношения размеров прямоугольных воздухопроводов и круглых по эквивалентному диаметру.

Таблица 9.1



Все воздухопроводы независимо от размера имеют Z-образную поперечную жесткость.

Все воздухопроводы с соотношениями сторон более чем 1:3 имеют дополнительную жесткость.

Рекомендуемая стандартная длина 1250 мм.

Толщина стали до, мм	Высота фланца, мм	AxB	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	2000
			0,015 120 2,4	0,023 150 2,8												
0,55	20	200	0,020 133 2,8	0,030 171 3,2	0,040 200 3,7											
		250	0,025 143 3,2	0,038 188 3,7	0,050 222 4,1	0,063 250 4,5										
		300	0,030 150 4,7	0,045 200 5,2	0,060 240 5,8	0,075 273 6,3	0,090 300 6,9									
		400	0,040 160 5,8	0,060 218 6,3	0,080 267 6,9	0,1 308 7,4	0,120 343 8,0	0,160 400 9,1								
		500	0,050 167 6,9	0,075 231 7,4	0,1 286 8,0	0,125 333 8,5	0,150 375 9,1	0,200 444 10,2	0,250 500 11,3							
		600	0,060 171 8,0	0,090 240 8,5	0,120 300 9,1	0,150 353 9,6	0,180 400 10,2	0,240 480 11,3	0,300 545 12,4	0,360 600 13,5						
		800			0,16 320 11,3	0,20 381 11,8	0,24 436 12,4	0,32 533 13,5	0,40 615 14,6	0,48 686 15,7	0,64 800 17,9					
		1000				0,25 400 14,0	0,30 462 14,6	0,40 571 15,7	0,50 667 16,8	0,60 750 17,9	0,80 889 20,1	1,0 1000 22,2				
		1200					0,36 480 24,1	0,48 600 25,6	0,60 706 27,1	0,72 800 28,8	0,96 960 31,9	1,20 1091 35,1	1,44 1200 38,2			
		1400						0,56 622 28,8	0,70 737 30,4	0,84 840 31,9	1,12 1018 35,1	1,40 1167 38,2	1,68 1292 41,3	1,96 1400 44,5		
1,0	30	1600						0,64 640 31,9	0,80 762 33,5	0,96 873 35,1	1,28 1067 38,2	1,60 1231 41,3	1,92 1371 44,5	2,24 1493 47,6	2,56 1600 50,8	
		2000							1,00 800 39,8	1,20 920 41,3	1,60 1140 44,5	2,00 1330 47,6	2,4 1500 50,8	2,8 1647 53,9	3,2 1778 57,0	4,0 2000 63,3

Зона экономически неэффективного использования прямоугольных воздухопроводов. Использование круглых воздухопроводов в данной зоне наиболее целесообразно.

Площадь поперечного сечения, $A \times B$, м²
Гидравлический диаметр $\frac{2 \times A \times B}{A+B}$, мм
Вес 1 п.м. (без фланцев и дополнительной жесткости), кг

Используйте воздухопроводы с соотношением сторон более чем 1:3 только при острой необходимости, так как они имеют худшие аэродинамические характеристики.

Условное обозначение для заказа

51 A B L n

Шифр детали: прямой участок —
Ширина, мм
Высота, мм
Длина, мм
Размер фланцев, мм

Дополнительные возможности:

- для каждого сечения любая толщина стали до 1,25 мм
- различный материал (медь, нержавеющая сталь, черная сталь)
- фланцы размером 20, 30, 40 мм
- фланцы с дополнительной герметизацией силиконом

5.11. Оборудование вентиляции и кондиционирования воздуха.

5.11.1 Общие положения.

1. Вентиляторы, кондиционеры, приточные камеры, воздухонагреватели, теплоутилизаторы, пылеуловители, фильтры, клапаны, шумоглушители и др. (далее - оборудование) следует выбирать по расчетному расходу воздуха с учетом подсосов и потерь через неплотности: в оборудовании - по данным завода-изготовителя; в воздуховодах вытяжных систем до вентилятора и приточных систем после вентилятора - в соответствии с требованиями 7.11.7. СНиП 41-01-2003 (исключая участки воздуховодов систем общеобменной вентиляции, прокладываемые в пределах обслуживаемых ими помещений). Подсосы и утечки воздуха через неплотности дымовых и противопожарных клапанов должны соответствовать требованиям 8.5. СНиП 41-01-2003.

2. Для защиты от замерзания воды в трубках воздухонагревателей следует:

- а) предусматривать установку смесительных насосов у воздухонагревателей;
- б) при отсутствии смесительных насосов у воздухонагревателей скорость движения воды в трубках обосновывать расчетом или принимать не менее 0,12 м/с при расчетной температуре наружного воздуха по параметрам Б и при 0 °С;
- в) при теплоносителе паре конденсатоотводчики размещать не менее чем на 300 мм ниже патрубков воздухонагревателей, из которых стекает конденсат, и удаление конденсата от конденсатоотводчиков предусматривать самотеком до сборных баков. Тепловой поток выбранного воздухонагревателя не должен превышать расчетный более чем на 10%.

3. Оборудование во взрывозащищенном исполнении следует предусматривать:

- а) если оно размещено в помещениях категорий А и Б или в воздуховодах систем, обслуживающих эти помещения;
- б) для систем вентиляции, дымоудаления, кондиционирования и воздушного отопления (в том числе с воздухо-воздушными теплоутилизаторами) помещений категорий А и Б;
- в) для систем вытяжной вентиляции, указанных в 7.2.13 СНиП 41-01-2003 ;
- г) для систем местных отсосов взрывоопасных смесей.

Если температура, категория и группа взрывоопасной смеси горючих газов, паров, аэрозолей, пыли с воздухом не соответствуют техническим условиям на взрывозащищенные вентиляторы, то следует предусматривать эжекторные установки. В системах с эжекторными установками следует предусматривать вентиляторы, воздуходувки или компрессоры в обычном исполнении, если они работают на наружном воздухе.

Оборудование в обычном исполнении следует предусматривать для систем местных отсосов, размещенных в помещениях категорий В1-В4, Г и Д, удаляющих паро-, газовоздушные смеси, если в соответствии с нормами технологического проектирования исключена возможность образования указанной смеси взрывоопасной концентрации при нормальной работе или при аварии технологического оборудования.

4. Оборудование приточных систем вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления для помещений категорий А и Б, а также воздухо-воздушные теплоутилизаторы для этих помещений с использованием теплоты воздуха из помещений других категорий (кроме А, Б, В1-В2), размещаемые в помещениях для вентиляционного оборудования, допускается принимать в обычном исполнении при условии установки взрывозащищенных обратных клапанов согласно 7.9.10 СНиП 41-

01-2003.

5. Для очистки взрывоопасной пылевоздушной смеси от горючих веществ следует применять пылеуловители и фильтры (далее - пылеуловители):

а) при сухой очистке - во взрывозащищенном исполнении, как правило, с устройствами для непрерывного удаления уловленной пыли;

б) при мокрой очистке (в том числе пенной) - как правило, во взрывозащищенном исполнении; при техническом обосновании допускается применять в обычном исполнении.

6. Воздухораспределители приточного воздуха следует принимать:

а) при воздушном отоплении, вентиляции и кондиционировании - с устройствами для регулирования расхода воздуха;

б) для душирования рабочих мест - с устройствами для регулирования расхода и направления струи в горизонтальной плоскости на угол до 180° и в вертикальной плоскости - на угол до 30° .

7. В помещениях, оборудованных газовыми приборами, на вытяжных системах следует применять решетки (а также клапаны у вентилятора) с устройствами для регулирования расхода воздуха, исключающими возможность полного их закрытия.

8. Воздухораспределители приточного воздуха (кроме воздуховодов перфорированных и со щелями) и вытяжные устройства допускается применять из горючих материалов.

9. Теплоутилизаторы и шумоглушители следует применять из негорючих материалов; для теплообменных (внутренних) поверхностей теплоутилизаторов допускается применять горючие материалы Г1.

Литература к 5 главе

1. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология.
2. СНиП 2.0405-91* Отопление, вентиляция и кондиционирование.
3. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
4. Батурин В.В. Основы промышленной вентиляции. Профиздат, 1965.
5. Нестеренко А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Высшая школа, 1971.
6. Захаров Ю.В. Судовые установки кондиционирования воздуха и холодильные машины. «Судостроение», Ленинград, 1979.
7. Баркалов Б.В., Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. – М.: Стройиздат, 1982.
8. Участкин П.В. Вентиляция, кондиционирование воздуха и отопление на предприятиях легкой промышленности: Учебное пособие. – М.: Легкая индустрия, 1980.
9. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение (учебник). – М.: Стройиздат, 1985.
10. Титов В.П., Сазонов Э.В., Краснов Ю.С., Новожилов В.И. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий: учеб. пособие для вузов.- М.: Стройиздат, 1985.
11. Кузьмин М.С., Овчинников П.А. Вытяжные и воздухораспределительные устройства. - М.: Стройиздат, 1987.
12. Гримитлин М.И. и др. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов. – М.: Машиностроение, 1993.
13. Гримитлин М.И. Распределение воздуха в помещениях. - Санкт-Петербург, 1994.

14. Кокорин О.Я. Современные системы кондиционирования воздуха. – М.: Издательство физико-математической литературы. 2003.
15. Кокорин О.Я. Энергосберегающие системы кондиционирования воздуха. – М., 2007.
16. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. - Санкт-Петербург, Издательство «АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД», 2003.
17. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами/ ЕВРОКЛИМАТ, 2003.
18. Краснов Ю.С., Борисоглебская А.П., Антипов А.В. Системы вентиляции и кондиционирования /Рекомендации по проектированию, испытаниям и наладке. М.: ТЕРМОКУЛ, 2004.
18. Воздухораспределители компании «АРКТОС»/ Указания по расчету и практическому применению. 2006.
19. Краснов Ю.С. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий. – М.:Термокул,2006.
20. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха.- Санкт-Петербург, Издательство «Авок Северо - Запад». 2005.
21. Хрусталева Б.М., Кувшинов Ю.Я., Копко В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. – М.: Изд-во АСВ, 2005.
22. П.Н. Каменев, Е.И. Тертичник. Вентиляция. – М.: Изд-во АСВ, 2006.
23. Крупнов Б.А., Н.С. Шарафадинов, Крупнов Д.Б. Руководство по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Москва - Вена: ГЕРЦ, 2006.
24. Крупнов Б.А. Расчет теплоступлений в помещение через наружные ограждающие конструкции за счет солнечной радиации и теплопередачи/ Кафедра отопления и вентиляции МГСУ. – 2008.

Список вопросов.

1. Назначение вентиляции и кондиционирования.
2. Виды систем вентиляции.
3. Виды систем кондиционирования.
4. Факторы, определяющие необходимость вентиляции и кондиционирования.
5. Определение количества приточного и вытяжного воздуха.
6. Назначение систем аспирации и пневмотранспорта.
7. Назначение аэродинамического расчета.
8. Основное оборудование систем вентиляции и кондиционирования.
9. Принцип подбора воздухораспределителей.
10. Способы увлажнения приточного воздуха.

6. Теплоснабжение

6.1. Общие положения.

В СССР и РФ основным видом теплоснабжения является *централизованная система теплоснабжения*, включающая три основных элемента: источник тепловой энергии, тепловые сети и местные системы теплоснабжения. Высшей формой централизованной системы теплоснабжения является *теплофикация*, т.е. центральное теплоснабжение на базе комбинированной выработки электрической и тепловой энергии.

В децентрализованных системах теплоснабжения производится меньше половины общего объема тепловой энергии. К ним относятся и системы поквартирного и печного отопления.

На производство тепловой энергии расходуется примерно 30% топливно-энергетических ресурсов страны. Около 80 % общего годового теплоснабжения приходится на долю городов и поселков городского типа.

Вопросу развития электрификации и теплоэнергетики уделялось большое внимание с первых дней существования советского государства. Еще в апреле 1918 г., на основе сформулированного Лениным «Наброска плана научно-технических работ», Академия наук по поручению ВСНХ должна была образовать «ряд комиссий из специалистов для возможно более быстрого составления плана реорганизации промышленности и экономического подъема России» (ПСС, т.36, стр.228).

После гражданской войны и интервенции для разработки плана электрификации России 11.02.1920 была создана государственная комиссия по электрификации России. За короткий срок, к 8-му Всероссийскому съезду Советов, открывшемуся 22.12.1920 г. был подготовлен план, вошедший в историю как план ГОЭЛРО (672 стр., большое число схем, графиков).

Планом предусматривалось значительное опережение темпов ввода электроэнергетических мощностей по сравнению с темпами роста других отраслей промышленности. Если общий рост промышленной продукции за 10-15 лет намечался в 1,8-2 раза по сравнению с довоенным 1914 г., то мощность районных электростанций должна была возрасти в 10 раз. Так, намечалось построить 30 крупных районных паровых и гидроэлектростанций: ГЭС – Волховская, Свирская, Днепровская, в Казахстане, Узбекистане и на Северном Кавказе; ТЭС – Шатурская, Каширская, Енифанская в районе Тулы, Нижегородская; ТЭЦ – в Саратове, Царицыне, близ Самары и т.д.

Началом теплофикации в нашей стране является ввод в эксплуатацию первой системы теплофикации в ноябре 1924 г. в г. Ленинграде на базе Ленинградской электростанции. В 1928 г. была построена экспериментальная ТЭЦ Всесоюзного теплотехнического института (ВТИ). С 1931 г., после июньского. Пленума ЦК ВКП (б) теплофикация была положена в основу реконструкции и строительства топливно-энергетического хозяйства городов.

6.2. Потребители тепловой энергии.

В системах теплоснабжения теплота расходуется на отопление, нагревание приточного воздуха систем вентиляции, кондиционирования воздуха, на горячее водоснабжение и технологические нужды промышленных предприятий.

Первые два потребителя теплоты зависят от температуры наружного воздуха (расходуется в основном при температуре наружного воздуха ниже + 8-10 °С), поэтому их называют сезонными. Причем, системы кондиционирования воздуха требуют тепло как в холодный так и в теплый периоды года. Потребление теплоты на

горячее водоснабжение и технологические нужды мало зависят от температуры наружного воздуха. Такие потребители называют круглогодичными.

6.3. Регулирование тепловой нагрузки.

В условиях переменного потребления теплоты в течение суток, недели и года необходимо изменение температуры (качественное регулирование) и расхода (количественное регулирование) теплоносителя в соответствии с фактическим, требуемым теплоснабжением. Имеет место и одновременное изменение температуры и расхода теплоносителя (качественно-количественное регулирование). В зависимости от места регулирования различают:

- *централизованное*, преимущественно качественное регулирование в котельных или ТЭЦ по нагрузке, характерной для большинства абонентов;
 - *групповое* регулирование - в ЦТП, для группы однородных потребителей;
 - *местное* регулирование – на абонентском вводе, для дополнительной корректировки температуры и расхода теплоносителя с учетом фактических условий;
 - *индивидуальное* регулирование – непосредственно у теплоснабжающих устройств.
- В целом перечисленные виды регулирования выражают комбинированное регулирование.

Регулирование разделяют автоматическое и ручное.

6.4. Виды систем теплоснабжения.

Системы теплоснабжения разделяются *по виду теплоносителя* на водяные и паровые.

Водяные системы теплоснабжения, в свою очередь, подразделяются:

а) *По способу подачи воды на горячее водоснабжение* на:

- закрытые системы, с использованием водоводяных теплообменников (кожухотрубных или пластинчатых) для получения горячей воды;
- открытые системы, с отбором воды непосредственно из теплосети. В этом случае вода в теплосети должна отвечать требованиям ГОСТ на питьевую воду.

б) *По количеству труб* – на однотрубные, двухтрубные и многотрубные.

в) *По способу, схеме обеспечения теплотой потребителей* - на одноступенчатые и многоступенчатые с применением центральных тепловых пунктов (ЦТП) и контрольно-распределительных пунктов (КРП).

Паровые системы теплоснабжения подразделяются:

- на системы с возвратом и без возврата конденсата от потребителей;
- на системы высокого и низкого давления.

6.5. Системы внутреннего теплоснабжения.

1. Теплоснабжение зданий может осуществляться:

- от централизованного источника теплоты (от тепловых сетей систем теплоснабжения населенного пункта) в соответствии с техническими условиями (по зависимой или независимой схеме);
- от автономного источника теплоты (в том числе крышной котельной);
- от индивидуальных теплогенераторов систем квартирного теплоснабжения.

При теплоснабжении от одного источника теплоты групп помещений разного назначения, групп помещений, предназначенных для разных владельцев или размещаемых в разных пожарных отсеках здания, следует проектировать отдельные трубопроводы с индивидуальными узлами учета тепловой энергии для каждой группы помещений.

2. Теплоснабжение здания следует проектировать, как правило, обеспечивая учет расхода теплоты и автоматическое регулирование температуры теплоносителя для внутренних систем теплоснабжения здания по температурному графику в зависимости от изменения температуры наружного воздуха. Системы теплоснабжения без автоматического регулирования допускается проектировать при расчетном расходе теплоты зданием (включая расходы теплоты на отопление, вентиляцию, кондиционирование и горячее водоснабжение) менее 50 кВт.

В зданиях с системами центрального водяного отопления с трубопроводами из полимерных материалов следует предусматривать автоматическое регулирование параметров теплоносителя в индивидуальных тепловых пунктах при любом расходе теплоты зданием. Параметры теплоносителя (температура, давление) не должны превышать 90 °С и 1,0 МПа, а также предельно допустимых значений, указанных в документации предприятий-изготовителей, в частности, ГЕРЦ (схемы 8.3.-8.16).

3. Отопление жилых зданий следует проектировать, обеспечивая регулирование и учет расхода теплоты на отопление каждой квартирой, группами помещений общественного и другого назначения, расположенными в доме, а также зданием в целом.

Для определения расхода теплоты каждой квартирой (с учетом показаний общего счетчика) в жилых зданиях следует предусматривать:

- установку счетчика расхода теплоты для каждой квартиры при устройстве поквартирных систем отопления с горизонтальной (лучевой) разводкой труб;
- устройство поквартирного учета теплоты индикаторами расхода теплоты на каждом отопительном приборе в системе отопления с общими стояками для нескольких квартир, в том числе в системе поквартирного отопления;
- установку общего счетчика расхода теплоты для здания в целом с организацией поквартирного учета теплоты пропорционально отапливаемой площади квартир или другим показателям.

6.6. Поквартирные системы теплоснабжения.

1. Поквартирные системы теплоснабжения применяются для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения квартир в жилых зданиях, в том числе имеющих встроенные помещения общественного назначения.

2. В качестве источников теплоты систем поквартирного теплоснабжения следует применять индивидуальные теплогенераторы - автоматизированные котлы полной заводской готовности на различных видах топлива, в том числе на природном газе, работающие без постоянного обслуживающего персонала.

Для многоквартирных жилых домов и встроенных помещений общественного назначения следует применять теплогенераторы:

- с закрытой (герметичной) камерой сгорания;
- с автоматикой безопасности, обеспечивающей прекращение подачи топлива при прекращении подачи электроэнергии, при неисправности цепей защиты, при погасании пламени горелки, при падении давления теплоносителя ниже предельно допустимого значения, при достижении предельно допустимой температуры теплоносителя, при нарушении дымоудаления;
- с температурой теплоносителя до 95 °С;
- с давлением теплоносителя до 1,0 МПа.

В квартирах жилых домов высотой до 5 этажей допускается применение теплогенераторов с открытой камерой сгорания для систем горячего водоснабжения (проточных водонагревателей).

3. В квартирах теплогенераторы общей теплопроизводительностью до 35 кВт можно устанавливать в кухнях, коридорах, в нежилых помещениях, а во встроенных помещениях общественного назначения - в помещениях без постоянного пребывания людей.

Теплогенераторы общей теплопроизводительностью свыше 35 кВт следует размещать в отдельном помещении. Общая теплопроизводительность установленных в этом помещении теплогенераторов не должна превышать 100 кВт.

4. Забор воздуха для горения должен осуществляться:

- для теплогенераторов с закрытыми камерами сгорания - воздуховодами непосредственно снаружи здания;
- для теплогенераторов с открытыми камерами сгорания - непосредственно из помещений, в которых установлены теплогенераторы.

5. Дымоход должен иметь вертикальное направление и не иметь сужений. Запрещается прокладывать дымоходы через жилые помещения.

К коллективному дымоходу могут присоединяться теплогенераторы одного типа (например, с закрытой камерой сгорания с принудительным дымоудалением), теплопроизводительность которых отличается не более чем на 30% в меньшую сторону от теплогенератора с наибольшей теплопроизводительностью.

К одному коллективному дымоходу следует присоединять не более 8 теплогенераторов и не более одного теплогенератора на этаж.

6. Выбросы дыма следует, как правило, выполнять выше кровли здания. Допускается при согласовании с органами Госсанэпиднадзора России осуществлять выброс дыма через стену здания, при этом дымоход следует выводить за пределы габаритов лоджий, балконов, террас, веранд и т.п.

7. Дымоходы должны быть выполнены гладкими и газоплотными класса П из конструкций и материалов, способных противостоять без потери герметичности и прочности механическим нагрузкам, температурным воздействиям, коррозионному воздействию продуктов сгорания и конденсата. Тепловую изоляцию дымоходов и дымоотводов, температура газов внутри которых превышает 105 °С, следует выполнять из негорючих материалов.

8. В помещениях теплогенераторов с закрытой камерой сгорания следует предусматривать общеобменную вентиляцию по расчету, но не менее одного обмена в 1 ч. В помещениях теплогенераторов с открытой камерой сгорания следует учитывать также расход воздуха на горение топлива, при этом система вентиляции не должна допускать разрежения внутри помещения, влияющего на работу дымоудаления от теплогенераторов.

9. При размещении теплогенератора в помещениях общественного назначения следует предусматривать установку системы контроля загазованности с автоматическим отключением подачи газа для теплогенератора при достижении опасной концентрации газа в воздухе - свыше 10% нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПРП) природного газа.

10. Техническое обслуживание и ремонт теплогенератора, газопровода, дымохода и воздуховода для забора наружного воздуха должны осуществляться специализированными организациями, имеющими свою аварийно-диспетчерскую службу.

6.7. Схемы, способы прокладки тепловых сетей.

В зависимости от взаимного расположения источников и потребителей тепловой энергии, величины и характера тепловой нагрузки, рельефа местности, материалов

инженерной геологии тепловые сети могут быть:

по схеме транспорта теплоты:

- радиальные (водяные сети допускаются при диаметре магистральных труб до 400 мм со сроком ликвидации до 24 ч.);
- радиально-кольцевые, с устройством перемычек для резервирования теплоснабжения на аварийном участке;
- кольцевые, как правило, многоступенчатые, от двух и более источников.

по способу прокладки:

- подземные;
- надземные;
- прокладываемые в особых условиях (в сейсмических районах, в просадочных и вечномёрзлых грунтах, пересечение водных преград, существующих сооружений).

Подземные прокладки теплосети разделяют на канальные и бесканальные (при температуре теплоносителя до 180 °С, диаметром труб до 500 мм.).

При канальной прокладке применяют каналы (без или с попутным дренажем):

Проходные (высота не менее 1,8 м, ширина прохода не менее 0,7 м), как правило, для совместной прокладки коммуникаций в стесненных, городских условиях, под автодорогами с интенсивным движением;

Полупроходные (высота канала не менее 1,4 м, проход не менее 0,6 м), в городских условиях, когда невозможна прокладка проходных каналов;

Непроходные – наиболее распространенный тип прокладки.

При бесканальной прокладке теплопроводы не защищены от механических воздействий грунта, временной нагрузки и коррозионного влияния почвы.

Надземная прокладка может выполняться на:

- отдельно стоящих опорах, стойках;
- эстакадах со сплошным пролетным строением в виде ферм, балок или на тягах (вантовые конструкции).

Отдельно стоящие опоры могут быть:

- деревянные, стальные, железобетонные;
- высокие и низкие;
- жесткие (преимущественно), гибкие и качающиеся;
- одно- и двухветвевые, составные.

Эстакады (как правило, для совместной прокладки) бывают:

- одно- и многоярусные;
- металлические, железобетонные, комбинированные;

Проходные и непроходные (без проходов по длине трассы для обслуживания)

6.8. Элементы тепловых сетей.

1. *Трубы.* В тепловых сетях применяют стальные трубы, соединяемые при помощи электрической или газовой сварки. При температуре воды свыше 115°С и давлении пара более 0,07 МПа трубы, подлежащие регистрации в Госгортехнадзоре, делятся на четыре категории. В тепловых сетях применяют преимущественно стальные трубы четвертой и третьей категории (температура воды до 250 °С, давление соответственно до 16 и до 39 МПа).

Промышленностью выпускаются стальные трубы:

- бесшовные, горячекатаные с наружным диаметром 38-426 мм;
- электросварные прямошовные (по ГОСТ 10704-76**) с наружным диаметром до 426 мм;
- электросварные прямошовные (по ГОСТ 20295-85) и спиральношовные (по ТУ 14-

3-808-78, 14-30954-80) с наружным диаметром от 530 до 1420 мм.

2. *Тепловая изоляция* – для уменьшения тепловых потерь в теплосети.

3. *Запорная и запорно-регулирующая арматура* (задвижки, вентили, краны), выбираемая в соответствии с температурой и давлением теплоносителя и диаметра труб.

4. *Опоры*, устанавливаемые для восприятия усилий, возникающих в теплопроводах, и передачи их на несущие конструкции или грунт. Опоры подразделяются на подвижные и неподвижные.

Подвижные опоры, воспринимающие массу теплопроводов, обеспечивают свободное перемещение труб на строительных конструкциях. Они бывают: скользящие, катковые, шариковые, подвесные (жесткие, пружинные), диэлектрические.

Неподвижные опоры разделяют теплопроводы на участки, независимые по температурным деформациям и внутреннему давлению. Они подразделяются на разгруженные и неразгруженные, на стальные (хомутовые, лобовые) и железобетонные (щитовые). Неподвижные опоры устанавливаются на выходе из источника тепловой энергии, на входе и выходе ЦТП, насосных станций, в местах ответвлений для устранения влияния изгибающих и крутящих моментов.

5. *Компенсаторы или компенсаторные устройства* - для устранения или уменьшения усилий, возникающих при тепловых удлинениях труб между неподвижными опорами. Компенсаторы разделяют на осевые (сальниковые, линзовые) и радиальные (П - и S - образные, естественной компенсации).

6. *Камеры (колодцы)*. Они подразделяются на смотровые для обслуживания арматуры, вентиляционные для вентиляции проходных и полупроходных каналов по трассе теплосети, монтажные на трассе проходных каналов. Камеры выполняются из мелкоштучного материала, монолитные и сборные.

7. *Ниши компенсаторные* - для размещения радиальных компенсаторов.

8. *Опорные подушки* – для восприятия вертикальной нагрузки теплопроводов при канальной прокладке.

6.9. Конструкции теплоизоляции.

Литература к 6 главе.

1. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология.
2. СНиП 2.0405-91* Отопление, вентиляция и кондиционирование.
3. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
4. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети.
5. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.
6. С.Ф. Копьев. Теплоснабжение. М., 1953.
7. В.Е. Козин и др. Теплоснабжение: Учебное пособие - М.: Высшая школа, 1980.
8. А.А.Ионин и др. Теплоснабжение. Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1982.
9. Е.Я. Соколов. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов-М.: Издательство МЭИ, 1999.

Список вопросов.

1. *Определение теплоснабжения, теплофикации*
2. *Виды систем теплоснабжения.*
3. *Схемы тепловых сетей.*
4. *Способы прокладки тепловых сетей.*
5. *Назначение и виды компенсаторных устройств.*
6. *Элементы тепловых сетей*
7. *Назначение и виды опор.*

8. *Требования к источникам поквартирного теплоснабжения.*
9. *Виды труб, применяемых в тепловых сетях.*
- 10.

7. Источники тепловой энергии

7.1. Общие положения.

Как было отмечено, теплоснабжение осуществляется от котельных различной мощности и теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Котельная (теплогенерирующая установка) – комплекс устройств, предназначенных для выработки тепловой энергии в виде горячей воды или пара. Основным оборудованием котельной является котел (теплогенератор) паровой или водогрейный, ТЭЦ – котел паровой и турбина. В настоящее время котельные служат источником теплоснабжения не только одного или группы зданий, но и жилых кварталов и районов, а также промышленных предприятий и узлов.

При использовании твердого и жидкого топлива (угля, торфа, мазута) укрупнение источника тепла позволяет снизить расход топлива, уменьшить загрязнение атмосферы, сократить численность обслуживающего персонала, снизить пожарную опасность, повысить уровень механизации и автоматизации процессов. Все эти преимущества позволят окупить дополнительные затраты на тепловые сети.

7.2. Классификация котельных установок.

Котельные установки разделяются:

а) *по величине тепловой мощности* и охвату потребителей тепла:

- малой мощности – мелкие и местные котельные с нагрузкой до 15 Гкал/ч (17,4 МВт);
- средней мощности – квартальные и групповые с нагрузкой порядка до 100 Гкал/ч (116 МВт);
- большой мощности – крупные, районные котельные с нагрузкой до 700 Гкал/ч (812 МВт).

б) *по характеру теплопотребления* – отопительные, отопительно-производственные, производственные.

в) *по строительному решению*:

- встроенные (при тепловой нагрузке до 3,5 МВт при работе на жидком и газообразном и от 0,6 до 1,7 МВт на твердом топливе в зависимости от его сернистости и зольности);
- сблокированные, пристроенные (без ограничения тепловой мощности);
- отдельно стоящие;
- закрытого, полужакрытого типа.

г) *по первичному теплоносителю* – водогрейные, паровые и смешанные.

д) *по надежности теплоснабжения* - первой и второй категории.

7.3. Теплогенераторы малой мощности.

Для теплоснабжения строящихся малоэтажных, многоквартирных жилых домов, коттеджей преимущественно применяются автономные теплогенераторы, котельные малой мощности.

Отечественные и зарубежные производители выпускают котлы, работающие в основном на газообразном и жидком топливе, реже на твердом топливе и с

использованием электрической энергии. С целью экономного расходования топлива, электрической энергии и достижения наивысшего КПД котлы оборудуются системой управления и автоматики.

В зависимости от номинальной мощности котлы выпускаются в настенном (до 23-25 кВт) и напольном исполнении.

При выборе типа котла необходимо учитывать следующие исходные данные и показатели:

расчетная тепловая нагрузка и вид потребителей тепловой нагрузки (отопление, отопление и горячее водоснабжение, наличие приточной механической вентиляция, системы "теплый пол", бассейна и пр.);

- вид и стоимость топлива (основного или основного и резервного);
- стоимость, экономичность, коэффициент использования энергии, сервисное обслуживание;
- долговечность (котлы могут быть чугунными, стальными, теплообменники чугунными, стальными и из меди);
- экологичность, безопасность, удобство монтажа, эксплуатации.

На российском рынке имеются котлы таких отечественных производителей, как, например, Жуковский машиностроительный завод, ЗИОСАБ, НП ЗАО "ТЕПЛОГАЗ", Кировский завод (Калужская обл.). Электрические котлы типа ЕРМАК производительностью 3-24 кВт выпускает в частности ООО «Кимрский завод теплового оборудования».

Широкий модельный ряд котлов (одноконтурных и двухконтурных, с открытой и закрытой камерой сгорания) представляют такие зарубежные фирмы как ACV (Бельгия), BAXI (Италия), De Dietrich (Франция), Ferroli (Италия), Buderus, Vaillant, Viessmann и Wolf (Германия).

Фирма HERZ производит ряд чугунных котлов котлы HERZ-MINI производительностью 24-95 кВт, HERZ-COMПАКТ производительностью 24-95 кВт, HERZ-SX производительностью 39-141кВт, HERZ-XXL производительностью 137-551кВт и HERZ-AG производительностью от 22 до 314 кВт.

При проектировании следует выполнять специальные требования к помещениям, в которых предполагается размещать теплогенераторы.

7.4. Нетрадиционные источники тепловой энергии.

К нетрадиционным источникам тепловой энергии можно отнести, например, тепловую энергию солнечной радиации, геотермальные воды, уходящие газы и сбросную воду технологических установок.

Для улавливания теплоты солнечной радиации передачи в системах солнечного отопления (ССО) используется специальный тепловоспринимающий элемент, называемый гелиоприемником.

По способу использования солнечной энергии ССО подразделяются на пассивные и активные.

В пассивных ССО в качестве гелиоприемника используется поверхность внутренних ограждений здания, как правило, окрашиваемая в темные тона, на которую падает солнечная радиация, поступающая через заполнения световых проемов. Таким образом, солнечная энергия, поглощенная массивом внутренних ограждений, ориентированных на южную сторону, частично и полностью может компенсировать тепловые потери в помещении в холодный период года.

В активных ССО применяют гелиоприемники концентрирующие и плоские.

Концентрирующий гелиоприемник представляет собой совокупность зеркал сферической или параболической формы из полированного металла и тепловоспринимающего элемента (солнечного котла), расположенного в фокусе солнечных лучей, отраженных зеркалами.

Плоский гелиоприемник конструктивно состоит из тепловоспринимающего устройства (из медных трубок, пластин с каналами для пропуска теплоносителя, стальных штампованных радиаторов), расположенного между задней утепленной стенкой и остеклением с повышенной проницаемостью солнечных лучей. Плоские гелиоприемники-коллекторы обычно располагают на южных склонах наклонной кровли.

В качестве теплоносителя можно использовать воду или незамерзающую жидкость. Для отопления представляется возможным использование плоских гелиоприемников в южных районах России со значительным числом солнечных дней в году. Предпочтительнее использовать плоские гелиоприемники для получения горячей воды в осенне-весенний и теплый периоды года. Фирма HERZ, например, производит солнечные коллекторы, позволяющие получать до 519 Вт/ч с каждого м² их поверхности.

Теплоту геотермальных вод можно использовать в тех районах, где имеются их большие запасы. Со степенью минерализации до 10 г/л геотермальные воды можно предусматривать непосредственно в системах отопления и горячего водоснабжения. Однако необходимо отметить, что срок службы таких систем меньше обычных в 1,5 - 2 раза. При большей минерализации геотермальные воды следует использовать для отопления по независимой схеме в качестве первичного теплоносителя.

В производственных зданиях можно использовать теплоту, например, уходящих газов, сбросной воды, имеющих ее в количестве, достаточном для решения отопления (или горячего водоснабжения) отдельных помещений, участков. В этом случае используют специальные теплообменники – утилизаторы. Подробно схемы работы нетрадиционных систем отопления представлены в учебнике А.Н. Сканава и Л.М. Махова «Отопление».

Литература к 7 главе.

1. Г.И. Делягин, В.И. Лебедев, Б.А. Пермяков. Теплогенерирующие установки.
2. К.Ф. Роддатис, А.И. Полтарецкий. Справочник по котельным установкам малой производительности.
3. СНиП 11-35-76*. Котельные установки.
4. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

Список вопросов.

1. *Отличительные особенности котельной и ТЭЦ.*
2. *Классификация котельных установок.*
3. *Виды возобновляемых источников тепловой энергии.*
4. *Преимущества и недостатки крупных котельных.*
5. *Особенности установок использования солнечной энергии.*