

В.С. БЕЛЯЕВ, Л.П. ХОХЛОВА

ПРОЕКТИРОВАНИЕ энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий

Допущено
Государственным комитетом СССР
по народному образованию
в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности
«Промышленное и гражданское строительство»



Москва «Высшая школа» 1991

ББК 38.71
Б44
УДК 728.1

Рецензенты:

кафедра архитектурной физики МАРХИ (зав. кафедрой проф.
Н. В. Оболенский);
канд. техн. наук Ю. А. Матросов (зав. лабораторией НИИСФ)

Беляев В. С., Хохлова Л. П.

Б44 Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий: Учеб. пособие для студ. вузов по спец. «Промышленное и гражданское строительство». — М.: Высш. шк., 1991. — 255 с.: ил.

ISBN 5-06-001816-4

В книге рассматриваются вопросы рационального использования и сохранения энергии в жилых и общественных зданиях для города и сельской местности. Приводятся новые и усовершенствованные традиционные конструктивные решения, в том числе отопительно-вентиляционные системы. Дана классификация типов гражданских зданий с солнечным энергосбережением. Приведены объемно-планировочные и региональные особенности энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий, рациональные типы зданий, аккумулирующих энергию солнца, ветра и др. Использован отечественный и зарубежный опыт проектирования и строительства энергоэкономичных и энергоактивных зданий. Может быть также использована инженерно-техническими работниками.

Б 3302000000(4309000000)—117 213—91
001(01)—91

ББК 38.71
6С4.2

ISBN 5-06-001816-4

© В. С. Беляев, Л. П. Хохлова, 1991 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для роста социально-экономического развития нашей страны в ближайшие годы предусматривается обеспечение повышения уровня капитального строительства, внедрения новых форм конструктивно-планировочных элементов, обеспечивающих тепловую эффективность зданий массового строительства. В связи с этим предусматривается осуществление энергоснабжения жилых и общественных зданий с использованием нетрадиционных источников природной энергии.

Книга посвящена актуальной теме рационального использования и сохранения энергии в жилых и общественных зданиях городского и сельского типа. В ней приводятся новые и усовершенствованные традиционные решения и системы. Учитываются и оцениваются факторы, влияющие на экономику энергоснабжения. Рекомендуются рациональные типы зданий, аккумулирующих энергию солнца, ветра и других нетрадиционных источников энергии.

Рассматриваются архитектурно-художественные возможности энергоактивных солнечных зданий и их комплексов, определяющих новое направление создания «гелиоархитектуры».

Предполагается, что студенты уже изучили основы курсов архитектуры гражданских зданий, строительных конструкций и строительной механики.

В конце глав приводятся вопросы, по которым студенты могут проверить, насколько хорошо они усвоили материал.

Предисловие и введение написаны совместно канд. техн. наук В. С. Беляевым и канд. archit. Л. П. Хохловой, раздел первый (главы 1, 2, 3, приложения 1, 3, 4, 5 — В. С. Беляевым, раздел второй (главы 4, 5, 6, 7, прилож. 2 — Л. П. Хохловой.

Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам кафедры архитектурной физики (зав. кафедрой проф. Н. В. Оболенский), канд. техн. наук Ю. А. Матросову (зав. лабораторией теплофизики НИИСФ), сотрудникам кафедры архитектуры ВЗИСИ (зав. кафедрой проф. Н. Н. Миловидов) за ценные замечания, сделанные при рецензировании книги.

Предложения, направленные на улучшение книги, просьба присылать в адрес издательства «Высшая школа».

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Проблема повышения тепловой эффективности зданий и экономии топливно-энергетических ресурсов в гражданских зданиях является актуальной, но сложной как в нашей стране, так и за рубежом. Представляя по своей сути в большей степени проблему социальную, чем научно-техническую, она и решается по-разному в различных странах.

В настоящее время около 40% всего добываемого в нашей стране топлива расходуется на теплоснабжение зданий, при этом уровень расхода энергии в новых зданиях увеличивается, так же как и рост себестоимости добычи, выработки и транспортировки традиционного природного топлива (угля, нефти, газа), запасы которого постепенно истощаются во всем мире.

В большинстве стран мира разработаны национальные энергетические программы и созданы специальные административные органы для активного проведения их в жизнь. В рамках системы ООН международным сотрудничеством в области энергетики занимаются такие организации, как Европейская экономическая комиссия (ЕЭК ООН), Организация по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) и др.

За счет экономии энергии намечено к 2000 г. удовлетворить 75...80% прироста потребностей в энергетических ресурсах. Энергоэффективность проектных решений в нашей стране оценивается по степени их соответствия нормативным удельным показателям расхода тепла на единицу общей площади жилых и общественных зданий.

Энергосбережение в зданиях при решении практических задач сокращения общего расхода невозобновляемых энергоресурсов (угля, газа, нефти и др.) реализуется путем применения эффективных теплоизоляционных материалов, энергоэкономичных конструкций наружных стен, существенного увеличения теплозащиты эксплуатируемого фонда и т. п.

Энергетической программой на основе научно-технического прогресса во всех звеньях народного хозяйства предусмотрено создание технической и материальной базы для широкого использова-

ния таких нетрадиционных источников энергии, как солнечной, ветровой, геотермальной и биомассы.

В нашей стране значительное снижение расхода органического топлива и уменьшение загрязнения окружающей среды обеспечивается преимущественным применением возобновляемых источников энергии. Согласно классификации ООН к новым и возобновляемым источникам энергии относятся в основном: энергия солнца, ветра, биомассы различного происхождения, приливов и отливов, разности теплового градиента верхних и нижних слоев воды в океанах, а также геотермальная и гидравлическая энергия. Существенную экономию тепла можно получить в случае применения различных конструктивных решений и систем, позволяющих утилизировать тепло, теряемое зданиями в отопительный период. В строительной практике применяются как специальные вентиляционные устройства, утилизирующие уходящее через наружные ограждения тепло, так и утилизаторы-теплообменники, использующие уходящее с вентиляционным воздухом тепло.

Здание как энергетическая система формирует тепловой и воздушный режим (ТВР) помещений. При этом системы отопления и вентиляции наряду с наружными ограждениями играют решающую роль. Оптимизация ТВР должна иметь целью как экономию топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), так и обеспечение требуемых санитарно-гигиенических условий. Последние зависят как от эффективности работы систем вентиляции, так и от загрязненности атмосферы. Поэтому экологически чистым источникам энергии в будущем должен быть отдан приоритет.

В настоящее время в нашей стране создается нормативная и организационная основа для широкого применения солнечной энергии в народном хозяйстве. Разработаны нормы проектирования жилых и общественных зданий с солнечными пассивными системами отопления, а также пособие к ведомственным строительным нормам ВСН «Установка солнечного горячего водоснабжения», нормативные документы на проектирование и приемку в эксплуатацию зданий с системами солнечного отопления и горячего водоснабжения. Создаются специализированные организации по монтажу солнечных установок теплоснабжения.

Действующими объектами солнечного отопления и горячего водоснабжения являются жилые дома в поселках Армянской ССР, Одесской обл., Московской обл., Якутской ССР, Закавказья, Средней Азии и др.

Разработано свыше 200 проектов, из них 16 типовых и повторного применения энергоактивных гражданских зданий. Начато промышленное производство солнечных коллекторов, освоена гелиотехнология при изготовлении железобетонных изделий.

Начат серийный выпуск ветроэнергетических агрегатов.

Геотермальная энергия используется для теплоснабжения и производства электроэнергии. Так, горячим водоснабжением на базе

геотермальных вод обслуживается население Грузинской ССР, Дагестанской АССР, Чечено-Ингушской АССР, где имеются горячие источники.

Перспективным источником энергии является энергия, получаемая при переработке биомассы, к которой относятся различные виды растительности, отходы сельскохозяйственного производства, животноводства, птицеводства, промышленные отходы, жидкие стоки и твердые отходы городов и др. Использование биомассы кроме получения энергии обеспечивает понижение содержания углекислого газа в атмосфере, а переработка отходов способствует улучшению состояния окружающей среды.

За последние годы в нашей стране построено и эксплуатируется восемь мусоросжигательных заводов. Находятся в эксплуатации 15 теплонасосных установок различной теплопроизводительности; утилизируется тепло вентиляционных сбросов общественных зданий.

Таким образом использование вторичных источников энергии открывает большие перспективы в проектировании энергоэкономичных и энергоактивных зданий. Велики их резервы в области автоматизации систем теплоснабжения, применения источников света, сокращения энергоемкости системы кондиционирования воздуха, архитектурно-планировочных и конструктивных решений, повышения энергоэффективности существующих гражданских зданий и т. п.

Однако в настоящее время уровень работ по осуществлению задач по экономии теплоэнергетических ресурсов не соответствует энергетической ситуации в нашей стране. В связи с этим данное учебное пособие несомненно поможет студентам овладеть основными принципами проектирования энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий, которые направлены на решение задач по повышению энергетической эффективности народного хозяйства.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНЫЕ ЗДАНИЯ

ГЛАВА 1

ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНЫЕ ЗДАНИЯ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛА

В главе излагаются основы проектирования и теплового расчета зданий с утилизацией тепла, включая использование тепла, уходящего с вытяжным воздухом и через наружные ограждения. Даны технические решения и схемы конструкций таких зданий, а также с воздушно-лучистой системой отопления.

1.1. Воздушно-лучистое отопление

Еще до нашей эры люди использовали для обогрева помещений нагретые поверхности. Так, в X в. до н. э. на Дальнем Востоке существовало государство Джурмения, где помещения обогревались поверхностью каналов, через которые пропускались дымовые газы.

В начале нашей эры в Древнем Риме и других странах получила распространение заимствованная у греков аналогичная система огневоздушного отопления, которая называлась «гипркауст» (от греч. «снизу согретый»). Такая система широко применялась при отоплении бань. Для этого в здании устраивалось подполье, перекрытое плитами, опирающимися на кирпичные столбики. В подполье по газоходу поступали дымовые газы из очага, находящегося, как правило, вне здания. Эти системы можно назвать лучистыми. Тепло отдается окружающему воздуху конвекцией и окружающим его ограждениям излучением. Такой режим тепловой отдачи является вполне благоприятным для человека. Это объясняется тем, что человек на заре своего существования находился преимущественно на открытом воздухе и поэтому биологически привык к такому способу теплообмена с окружающей средой. Следовательно, чтобы улучшить самочувствие человека, надо увеличить теплоотдачу конвекцией и уменьшить ее окружающим ограждениям.

За рубежом дома с воздушно-лучистой системой отопления распространены в США, Финляндии, Швеции и других странах.

В США система лучистого отопления с теплоносителем воздухом начала применяться в конце 40-х годов, главным образом в мало-

этажном строительстве. В многоэтажных зданиях системы лучистого отопления осуществляются с теплоносителем водой. Во Франции применяются междуэтажные плиты перекрытий (размером на комнату), при изготовлении которых вместе с арматурным каркасом закладываются змеевики лучистого отопления из стальных труб диаметром 15/21 мм. В нашей стране такие плиты изготовляют на двух заводах — в Баку и Ташкенте.

За рубежом применяются системы лучистого отопления и с медными трубами, что резко увеличивает их долговечность и надежность.

В жилых и общественных зданиях широко используются также обогреваемые полы с электрокабелем. Напольное отопление с теплоносителем водой и электрокабелями применяется в зданиях большого объема.

В последние десятилетия в Швеции используются многпустотные плиты перекрытий (с некоторой модификацией) для систем воздушного потолочно-напольного отопления с выпуском зимой воздуха в помещения для целей вентиляции. В летнее время в помещения подается специально подготовленный воздух. Эти системы применяют для зданий различного назначения: промышленные, административные (одно- и многоэтажные), школы, больницы, жилые здания, магазины и др.

Системы лучистого отопления с теплоносителем воздухом разрабатываются в Советском Союзе с 1931 г. Напольные системы отопления с теплоносителем водой с пропуском через змеевики, замоноличенные в толщу пола, начали осуществляться в нашей стране с 1952 г. на объектах Аэрофлота, а позднее и в помещениях общественных зданий. Напольные системы отопления с теплоносителем воздухом осуществлены в помещении ангара аэропорта Быково и в Киеве в помещениях аэровокзала и т. д.

Для изготовления змеевиков применяются стальные бесшовные трубы диаметром 15, 20, 25 и 30 мм.

В нашей стране системы лучистого отопления с теплоносителем воздухом применяется в многоэтажном строительстве, где широко используются многпустотные плиты перекрытий.

Рассмотрим пример системы воздушно-лучистого отопления, предусмотренной в пятиэтажном корпусе панельно-каркасного типа. Полезная площадь — 8182 м²; высота помещений — 2,7 м; строительный объем — 35 318 м³; кровля — псевдентилируемая, совмещенная, бесчердачная. В качестве утеплителя принят пенобетон плотностью $\rho_0 = 600 \text{ кг/м}^3$.

Каркас здания поперечный с наружными навесными панелями из керамзитобетона $\rho_0 = 1200 \text{ кг/м}^3$. Многпустотные плиты перекрытий размещены вдоль зданий и опираются на прямоугольные прогоны.

Система лучистого отопления с теплоносителем воздухом состоит из нагреваемых плит перекрытия, горизонтальных и вертикальных каналов и тепловых камер. Отопление здания осуществляется нагретым воздухом, циркулирующим по пустотам в плитах перекрытий. При этом плиты нагреваются и тепло отдается в помещения через поверхности пола и потолка. Нагрев воздуха осуществляется колориферными установками, размещенными в тепловых камерах

в цокольном этаже корпусов. Циркуляция воздуха в системе отопления осуществляется центробежными вентиляторами.

Подающие и обратные магистральные воздуховоды выполнены из листовой стали, расположены под потолком цокольного этажа и с помощью отводов присоединены к вертикальным каналам сечением 200×550 мм из бетонных блоков высотой 1,35 м. Подающие и обратные вертикальные каналы размещены у колонн в толще двойных перегородок между коридором и помещениями. На уровне каждого перекрытия вертикальные каналы соединяются с горизонтальными каналами сечением 120×200 мм между торцами плит перекрытия, сообщаясь с пустотами в плитах. В местах соединения обратных вертикальных каналов с магистральными воздуховодами под потолком цокольного этажа установлены шиберы для регулирования расхода воздуха.

Для удобства регулирования отопления и по конструктивным соображениям здания обслуживаются нитью автономных систем.

Конструктивные особенности. Если здание оборудовано каналами приточно-вытяжной вентиляции, то целесообразно устанавливать оборудование теплогенерации, с помощью которого отбирается тепло из удаляемого воздуха, поступающее на подогрев приточного воздуха. Экономичность системы приточного воздуха, оснащенной устройством теплогенерации, зависит от экономичности способа строительства системы приточно-вытяжных каналов и КПД устройства теплогенерации. Использование пустот в плитах для транспортировки воздуха является обоснованным, так как каналы расположены в каркасе здания и формируются одновременно с его возведением.

Пустотелые плиты используются в цокольных, промежуточных и кровельных перекрытиях, а также в качестве стеновых конструкций там, где требуются вертикальные пустоты для транспортировки приточного или вытяжного воздуха. Для получения хорошей вентиляции приточный воздух направляют в каждую комнату с помощью пустот промежуточных перекрытий. Пустоты стеновой панели соединяют с горизонтальными пустотами посредством простых стыковочных устройств из жести. Плотность соединений обеспечивается заливкой стыков бетонным раствором и обуславливается технологией изготовления плит и качеством бетона.

Заслонки для приточного и вытяжного воздуха устанавливают при отделочных работах. Перед возведением каркаса на рабочей площадке рассверливают в бетонных плитах все необходимые для заслонок отверстия для приточного воздуха в кровельных перекрытиях и для вытяжного воздуха в стеновых пустотах.

Клапаны приточного и удаляемого воздуха должны удовлетворять требованиям качественного воздухообмена. С точки зрения звукоизоляции клапаны не должны вызывать мешающих шумов при вентиляции и через них не должны проникать шумы в другую квартиру как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Пожаротехнические характеристики должны быть такими, чтобы пожар не смог распространяться через клапаны приточного и удаляемого воздуха. Кроме того, клапан приточного воздуха должен обладать свойствами, обеспечивающими перекры-

тие воздушного потока в зону комнаты, чтобы там не возникало мешающих нахождению людей воздушных потоков.

С помощью специального оборудования в здании, оснащенном приточно-вытяжными каналами, можно организовать теплорегенерацию перемещением тепла из удаляемого воздуха для подогрева свежего воздуха. В солнечные дни отопительного сезона приточный воздух можно также подогревать солнечным аккумулятором. Посредством центральной установки нагнетают количество свежего воздуха, необходимое для вентиляции. Воздух очищается и при необходимости подогревается, а затем поступает в имеющиеся в жилых комнатах устройства приточного воздуха. Далее воздух через насадки поступает в комнатное помещение, вызывая одновременно в устройстве приточного воздуха вторичный поток. Последний по отношению к притоку свежего воздуха является двух-, трехкратным. С помощью батареи, установленной в устройстве приточного воздуха, вторичный поток подогревается и при этом осуществляется управляемый нагрев комнаты посредством циркулирующего через установку приточного воздуха.

Воздух из квартиры удаляется по каналам в центральную установку, откуда после теплорегенерации его удаляют наружу. Принцип работы показан на рис. 1.1. Радиаторы в зданиях под окнами отсутствуют. Установка приточного воздуха вмонтирована в кровле. Движение воздуха осуществляется через имеющиеся внутри корпуса устройства, куда воздух поступает из полости плиты, обеспечивая необходимое движение его через приточное устройство. Трубы для горячей воды выполняются из пластмассы и устанавливаются в соседнюю полость. Устройство оснащено оборудованием теплорегенерации, фильтром и вентилятором приточного и выпускного воздуха, а также автоматикой антиобледенения.

На южной стороне крыши установлен аккумулятор солнечной энергии. Солнце нагревает наружную часть аккумулятора, выполненную из черной профилированной жести. Позади нее имеется воздушная щель, а над чердаком — негорючая строительная плита. Воздух направляется по обоим торцам аккумулятора в центральное вентиляционное устройство, откуда он нагнетается через каналы входного воздуха в квартиры. От аккумулятора также поступает тепло в нижнее помещение крыши и при этом снижаются потери над верхним перекрытием. В солнечные морозные дни температура чердака может быть даже на 5°C выше по сравнению с наружной температурой.

Примерно 70% поверхности окон целесообразно ориентировать на южную сторону, а около 30% — на северную. Общая поверхность окон должна составлять около 20% от площади пола здания. Солнечная радиация проникает через окна в довольно большом количестве. Одна часть этой энергии связывается конструкциями, а другая утилизируется устройствами теплорегенерации. Целесообразно также утилизировать тепло, формирующееся в здании, кото-

рое выделяется, например, от освещения, приготовления пищи, от людей таким образом, чтобы излишнее тепло вместе с удаляемым воздухом использовалось для подогрева приточного воздуха.

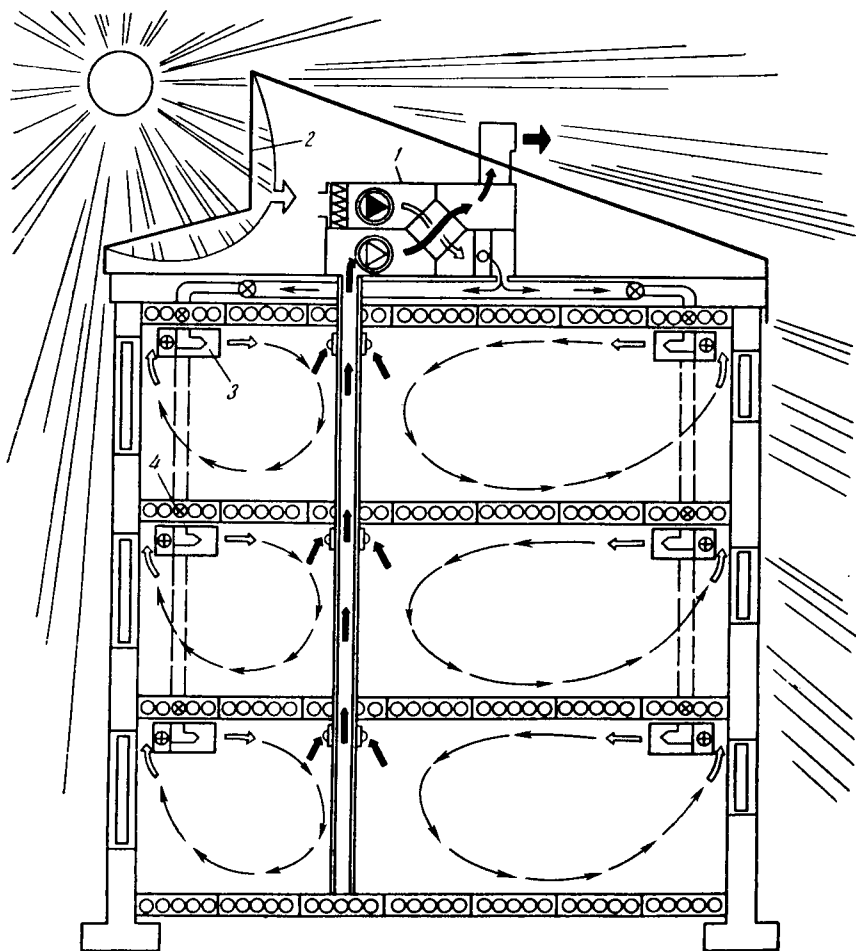


Рис. 1.1. Принцип работы воздушного отопления:

1 — центральная установка, оснащенная аппаратурой регенерации тепла и фильтрации воздуха; 2 — конструкция водосточной крыши, служащей одновременно аккумулятором лучистой энергии; 3 — устройство входящего воздуха, обеспечивающее циркуляцию и дополнительный подогрев комнатного воздуха; 4 — система горизонтальных и вертикальных каналов, образованная пустотелыми плитами, служащими одновременно несущей конструкцией

Малоэтажные здания. Система включает теплогенератор, подающий и обратный вертикальные воздухопроводы, подающий переходный и обратный горизонтальные каналы в многопустотные плиты перекрытия (рис. 1.2).

Теплогенератор размещают на кухне или в топочном помещении. При наличии централизованного газоснабжения можно использовать газовый теплогенератор АМГБ-10, в случае его отсутствия — теплогенератор на твердом топливе.

В качестве вертикальных воздухопроводов могут быть использованы каналы вентиляционной стеновой панели. Горизонтальные каналы изготавливают из бетонных или керамических труб с продольной щелью или коробов и устанавливают на плитах перекрытия таким образом, чтобы образуемая каналами полость сообщалась с вертикальными отверстиями в плитах. Площадь сечения каналов должна в 5 раз превышать суммарную площадь вертикальных отверстий.

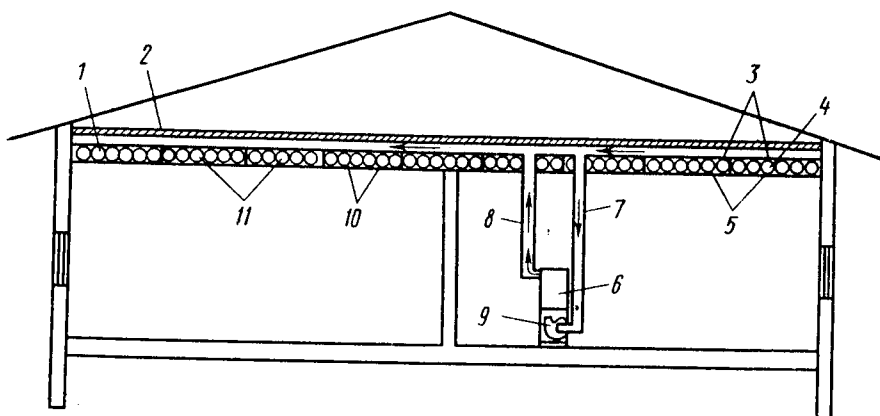


Рис. 1.2. Система лучистого отопления:

1, 4 — подающий и обратный горизонтальные каналы; 2 — слой теплоизоляции; 3, 10 — включенные пустоты 2-го и 1-го ходов (количество условно); 5, 11 — плиты перекрытия 2-го и 1-го ходов; 6 — вентиляторная; 7, 8 — подающий и обратный вертикальные каналы; 9 — теплообменная секция

Пустоты плит перекрытия включают в двухходовой замкнутый контур так, чтобы место примыкания пустот к подающему горизонтальному каналу приходилось над помещением с наибольшими тепловыми потерями (жилая угловая комната с наибольшей площадью наружных ограждений). Некоторое количество пустот как первого, так и второго хода заглушают. В число заглушенных пустот включают одну — две крайние пустоты, расположенные вблизи наружных ограждений, часть пустот, проходящих над коридором, а также пустоты, требуемые для электропроводки. Для исключения теплопотерь, вызванных утечками воздуха, систему герметизируют.

Плиты перекрытия изготавливают с вертикальными отверстиями диаметром 30...40 мм, расположенными на расстоянии 0,2...0,4 м от торцов плит, пустоты в торцах заглушают, а в вертикальных отверстиях заглушаемых пустот устанавливают пробки. В качестве эф-

фективно работающей части пустоты принимают среднее арифметическое между длиной панели и расстоянием между центрами вертикальных отверстий.

В системе целесообразно предусматривать перевод на аварийный режим воздушного отопления, позволяющий отключить пропускание воздуха через пустоты с обогревом лишь ближайших к теплогенератору помещений.

Расчет системы лучистого отопления. Этот расчет включает определение соответствия санитарно-гигиеническим требованиям (по температуре поверхности потолка), определение теплопроизводительности системы и числа включенных пустот, аэродинамический расчет системы. Ниже дан расчет в соответствии с разработками Ростовского ИСИ (В. И. Чеботарев) и ЦНИИПромзданий

Л. П. Ананиян и С. М. Шильклопер).

В соответствии со СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование» определяют общие теплопотери помещений Q_n (Вт) без учета теплопотерь помещения через потолок, теплопотери помещений вдоль первого хода Q_1 (Вт) и вдоль второго хода Q_2 (Вт) с учетом: понижения температуры воздуха помещения t_n ($^{\circ}\text{C}$) на 2°C по сравнению с нормируемой СНиП «Жилые здания»; нагрева инфильтрующего воздуха; бытовых тепловыделений; тепловыделений от теплогенератора и вертикальных воздухопроводов в размере 10% от полученной величины общих теплопотерь (если теплогенератор и воздухопроводы расположены в отапливаемом помещении).

Определяют требуемую среднюю по квартире температуру поверхности потолка, $^{\circ}\text{C}$:

$$\tau_n = \frac{Q_n}{\alpha_n F_n} + t_n, \quad (1.1)$$

где α_n — коэффициент теплоотдачи поверхности нагретого потолка; F_n — площадь потолка квартиры, м^2 .

Сравнивают значение τ_n с максимально допустимой по СНиПу средней температурой на обогреваемой поверхности $\tau_n^{\text{м}}$. В случае, когда $\tau_n > \tau_n^{\text{м}}$, рассматриваемая система лучистого отопления неприемлема по санитарно-гигиеническим требованиям.

Определяют экономически целесообразное сопротивление теплопередаче слоя теплоизоляции на плитах перекрытия $R_{0\text{ак}}$, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$. Исходя из конструктивных соображений, наличия теплоизоляционных материалов и их параметрического ряда, назначают фактическое значение сопротивления теплопередаче.

Требуемый расход воздуха в системе, $\text{кг}/\text{с}$:

$$G_c = K_c Q_n,$$

где $K_c = 27 \cdot 10^{-6}$ $\text{кг}/\text{Дж}$ — коэффициент, учитывающий предполагаемый перепад температуры воздуха в системе ($K_c = 80 - 30 = 50^{\circ}\text{C}$) и ориентировочное отношение между теплопроизводительностью теплогенератора $Q_{\text{т}}$ и общими теплопотерями Q_n .

В первом приближении число включенных пустот первого хода n_1 (шт.) и второго n_2 (шт.):

$$n_1 = 0,005Q_1, \quad n_2 = 0,008Q_2. \quad (1.2)$$

Скорость воздуха в пустотах первого хода, кг/(м·с):

$$v_{p1} = 50 \frac{G_c}{n}, \quad (1.3)$$

где n — количество включенных пустот, шт.

Теплоотдача потолка в помещениях вдоль первого хода, Вт:

$$Q_{п1} = nl(t_0 - t_n) \frac{q_3 [q_2 (R_T - 0,86) - q_1 (R_T - 2,58) - 1,72q_1q_2]}{q_2 (R_1 - 2,58) - q_1 (R_T - 0,86) + 1,72q_3}; \quad (1.4)$$

где l — длина эффективно работающей части пустоты, м; t_0 — температура воздуха в начале пустоты, °С; для пустот первого хода принимаем $t_0 = 78^\circ\text{С}$; t_n — температура воздуха помещения; $q_1, \dots, q_3$ — теплопотери вдоль каждого канала;

$$q_1 = (0,6725 + 0,00219t_n) v \rho^{0,486 - v \rho(0,173 + 0,0011t_n)}; \quad (1.5)$$

$$q_2 = (0,7699 + 0,00164t_n) v \rho^{0,486 - v \rho(0,228 + 0,0011t_n)}; \quad (1.6)$$

$$q_3 = 1,0684 v \rho^{0,535 - 0,18v \rho}, \quad (1.7)$$

t_n — расчетная температура наружного воздуха, °С, принимаемая по СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование»; R_T — сопротивление теплопередаче теплоизоляции, равное $R_{0}^{\text{эк}}$.

Сравнивают значения $Q_{п1}$ и Q_1 . Если $Q_{п1}$ более чем на 5% меньше Q_1 , увеличивают число включенных пустот первого хода и повторяют расчет до тех пор, пока разница между $Q_{п1}$ и Q_1 не станет меньше 5%. Если $Q_{п1}$ более чем на 5% превышает Q_1 , число включенных пустот уменьшают.

Теплопотери через чердак в помещениях вдоль первого хода, Вт:

$$Q_{ч1} = nl(t_{\text{нач}} - t_n) \frac{1,72q_4q_5}{q_4 (R_T - 0,86) - q_5 (R_T - 2,58)}, \quad (1.8)$$

где $q_4 = (0,1636 - 0,00049t_n) v \rho^{0,337 - v \rho(0,096 - 0,0025t_n)}; \quad (1.9)$

$$q_5 = (0,0609 - 0,00044t_n) v \rho^{0,337 - v \rho(0,144 - 0,0025t_n)}. \quad (1.10)$$

Температура воздуха на входе в пустоты второго хода, °С:

$$t_{02} = t_{01} - \frac{Q_{п1} + Q_{ч1}}{1000G_c} - 1. \quad (1.11)$$

При правильном расчете $t_{02} \approx 50...55^\circ\text{С}$.

Повторяют расчет пустот второго хода.

Температура воздуха на входе в теплогенератор, °C:

$$t_0 = t_{02} - \frac{Q_{n2} + Q_{ч2}}{1000Q_c} - 2, \quad (1.12)$$

где Q_{n2} — теплоотдача вдоль второго хода; $Q_{ч2}$ — теплоотдача через чердак в помещение вдоль второго хода. При правильном расчете $t_0 \approx 30...40^\circ\text{C}$.

Требуемая теплопроизводительность системы, Вт:

$$Q_c = 1000G_c(t_{01} + 2 - t_0). \quad (1.13)$$

Если теплогенератор расположен в неотапливаемом помещении, Q_c дополнительно увеличивают на 15 %.

1.2. Использование тепла уходящего воздуха

Одним из источников вторичных энергетических ресурсов в зданиях является тепловая энергия воздуха, удаляемого в атмосферу. Расход тепловой энергии на подогрев поступающего воздуха составляет 40...80% теплопотребления, большая ее часть может быть сэкономлена в случае применения так называемых теплообменников-утилизаторов. Наиболее целесообразно использование тепловой энергии удаляемого воздуха с помощью теплоутилизаторов в общественных зданиях.

Существуют различные типы теплообменников-утилизаторов.

Рекуперативные пластинчатые теплообменники выполняются в виде пакета пластин, установленных таким образом, что они образуют два смежных канала, по одному из которых движется удаляемый, а по другому — приточный наружный воздух (рис. 1.3, а). При изготовлении пластинчатых теплообменников такой конструкции с большой производительностью по воздуху возникают значительные технологические трудности, поэтому разработаны конструкции кожухотрубных теплообменников-утилизаторов ТКТ (рис. 1.3, б), представляющих собой пучок труб, расположенных в шахматном порядке и заключенных в кожух. Удаляемый воздух движется в межтрубном пространстве, наружный — внутри трубок. Движение потоков перекрестное. В теплообменниках ТКТ-20 и ТКТ-60 используются тонкостенные стальные трубки, в теплообменниках ТКТ-10с и ТКТ-120с — стеклянные.

С целью предохранения от обледенения теплообменники снабжены дополнительной линией по ходу наружного воздуха, через которую при температуре стенок трубного пучка ниже критической (-20°C) перепускается часть холодного наружного воздуха.

Установки утилизации тепла вытяжного воздуха с промежуточным теплоносителем могут применяться в системах механической приточно-вытяжной вентиляции, а также в системах кондиционирования воздуха. Установка состоит из расположенного в приточном и вытяжном каналах воздухонагревателя, соединенного замкнутым

циркуляционным контуром, заполненным промежуточным теплоносителем. Циркуляция теплоносителя осуществляется посредством насосов. Удаляемый воздух, охлаждаясь в воздухонагревателе вытяжного канала, передает тепло промежуточному теплоносителю, нагревающему приточный воздух. При охлаждении вытяжного воздуха ниже температуры «точки росы» на части теплообменной поверхности воздухонагревателей вытяжного канала происходит конденсация водяного пара, что приводит к возможности образования наледи при отрицательных начальных температурах приточного воздуха.

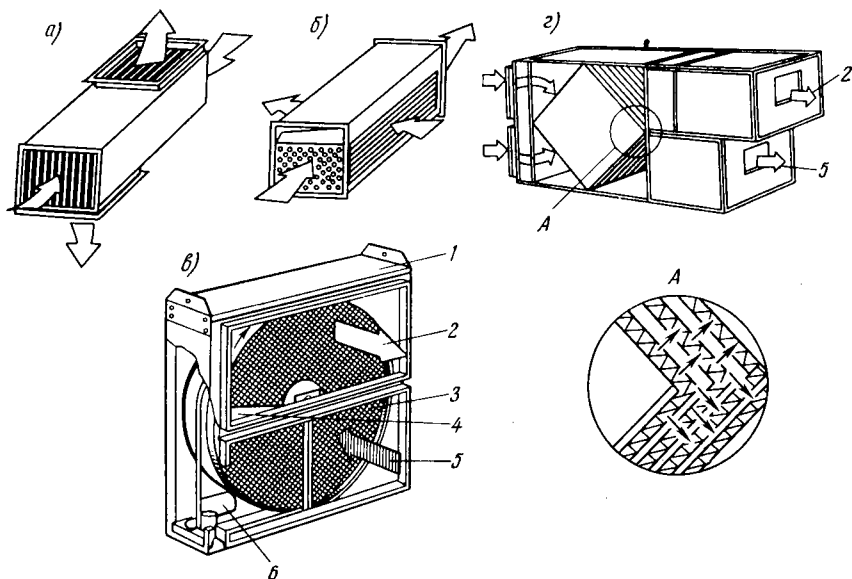


Рис. 1.3. Теплообменники:

а — пластинчатый утилизатор; *б* — утилизатор ТКТ; *в* — вращающийся; *г* — рекуперативный; *1* — корпус; *2* — приточный воздух; *3* — ротор; *4* — сектор продувной; *5* — вытяжной воздух; *6* — привод

Установки утилизации тепла с промежуточным теплоносителем могут работать либо в режиме, допускающем образование наледи на теплообменной поверхности вытяжного воздухонагревателя в течение суток при последующем отключении и оттаивании (приблизительно 1 ч в сутки), либо, если отключение установки недопустимо, при применении одного из следующих мероприятий по защите воздухонагревателя вытяжного канала от образования наледи: предварительного нагрева приточного воздуха до положительной температуры, создания байпаса по теплоносителю или приточному воздуху, увеличения расхода теплоносителя в циркуляционном контуре, подогрева промежуточного теплоносителя.

Выбор типа регенеративного теплообменника производят в зависимости от расчетных параметров удаляемого и приточного воздуха и влаговыведений внутри помещения. Регенеративные теплообменники могут устанавливаться в зданиях различного назначения в системах механической приточно-вытяжной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха, а также в технологических системах производственных предприятий. Установка регенеративного теплообменника в системе вентиляции и кондиционирования воздуха, как правило, должна обеспечивать противоточное движение воздушных потоков.

Систему вентиляции и кондиционирования воздуха с регенеративным теплообменником необходимо оснастить средствами контроля и автоматического регулирования, которые должны обеспечивать режимы работы с периодическим оттаиванием инея или предотвращением инееобразования, а также поддерживать требуемые параметры приточного воздуха. Для предупреждения инееобразования по приточному воздуху устраивают обводной канал; предварительно подогревают приточный воздух; изменяют частоту вращения насадки регенератора.

В системах с положительными начальными температурами приточного воздуха при утилизации тепла нет опасности замерзания конденсата на поверхности теплообменника в вытяжном канале. В системах с отрицательными начальными температурами приточного воздуха необходимо применять схемы утилизации, обеспечивающие защиту от обмерзания поверхности воздухонагревателей в вытяжном канале.

Для группы установок (несколько приточных и вытяжных) или для одиночных установок (одна приточная и одна вытяжная), работающих в одном режиме, предпочтительна схема утилизации с переменным расходом промежуточного теплоносителя.

Параллельная работа двух насосов в холодный период года обеспечивает циркуляцию максимального расхода промежуточного теплоносителя, рассчитанного из условия предотвращения обмерзания воздухонагревателей в вытяжном канале. В случае повышения температуры наружного воздуха выше критической работает один насос. Отключение и включение второго насоса производится по датчику давления в вытяжном канале.

Расчет установки в системах с отрицательными начальными температурами приточного воздуха и переменным расходом теплоносителя. Исходными данными для расчета [13] являются расход вытяжного и приточного воздуха $G_{в}^в$, $G_{в}^п$; начальная температура вытяжного и приточного воздуха $t_{н}^в$, $t_{н}^п$; начальное теплосодержание вытяжного воздуха $I_{н1}$.

Расчет начинается с определения необходимого живого сечения по воздуху воздухонагревателей в вытяжном и приточном каналах, m^2 :

$$f_{\text{в}}^{\text{в}} = \frac{G_{\text{в}}^{\text{в}}}{3600 v \rho} ; \quad f_{\text{в}}^{\text{п}} = \frac{G_{\text{в}}^{\text{п}}}{3600 v \rho} , \quad (1.14)$$

где v и ρ — скорость и плотность.

Максимально допустимое значение скорости в живом сечении воздухонагревателей составляет $8 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$, оптимальное допустимое — $5 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$.

Далее выбирают тип и количество воздухонагревателей, устанавливаемых параллельно по ходу движения воздуха, и определяют их теплообменную поверхность, м^2 :

$$F_1^{\Phi} = F_1 m ; \quad F_2^{\Phi} = F_2 m . \quad (1.15)$$

Для выбранных воздухонагревателей вычисляется фактическая площадь живого сечения по воздуху (f_1^{Φ}, f_2^{Φ}), тогда фактическая скорость для принятых воздухонагревателей $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$:

$$v^{\Phi} \rho_1 = \frac{G_{\text{в}}^{\text{в}}}{3600 f_1^{\Phi}} ; \quad v^{\Phi} \rho_2 = \frac{G_{\text{в}}^{\text{п}}}{3600 f_2^{\Phi}} . \quad (1.16)$$

Фактическая скорость приточного воздуха в случае проектирования приточных установок на базе серийного оборудования (приточные камеры ПК, центральные кондиционеры КТЦ, КДА) определяется без предварительного расчета.

Далее рассчитывается расход промежуточного теплоносителя (жидкости), $\text{кг}/\text{ч}$:

$$G^{\tau} = \frac{W^{\max} G_{\text{в}}^{\max} C_{\text{в}}}{C_{\text{ж}}} . \quad (1.17)$$

Для канала с большим расходом приточного воздуха $G_{\text{в}}^{\max}$ при отрицательных начальных температурах выше или равных -25°C значение отношения водяных эквивалентов $W^{\max} = 2$.

Затем для установки в канале с меньшим расходом воздуха вычисляют отношение водяных эквивалентов:

$$W = \frac{G^{\tau} C_{\text{ж}}}{G^{\text{в}} C_{\text{в}}} , \quad (1.18)$$

где $C_{\text{ж}}$ и $C_{\text{в}}$ — теплоемкость промежуточного теплоносителя и воздуха.

В трубах воздухонагревателей в вытяжном и приточном каналах скорость движения промежуточного теплоносителя ($\text{м}/\text{с}$) вычисляется следующим образом:

$$v_1 = \frac{G^{\tau}}{3600 \rho^{\tau} f_1^{\tau}} ; \quad v_2 = \frac{G^{\tau}}{3600 \rho^{\tau} f_2^{\tau}} , \quad (1.19)$$

где f_1^{τ}, f_2^{τ} — живое сечение теплоносителя установки, определенное с учетом схемы обвязки воздухонагревателей; ρ^{τ} — плотность промежуточного теплоносителя.

Схемы обвязки трубопроводами воздухонагревателей должны обеспечивать противоточное движение воздуха и теплоносителя.

По значениям u_p и $v_{1,2}$ определяются коэффициенты теплопередачи k_1 и k_2 воздухонагревателей каждого канала по графикам [13], также как и общая теплообменная поверхность воздухонагревателей F_0^B и $F_0^П$ каждого канала. Требуемое количество воздухонагревателей (шт.) по ходу движения воздуха

$$P_1 = F_0^B / F_1 \text{ и } P_2 = F_0^П / F_2^Ф. \quad (1.20)$$

При этом принимаются ближайшие целые значения P .

Фактическая общая теплообменная поверхность воздухонагревателей, m^2 :

$$F_{0Ф}^B = P_1 F_1^Ф; \quad F_{0Ф}^П = P_2 F_2^Ф. \quad (1.21)$$

Фактическое значение безразмерных комплексов:

$$F'_{0Ф1} = \frac{K_1 F_{0Ф}^B}{G_B^B C_B}; \quad F'_{0Ф2} = \frac{K_2 F_{0Ф}^П}{G_B^П C_B}, \quad (1.22)$$

где K_1, K_2 — коэффициенты теплопередачи с учетом температурной поправки.

По [13] определяются температурные эффективности воздухонагревателей вытяжного Θ^B и приточного $\Theta_i^П$ каналов, общая температурная эффективность установки по приточному каналу, температура приточного воздуха, нагретого за счет утилизированного тепла, конечная энтальпия, температура промежуточного теплоносителя на входе в воздухонагреватель приточного канала t^n .

Температура промежуточного теплоносителя после воздухонагревателей приточного канала, $^{\circ}C$,

$$t^n = \Theta_i^П - \frac{1}{W_2} (t_n^n - t^n) + t^n, \quad (1.23)$$

где $\Theta_i^П$ — температурная эффективность воздухонагревателей приточного канала.

В случае выполнения условия $t^n > +5^{\circ}C$, в качестве промежуточного теплоносителя может применяться вода.

При расчетной начальной температуре приточного воздуха количество утилизированного тепла, Вт.

$$Q = G_B^П C_B (t_{B2} - t_n^n), \quad (1.24)$$

где C_B — теплоемкость приточного воздуха; t_{B2} — температура приточного воздуха, нагретого за счет утилизированного тепла.

1.3. Здания с вентилируемыми стенами (СУТ)

Современное здание является энергоактивной системой, которая зависит от физической сущности процессов, происходящих во всех ее элементах. В свою очередь эти процессы связаны между собой

внешними климатическими воздействиями. Так как основное охлаждение помещений в зимнее время происходит через щели и неплотности в окнах, повысить теплозащитные качества ограждений можно уменьшением воздухопроницаемости окон за счет применения герметизирующих прокладок. Это, с одной стороны, снижает теплопотери, а с другой — понижает количество свежего воздуха, поступающего в помещение, нарушая требуемую норму.

Новые возможности улучшения воздушного режима помещений открывает способ вентиляции помещений через вентилируемые наружные ограждения (СУТ). Эффект такой вентиляции заключается в том, что наружный холодный воздух, проходя через наружное ограждение, нагревается и выходит в помещение, утилизируя уходящее тепло.

Исследования, проведенные в климатических камерах и на построенных объектах, показали, что можно сэкономить до 30% тепла, теряемого через наружные ограждения, и существенно улучшить воздушный и тепловой режимы помещения.

СУТ бывают с одиарным, двойным и многократным движением воздуха. Условно им присвоено наименование СУТ-1, СУТ-2, ..., СУТ- n , где n — число направлений движения воздуха.

Вентилируемые стены (СУТ-1) состоят из наружного и внутреннего слоев, слоев утеплителя и вентилируемой прослойки. В наружном слое расположены приточные отверстия, во внутреннем, кроме того, расположены также приточные отверстия. Отверстия снабжены регулируемыми клапанами.

Работа СУТ-1 заключается в следующем. За счет разности давлений наружный воздух поступает через горизонтальные дренаруемые стыки, щели или отверстия в нижней части панелей и фильтруется через вентилируемый слой в помещение. Для стабильного проветривания с наружной стороны давление должно быть больше, чем с внутренней. Основной задачей при проектировании зданий с вентилируемыми стеновыми элементами является наличие максимальной поверхности теплосъема.

Особенностью работы СУТ-1 является то, что термическое сопротивление наружного слоя, считая от вентилируемого, целесообразно иметь больше внутреннего. При подогреве поступающего в вентилируемый слой воздуха от внутренней теплоизоляции можно отказаться. Выбор любого варианта конструкции основывается на теплотехническом расчете.

Покрытия, аналогичные вентилируемым стенам, могут также вентилироваться. При соответствующих конструктивных решениях можно обеспечить вентиляцию большей части наружных ограждений, что при выводе вентилируемого воздуха в помещение даст возможность сократить трансмиссионные теплопотери через них.

СУТ-2 состоит из внутренней и наружной воздушной прослойки, разделенных перегородками с высоким коэффициентом теплопередачи. По одной из прослоек движется воздух снаружи, а по дру-

гой — воздух из помещения. Принцип работы заключается в том, что нагретый воздух из помещения поступает в прослойку конструкции, соединенную с атмосферой. В это же время наружный воздух фильтруется в помещение по смежной прослойке, отделенной от первой перегородкой с высоким коэффициентом теплопередачи. При этом тепло уходящего воздуха передается приточному.

СУТ-п отличаются от СУТ-2 большим количеством прослоек и их расположением.

Применение СУТ рекомендуется во всех климатических зонах совместно с системами отопления и вентиляции, обеспечивающими достаточную стабильность их работы (теплые чердаки, вертикальные вентиляционные сборные шахты, механическая вентиляция).

Варианты наружных вентилируемых стен без дополнительного прогрева, обеспечивающих необходимый воздухообмен, рекомендуется использовать при расчетной температуре наружного воздуха -25°C и выше. При более низкой температуре рекомендуется применять для вентиляции наклонные в плоскости ограждения канала и дополнительный прогрев, в частности с помощью регистров отопления. При зимних расчетных температурах наружного воздуха -25°C и ниже для СУТ-1 стояки отопления должны быть расположены в зоне внутренних приточных отверстий. Приточные наружные отверстия СУТ-1 при $t_{\text{н}} = -20^{\circ}\text{C}$ и ниже рекомендуется располагать в зоне приборов отопления.

Для всех климатических зон, за исключением тех, где предусмотрена принудительная приточная вентиляция с подогревом, целесообразно применение вентилируемых оконных клапанов.

Рекомендуется совмещать работу систем отопления в отопительный период для догрева приточного воздуха, а в летнее время в климатических районах со средней температурой июля 21°C и выше использовать избыточное тепло приточного воздуха. Для районов с сухим жарким климатом возможен вариант СУТ-1, являющихся гелиовоздухонагревателями.

Необходимость и возможность применения этих систем оценивается путем анализа климатических характеристик района его рельефа, производственной базы, теплового, экономического и влажностного расчетов конструкций.

Экономия топливно-энергетических ресурсов за счет применения систем СУТ определяется путем сопоставления расходов тепла с обычными ограждениями и с СУТ.

СУТ-1 бывают трехслойные бетонные (рис. 1.4) с ребрами и без них, одно- и двухслойные бетонные (рис. 1.5) с каналами, легкие навесные, цокольные окна (рис. 1.6) * и т. п.

Трехслойные легкобетонные СУТ на гибких связях (см. рис. 1.4) устроены следующим образом. В горизонтальном стыке имеются входные отверстия — зазоры в воздухозащитной прокладке,

* Авторское свидетельство № 1350313 (СССР). БИ, 1987. № 41,

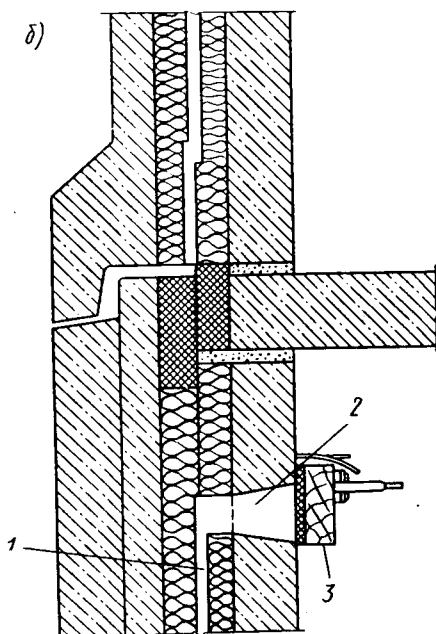
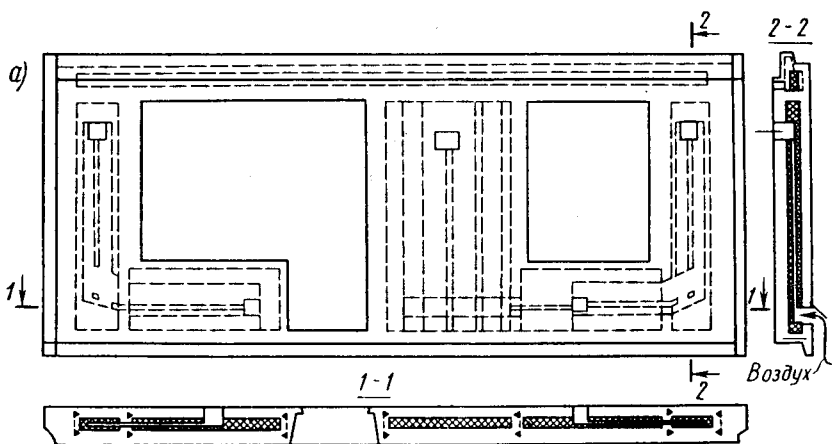


Рис. 1.4. Трехслойная бетонная вентилируемая панель:

а — с ребрами; *б* — на гибких связях; 1 — вентиляционный канал; 2 — воздухо-выводящие отверстия; 3 — клапан

обеспечивающие попадание наружного воздуха в специальные вертикальные вентиляционные каналы, располагаемые в слое теплоизоляции панелей и соединенные с помещением через приточные отверстия во внутреннем слое панели в верхней части стены. Приточные отверстия в стене располагаются на расстоянии 20...30 см от низа плиты перекрытия. Приточное отверстие закрывается регулируемым клапаном. При открытых приточных клапанах нагрузки на отопле-

ние уменьшаются за счет нагревания в каналах поступающего воздуха. Регулировка открытия клапанов производится по усмотрению проживающего. Размеры приточных отверстий определяются расчетом в зависимости от климатических условий района строительства и требуемого воздухообмена помещений.

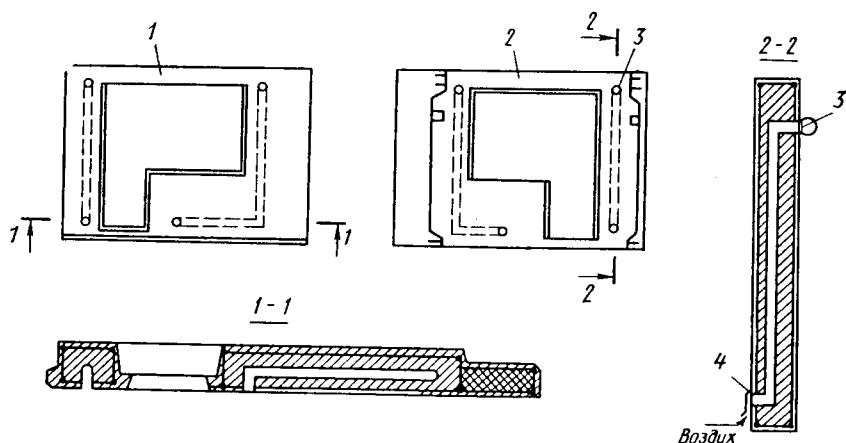


Рис. 1.5. Однослойная (двухслойная) вентилируемая панель:
1 — фасад; 2 — вид с внутренней стороны; 3 — клапан; 4 — козырек

У панели (с окном) трехслойных легковесных СУТ с ребрами и эффективным утеплителем приточные отверстия располагаются под окном в зоне приборов отопления. Каждое отверстие соединяется горизонтальными каналами-прослойками с вытяжными отверстиями (размером 150×200 мм) и вертикальными каналами, расположенными в простенках панели (см. рис. 1.4).

Каналы в утеплителе разделены перегородками шириной 40...45 мм. Соединение горизонтальных и вертикальных каналов осуществлено с помощью проемосоединителей коробчатого сечения. Толщина внутреннего слоя утеплителя для расчетной зоны с $t_n = -25 \dots 33^\circ\text{C}$ 40...55 мм, наружного — 60...65 мм, толщина каналов не менее 20 мм. В нижней части панелей в местах соединения горизонтальных и вертикальных каналов-прослоек в вертикальных перегородках устраиваются проемы, ширину которых рекомендуется увеличивать по ходу движения воздуха.

Одно- и двухслойные легковесные СУТ включают крупнопористый воздухопроницаемый слой из керамзитобетона, заключенный между воздухонепроницаемыми* слоями. Пористый слой сообщается в нижней части (в натуре) с атмосферой через специальные отверстия или щели в стыке и пористый торец или через отверстия

* Воздухопроницаемость настолько мала, что может в расчет не приниматься,

в наружном слое. В верхней части пористый слой сообщается с помещением через отверстия.

Воздухонепроницаемые слои могут выполняться: внутренний из легкого плотного бетона с $\gamma_0 = 1600 \text{ кг/м}^3$ или тяжелого бетона с $\gamma_0 = 2500 \text{ кг/м}^3$, наружный слой из цементно-песчаного раствора, плотного ячеистого бетона и др.

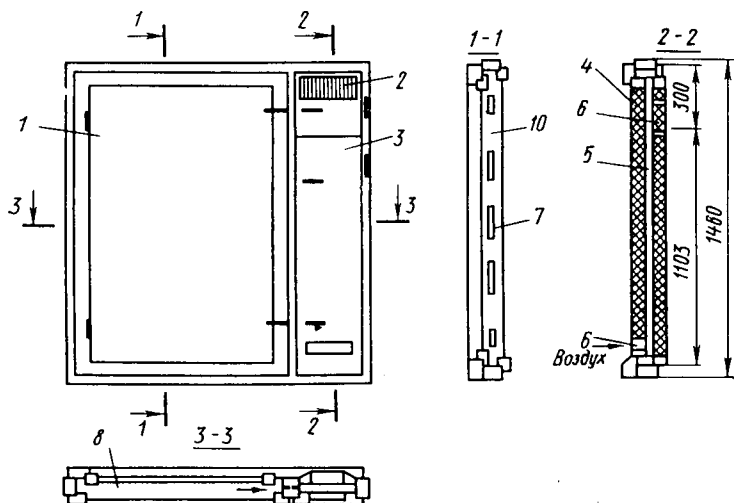


Рис. 1.6. Шумозащитный энергоэкономичный оконный блок:
1 — остекленная створка; 2 — регулируемый клапан; 3, 4 — внутренняя и наружная створки; 5 — воздушный клапан; 6 — входное отверстие; 7 — перфорация; 8 — межстекольное пространство

Легкобетонные СУТ с каналами в толще (одно- и двухслойные) включают слой из легкого бетона и расположенные в нем каналы, образованные трубами, соединенными с атмосферой и помещением с помощью дополнительных патрубков. Каналы могут быть образованы в процессе формования посредством пластмассовых полихлорвиниловых канализационных тонкостенных труб диаметром 50... 100 мм либо тонкостенными металлическими трубами и др. В этих случаях заготовленные трубы фиксируются на пространственном арматурном каркасе и соединяются с закладными деталями для крепления рамок с регулируемыми выходными и нерегулируемыми сеточными с козырьками входными отверстиями.

Каналы однослойных панелей СУТ могут быть образованы: продольными пустообразователями, а поперечные, входные и выходные ответвления — посредством закладных деталей. Продольные пустообразователи вводятся после монтажа арматуры перед бетонированием и экстрагируются немедленно после окончания уплотнения бетонной смеси по технологии и оборудованию принятых для панелей с вентиляционных каналов.

Легкие навесные СУТ с эффективным утеплителем имеют экран, воздушную прослойку между экраном и стеной; а также одну или несколько воздушных прослоек между слоями утеплителя. При расчетной температуре наружного воздуха до 14°C достаточно иметь одну прослойку между экраном и утеплителем. Приточные отверстия выполняются в наружном слое, воздуховыводящие — во внутреннем.

Для нагревания воздуха, переходящего из одной воздушной прослойки в другую, в слое утеплителя выполняется отверстие в зоне отопительных приборов (под окном). Конструкция работает в зимнее время при открытом воздуховыводящем отверстии, в летнее время — при закрытом. Вентиляция в летнее время производится только через наружную прослойку с выходом воздуха в верхней части наружной прослойки.

В качестве утеплителя применяются жесткие минераловатные плиты на синтетическом связующем, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 9573—82, помещенные в пакет из полиэтиленовой пленки во избежание попадания минеральной ваты в воздушную прослойку.

Каркасы панелей разрабатываются из элементов составного сечения, парных вертикальных и расположенных между ними одиночных горизонтальных брусков так, чтобы имелся доступ воздуха в пределах воздушной прослойки между парными вертикальными и горизонтальными брусками и слоями утеплителя.

Горизонтальные элементы наружного каркаса (между экраном и панелью) выполняются из одиночных брусков так, чтобы наружный воздух имел возможность попадать в прослойку; там, где прохождения воздуха не требуется, прикрепляются подкладные бруски. Каркас панелей в многоэтажных зданиях рекомендуется выполнять из металла или асбестоцемента.

Для улучшения теплового и воздушного режимов подполий, теплозащиты полов над подпольями рекомендуются вентилируемые цоколи. При этом приведенная площадь проходов составляет $1/500$ площади этажа, ширина каналов и прослоек 5 см. Для усиления тяги рекомендуется отделять помещение подвала от вентилируемых цокольных панелей экраном, сообщаясь снизу и сверху с помещением подвала и с трубами отопления.

Вентилируемый оконный блок, изображенный на рис. 1.6, отличается тем, что для беспрепятственного прохождения воздуха из межстекольного пространства 8 в вентиляционное устройство приведенная площадь щелей притворов равна приведенной площади соединительного устройства 7 в вертикальном импосте 10. Благодаря этому обеспечивается требуемый воздухообмен помещения.

Теплотехнический расчет СУТ-1. Расчетные схемы изображены на рис. 1.7.

Температура внутренней стенки воздушной прослойки t_1 , изменения по высоте температуры воздуха в прослойке Δt_2 и темпера-

тура наружной стенки воздушной прослойки τ_3 определяются по формулам (1.25), (1.34):

$$\tau_1 = \frac{B_3^2 + 25,5B_1 + \left(200 + 50 \frac{\lambda_B}{\delta_{ш}} - 2B_3\right) \tau_3 + 4B_3\tau_2 + 2\tau_3^2}{2B_3 + 200 + 50 \frac{\lambda_B}{\delta_{ш}} + 2\tau_3}, \quad (1.25)$$

где B_1, B_3 — коэффициенты;

$$B_3 = B_1\delta_{ш}/(2\lambda_B); \quad B_1 = \alpha_B(t_B - \tau_B) + \alpha_H(\tau_H - t_H);$$

$$\tau_3 = B_3 + \tau_1 - 2\sqrt{B_3(\tau_1 - \tau_2)}; \quad (1.26)$$

$$\alpha_B = 1,66\sqrt{t_B - \tau_B} + 3,97 + 0,0245(\tau_B + t_B);$$

$$\alpha_H = 11,6\sqrt{v} + 3,97 + 0,0245(\tau_H + t_H). \quad (1.27)$$

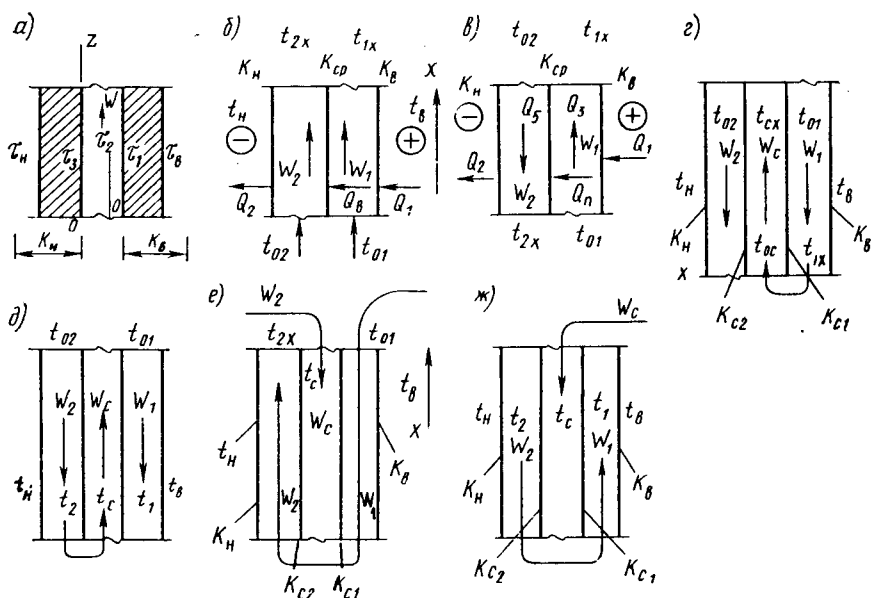


Рис. 1.7. Расчетные схемы СУТ:

а — СУТ-1 с одиначным движением воздуха; б — СУТ-2 с попутным двойным движением воздуха; в — СУТ-2 со встречным двойным движением воздуха; г — ж — СУТ-л с многократным движением

Количество тепла, проходящее за 1 ч через 1 м² внутреннего слоя ограждения,

$$Q_1 = \frac{\tau_H - \tau_1}{R_{тв}}, \quad (1.28)$$

где τ_b — температура внутренней поверхности ограждения;

$$\tau_b = \frac{\tau_1 + t_b \alpha_b R_{\tau b}}{1 + \alpha_b R_{\tau b}}, \quad (1.29)$$

$R_{\tau b}$ — сопротивление теплопередаче внутреннего слоя, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, равное

$$R_{\tau b} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2},$$

где δ_1 и δ_2 — толщины слоев материалов внутреннего слоя, м; λ_1 и λ_2 — коэффициенты теплопроводности этих материалов, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

Количество тепла, проходящее за 1 ч через 1 м^2 наружного слоя ограждения, равно

$$Q_2 = \frac{\tau_3 - \tau_n}{R_{\tau n}}, \quad (1.30)$$

где τ_n — температура наружной поверхности ограждения, $^\circ\text{C}$;

$$\tau_n = \frac{\tau_3 + t_n \alpha_n R_{\tau n}}{1 + \alpha_n R_{\tau n}}; \quad (1.31)$$

$R_{\tau n}$ — сопротивление теплопередаче наружного слоя, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, равное

$$R_{\tau n} = \delta_4/\lambda_4 + \delta_5/\lambda_5; \quad (1.32)$$

δ_4 и δ_5 — толщины слоев материалов наружного слоя, м; λ_4 и λ_5 — коэффициенты теплопроводности этих материалов, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

Количество тепла, отдаваемого 1 м^2 наружной поверхности ограждения за 1 ч,

$$Q_n = \alpha_n (\tau_n - t_n). \quad (1.33)$$

Изменения по высоте температуры воздуха в прослойке

$$\Delta \tau_2 = \frac{H}{WCn} \left(\frac{\alpha_b (t_b - \tau_1)}{1 + \alpha_b (\delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2)} - \frac{\alpha_n (\tau_3 - t_n)}{1 + \alpha_n (\delta_4/\lambda_4 + \delta_5/\lambda_5)} \right). \quad (1.34)$$

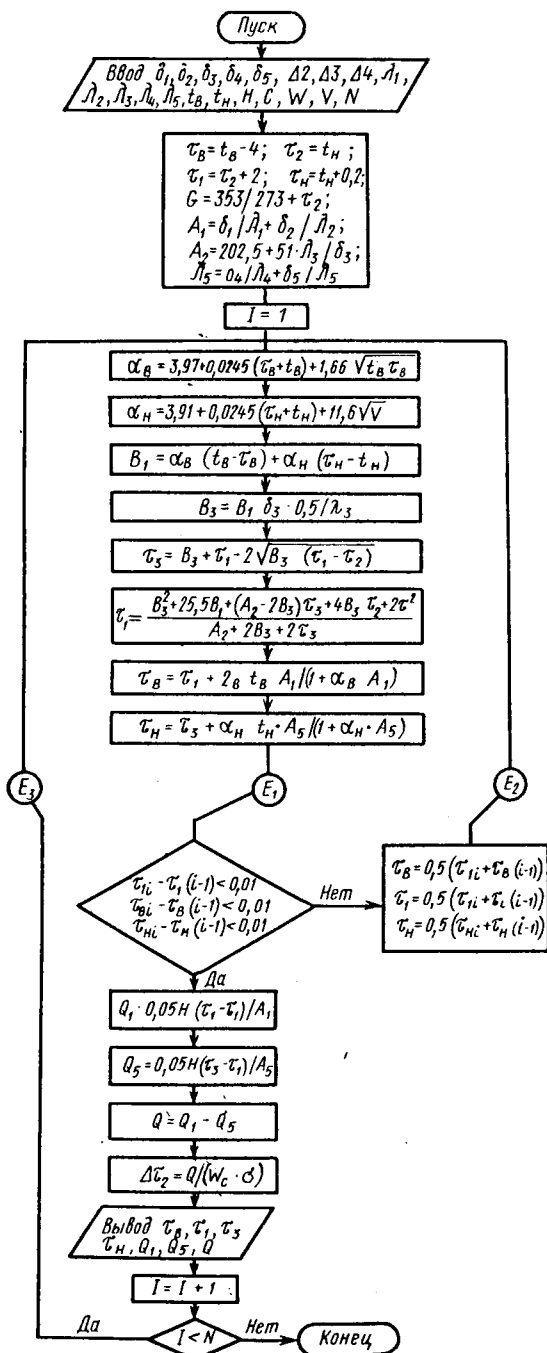
Алгоритм расчета теплопередачи через стеновые панели при фильтрации воздуха представлен на рис. 1.8, где отражены все основные этапы расчета. Команды располагаются в прямоугольниках, инструкции, носящие характер вопроса, — в ромбиках, входные инструкции помещаются в овальных фигурах. Стрелки показывают направление потока логической информации от одного этапа к другому.

Рис. 1.8. Программа расчета вентилируемой стеновой панели СУГ-1

На основе алгоритма составляют вычислительную программу (на языке ФОРТРАН-4).

Задача решается методом итераций. Задаваясь в первом приближении значениями $\tau_B = t_B - 4$, $\tau_H = t_H + 0,2$ и $\tau_1 = \tau_2 + 2$, расчеты проводим до тех пор, пока разность по модулю между двумя ближайшими значениями не будет меньше или равна $0,01^\circ\text{C}$. По известным значениям температур $\tau_B, \tau_1, \dots, \tau_H$ в данном сечении рассчитываем входящий и выходящий потоки и их разность. Далее, зная тепло, идущее на прогрев воздуха на данном участке высотой H , находим температуру прогрева воздуха в прослойке на участке τ_{21} . Температура воздуха в прослойке в сечении $\tau_2 = \tau_2 + \tau_{21}$, а температуры $\tau_B, \tau_1, \tau_3, \tau_H$ в первом приближении задаем равными значениям в предыдущем сечении. Далее цикл повторяется.

Расчет СУГ-2. Тепловой расчет СУГ-2 при однонаправленном (см. рис. 1.7, б) и встречном (см. рис. 1.7, в) движениях воздуха в параллельных каналах производится следующим образом.



Случай на рис. 1.7, б:

$$t_1(x) = A_1 e^{s_1 x} + A_2 e^{s_2 x} + A_3 e^{s_3 x} + T_1; \quad (1.35)$$

$$t_2(x) = B_1 e^{s_1 x} + B_2 e^{s_2 x} + B_3 e^{s_3 x} + T_2; \quad (1.36)$$

$$C_1 = \frac{[(S_2 - d)(t_{02} - T) + c(T_1 - t_{01})](d - c_1)}{c(S_1 - S_2)}; \quad (1.37)$$

$$C_2 = \frac{[(S_1 - d)(t_{02} - T_2) + c(T_1 - t_{01})](S_2 - d)}{c(S_1 - S_2)}; \quad (1.38)$$

$$S_{1,2} = \frac{a+d}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{a+d}{2}\right)^2 - (ad - bc)}. \quad (1.39)$$

Для частного решения исходной системы при $t_1 = T_1$; $t_2 = T_2$

$$T_1 = \frac{bf - cd}{ad - bc}; \quad T_2 = \frac{cl - af}{ad - bc}. \quad (1.40)$$

В формулах (1.37)...(1.40) для однонаправленного движения

$$a = -\frac{k_n + k_{cp}}{W_1 c}; \quad b = \frac{k_{cp}}{W_1 c}; \quad c = \frac{k_{cp}}{W_2 c};$$

$$d = \frac{-k_n + k_{cp}}{W_2 c}; \quad l = \frac{k_n t_n}{W_1 c}; \quad f = \frac{k_n t_n}{W_2 c}.$$

Случай по рис. 1.7, в:

$$c = -\frac{k_{cp}}{W_2 c}; \quad f = -\frac{k_n t_n}{W_2 c}; \quad d = \frac{k_n + k_{cp}}{W_2 c}.$$

Температура определяется по той же формуле, что и для случая 1, а C_1 и C_2 — по формулам:

$$C_1 = \frac{(S_1 - d)[t_{02} - T_2](S_2 - d) + ce^{s_2 h}(T_1 - t_{01})}{c[S_2 e^{s_1 h} - S_1 e^{s_2 h} + d(e^{s_2 h} - e^{s_1 h})]}; \quad (1.41)$$

$$C_2 = \frac{(S_2 - d)[(T_2 - t_{02})(S_1 - d) + ce^{s_1 h}(t_{01} - T_1)]}{c[S_2 e^{s_1 h} - S_1 e^{s_2 h} + d(e^{s_2 h} - e^{s_1 h})]}. \quad (1.42)$$

Расшифровка обозначений представлена в [2; 12].

Расчеты конструкций по схемам рис. 1.7, з—ж. По средней прослойке фильтруется воздух W_c с температурой t_c , по внутренней — воздух W_1 с температурой t_1 . Первоначальная температура воздуха, поступающего в наружную прослойку, — t_{02} , во внутреннюю — t_{01} . Коэффициент теплопередачи внутреннего слоя k_n , наружного k_n , средних слоев разделяющих прослойки k_{c1} и k_{c2} . Воздух имеет постоянную теплоемкость. Температура воздуха в помещении t_n , снаружи t_n .

Уравнения теплового баланса:

$$\begin{cases} W_1 c d t_1 = k_B (t_2 - t_1) (-dx) - k_{c1} (t_1 - t_c) (-dx); \\ W_c c d t_c = k_{c1} (t_1 - t_c) (dx) - k_{c2} (t_c - t_2) (dx); \\ W_2 c d t_2 = k_{c2} (t_c - t_2) (-dx) - k_H (t_2 - t_H) (-dx); \end{cases} \quad (1.43)$$

$$\frac{d t_1}{d x} = \frac{(k_B + k_{c1}) t_1}{W_1 c} - \frac{k_{c1} t_c}{W_1 c} - \frac{k_B t_B}{W_1 c}; \quad (1.44)$$

$$\frac{d t_c}{d x} = \frac{k_{c1} t_1}{W_c c} - \frac{(k_{c1} + k_{c2}) t_c}{W_c c} + \frac{k_{c2} t_2}{W_c c};$$

$$\frac{d t_2}{d x} = -\frac{k_{c2} t_c}{W_2 c} + \frac{(k_{c2} + k_H) t_2}{W_2 c} - \frac{k_H t_H}{W_2 c};$$

$$a_1 = \frac{k_B + k_{c1}}{W_1 c}; \quad b_1 = -\frac{k_{c1}}{W_1 c}; \quad c_1 = 0;$$

$$d_1 = -\frac{k_B t_B}{W_1 c};$$

$$a_2 = \frac{k_{c1}}{W_c c}; \quad b_2 = \frac{-k_{c1} + k_{c2}}{W_c c};$$

$$c_2 = \frac{k_{c2}}{W_c c}; \quad d_2 = 0; \quad (1.45)$$

$$a_3 = 0; \quad b_3 = -\frac{k_{c2}}{W_2 c}; \quad c_3 = \frac{(k_{c2} + k_H)}{W_2 c};$$

$$d_3 = -\frac{k_H t_H}{W_2 c};$$

$$\begin{cases} t'_1 = a_1 t_1 + b_1 t_2 + t_2 + d_1; \\ t'_c = a_2 t_1 + b_2 t_c + c_2 t_2; \\ t'_2 = b_3 t_c + c_3 t_2 + d_3; \end{cases} \quad (1.46)$$

$$P^3 + A_1 P^2 + B_1 P + C_1 = 0; \quad (1.47)$$

$$A_1 = -(a_1 + c_3 + b_2);$$

$$B_1 = a_1 c_3 + a_1 b_2 + b_3 c_3 + b_3 c_2 - a_2 b_1; \quad (1.48)$$

$$C_1 = a_2 b_1 c_3 + a_1 b_3 c_2 - a_1 b_2 c_3;$$

$$f = B_1 - \frac{A_1^2}{3}; \quad (1.49)$$

$$q = \frac{2}{27} + A_1^3 - \frac{A_1 B_1}{3} + c_1.$$

Если $D = (f/3)^3 + (q/2)^2 < 0$, то уравнение (1.47) имеет три решения, в противном случае решения не будет. Если $f < 0$ и $D \leq 0$, вычисляем:

$$R = \operatorname{sig} hq \sqrt{\frac{|f|}{3}};$$

$$\cos f = \frac{q}{2R^3}; \quad f = \arccos \frac{q}{2R^3};$$

$$P_1 = -2R \cos \frac{f}{3} - \frac{A_1}{3};$$

$$P_2 = -2R \cos \left(\frac{f}{3} + \frac{2\pi}{3} \right) - \frac{A_1}{3}; \quad (1.50)$$

$$P_3 = -2R \cos \left(\frac{f}{3} + \frac{4\pi}{3} \right) - \frac{A_1}{3}.$$

Решение однородной системы имеет вид

$$\begin{cases} t_{01} = \alpha_1 e^{P_1 x} + \alpha_2 e^{P_2 x} + \alpha_3 e^{P_3 x}; \\ t_{0c} = \beta_1 e^{P_1 x} + \beta_2 e^{P_2 x} + \beta_3 e^{P_3 x}; \\ t_{02} = \gamma_1 e^{P_1 x} + \gamma_2 e^{P_2 x} + \gamma_3 e^{P_3 x}; \end{cases} \quad (1.51)$$

$$T_1 = \frac{b_1 c_2 d_3 + b_2 d_1 c_3 - b_3 c_2 d_1}{a_1 c_2 b_3 - c_3 (a_1 b_2 - b_1 a_2)};$$

$$T_2 = \frac{a_2 b_3 d_1 + a_1 b_2 d_3 - a_2 b_1 d_3}{a_1 c_2 b_3 - c_3 (a_1 b_2 - b_1 a_2)}; \quad (1.52)$$

$$T_c = \frac{a_1 c_2 d_3 + a_2 c_3 d_1}{(a_1 b_2 - b_1 a_2) c_3 - a_1 c_2 b_3}.$$

Вводя обозначения:

$$k_1 = e^{P_1 h}, \quad k_2 = e^{P_2 h}, \quad k_3 = e^{P_3 h};$$

$$l_1 = \frac{P_1 - a_1}{b_1}; \quad l_2 = \frac{P_2 - a_1}{b_1}; \quad l_3 = \frac{P_3 - a_1}{b_1}; \quad (1.53)$$

$$m_1 = \frac{l_1 b_3}{(P_1 - l_3)}; \quad m_2 = \frac{l_2 b_3}{(P_2 - c_3)}; \quad m_3 = \frac{l_3 b_3}{(P_3 - c_3)},$$

Выразив $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ и $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ через $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, получим систему

$$\begin{cases} k_1 \alpha_1 + k_2 \alpha_2 + k_3 \alpha_3 = t_{01} - T_1; \\ (1 - l_1) \alpha_1 + (1 - l_2) \alpha_2 + (1 - l_3) \alpha_3 = T_c - T_1; \\ m_1 k_1 \alpha_1 + m_2 k_2 \alpha_2 + m_3 k_3 \alpha_3 = t_{02} - T_1; \end{cases} \quad (1.54)$$

$$\Delta = k_1 [(1 - l_2) m_3 k_3 - m_2 k_2 (1 - l_3)] - k_2 [(1 - l_1) m_3 k_3 -$$

$$- m_1 k_1 (1 - l_3)] + k_3 [m_2 k_2 (1 - l_1) - m_1 k_1 (1 - l_2)]; \quad (1.55)$$

$$\Delta\alpha_1 = (t_{01} - T_1) [(1 - l_2) m_3 k_3 - m_2 k_2 (1 - l_3) - K_2 [(T_c - T_2) m_3 k_3 - (t_{02} - T_2) (1 - l_3)] - K_3 [(T_c - T_1) m_2 k_2 - (t_{02} - T_2) (1 - l_2)]; \quad (1.56)$$

$$\begin{aligned} \Delta\alpha_2 = & k_1 [m_3 k_3 (T_c - T_1) - (m_1 - l_3) (t_{02} - T_2)] - \\ & - (t_{01} - T_1) [m_3 k_3 (1 - l_1) - m_1 k_1 (1 - l_3)] + \\ & + k_3 [(1 - l_1) (t_{02} - T_2) - m_1 k_1 (T_c - T_1)]; \end{aligned} \quad (1.57)$$

$$\begin{aligned} \Delta\alpha_3 = & k_1 [(1 - l_2) (t_{02} - T_2) - m_2 k_2 (T_c - T_1)] - \\ & - k_2 [(1 - l_1) (t_{02} - T_2) - m_1 k_1 (T_c - T_1)] + \\ & + (t_{01} - T_1) [m_3 k_2 (1 - l_1) - m_1 k_1 (1 - l_2)]; \end{aligned} \quad (1.58)$$

$$\alpha_1 = \frac{\Delta\alpha_1}{\Delta}; \quad \alpha_2 = \frac{\Delta\alpha_2}{\Delta}; \quad \alpha_3 = \frac{\Delta\alpha_3}{\Delta};$$

$$\beta_1 = \frac{\alpha_1 (P_1 - a_1)}{b_1}; \quad \beta_2 = \frac{\alpha_2 (P_2 - a_1)}{b_1}; \quad \beta_3 = \frac{\alpha_3 (P_3 - a_1)}{b_1}; \quad (1.59)$$

$$\gamma_1 = \frac{b_3 \alpha_1 (P_1 - a_1)}{b_1 (P_1 - c_3)}; \quad \gamma_2 = \frac{b_3 (P_2 - a_1) \alpha_2}{b_1 (P_2 - c_3)}; \quad \gamma_3 = \frac{b_3 (P_3 - a_1) \alpha_3}{(P_3 - c_3) b_1};$$

имеем

$$\begin{aligned} t_1(x) &= \alpha_1 e^{P_1 x} + \alpha_2 e^{P_2 x} + \alpha_3 e^{P_3 x} + T_1; \\ t_c(x) &= \beta_1 e^{P_1 x} + \beta_2 e^{P_2 x} + \beta_3 e^{P_3 x} + T_c; \\ t_2(x) &= \gamma_1 e^{P_1 x} + \gamma_2 e^{P_2 x} + \gamma_3 e^{P_3 x} + T_2. \end{aligned} \quad (1.60)$$

В виде (1.60) получают также случаи по рис. 1.7, *д*, *е*, *ж*.

Случай по рис. 1.7, *д*.

Уравнение баланса то же, что и в случае *з*, как и коэффициенты $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, c_1, c_2, c_3, d_1, d_2, d_3$, и величины $P_1, P_2, P_3, T_1, T_c, T_2$. $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ находятся из уравнений, соответствующих граничным условиям $t_2(x=h) = t_{02}, t_1(x=h) = t_{01}, t_c(x=0) = t_2(x=0)$. Система будет иметь вид

$$\begin{aligned} t_{01} &= \alpha_1 e^{P_1 h} + \alpha_2 e^{P_2 h} + \alpha_3 e^{P_3 h} + T_1; \\ \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + T_c &= \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + T_2; \\ t_{02} &= \gamma_1 e^{P_1 h} + \gamma_2 e^{P_2 h} + \gamma_3 e^{P_3 h} + T_2. \end{aligned} \quad (1.61)$$

Случай по рис. 1.7, *е*.

Основное отличие от приведенных выше вариантов в обозначениях коэффициентов:

$$a_1 = \frac{k_b + k_{c1}}{W_1 c}; \quad b_1 = -\frac{k_c}{W_1 c}; \quad c_1 = 0; \quad d_1 = -\frac{k_b t_b}{W_1 c};$$

$$a_2 = -\frac{k_{c1}}{W_{2c}}; \quad b_2 = \frac{k_{c1} + k_{c2}}{W_{c2}}; \quad c_2 = -\frac{k_{c2}}{W_{c2}};$$

$$d_2 = 0;$$

$$a_3 = 0; \quad b_3 = \frac{k_{c2}}{W_{2c}}; \quad c_3 = -\frac{k_{c2} + k_n}{W_{2c}}; \quad d_3 = \frac{k_n t_n}{W_{2c}}.$$
(1.61)

Величины a_1, a_2, a_3 находятся из уравнений, соответствующих граничным условиям: $t_1(x=h) = t_{01}$, $t_c(x=h) = t_{0c}$, $t_1(x=0) = t_2(x=0)$.

Случай по рис. 1.7, ж.

Уравнения баланса как в случае рис. 1.7, в. Коэффициенты $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3, d_1, d_2, d_3$ вычисляются по формулам:

$$a_1 = -\frac{k_b + k_n}{W_{1c}}, \quad b_1 = \frac{k_{c1}}{W_{1c}}; \quad c = 0, \quad d_1 = \frac{k_n}{W_{1c}},$$

$$a_2 = -\frac{k_{c1}}{W_{c2}}, \quad b_2 = \frac{k_{c2} + k_{c2}}{W_{c2}}; \quad c_2 = -\frac{k_{c2}}{W_{c2}}; \quad d_2 = 0,$$

$$a_3 = 0, \quad b_3 = -\frac{k_{c2}}{W_{2c}}, \quad c_3 = \frac{k_{c2} + k_n}{W_{2c}}; \quad d_3 = -\frac{k_n t_n}{W_{2c}}.$$
(1.62)

Величины $P_1, P_2, P_3, T_1, T_2, T_3$ определяются как и в случае рис. 1.7, г. Величины d_1, d_2, d_3 находятся из уравнений баланса, соответствующих граничным условиям:

$$t_1(x=0) = t_2(x=0); \quad t_c(x=h) = t_{0c}; \quad t_2(x=h) = t_{02};$$

$$\begin{cases} a_1 + a_2 + a_3 + T_1 = \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + T_2; \\ t_{0c} = \beta_1 e^{P_1 h} + \beta_2 e^{P_2 h} + \beta_3 e^{P_3 h} + T_c; \\ t_{02} = \gamma_1 e^{P_1 h} + \gamma_2 e^{P_2 h} + \gamma_3 e^{P_3 h} + T_2. \end{cases}$$
(1.63)

Перепишем (1.63), вводя коэффициенты, определенные как в случае рис. 1.7, г:

$$\begin{cases} (1 - m_1) a_1 + (1 - m_2) a_2 + (1 - m_3) a_3 = T_2 - T_1; \\ e_1 k_1 a_1 + e_2 k_2 a_2 + e_3 k_3 a_3 = t_{0c} - T_c; \\ m_1 k_1 a_1 + m_2 k_2 a_2 + m_3 k_3 a_3 = t_{02} - T_2. \end{cases}$$
(1.64)

Решаем систему уравнений:

$$\Delta = (1 - m_1) [l_2 k_2 m_3 k_3 - m_2 k_2 l_2 k_3] - (1 - m_2) [l_2 k_1 m_3 - m_1 k_1 l_3 k_3] +$$

$$+ (1 - m_3) [l_1 k_1 m_2 k_2 - m_1 k_1 l_2 k_2];$$
(1.65)

$$\Delta a_1 = (T_2 - T_1) [l_2 k_2 m_3 k_3 - m_2 k_2 l_2 k_3] - (1 - m_2) [m_3 k_3 (t_{0c} - T_c) -$$

$$- l_3 k_3 (t_{02} - T_2)] + (1 - m_3) [m_2 k_2 (t_{0c} - T_c) - l_2 k_2 (t_{02} - T_2)];$$
(1.66)

$$\Delta a_2 = (1 - m_1) [(t_{0c} - T_c) m_3 k_3 - l_3 k_3 (t_{02} - T_2)] - (T_2 - T_1) [l_1 k_1 m_3 k_3 -$$

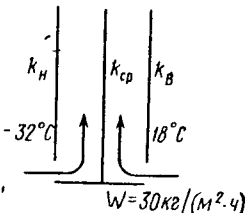
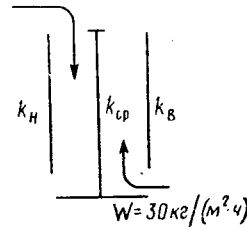
$$- m_1 k_1 l_3 k_3] + (1 - m_3) [l_1 k_1 (t_{02} - T_2) - m_1 k_1 (t_{0c} - T_c)];$$
(1.67)

$$\begin{aligned} \Delta\alpha_3 = & (1 - m_1)[l_2 k_2(t_{02} - T_2) - m_2 k_2(t_{0c} - T_c)] - \\ & - (1 - m_2)[l_1 k_1(t_{02} - T_2) - m_1 k_1(t_{0c} - T_c)] + \\ & + (T_2 - T_1)[l_1 k_1 m_2 k_2 - m_1 k_1 l_2 k_2]; \end{aligned} \quad (1.68)$$

$$\alpha_1 = \frac{\Delta\alpha_1}{\Delta}; \quad d_2 = \frac{\Delta\alpha_2}{\Delta}; \quad d_3 = \frac{\Delta\alpha_3}{\Delta}. \quad (1.69)$$

Вычисляя величины $B_1, B_2, B_3, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$, как в случае рис. 1.7, з, имеем систему уравнений (1.60).

Таблица 1.1

№ п/п	k_H	k_{cp}	k_B	Температура воздуха на расстоянии h , м		Расстояние от входа воздуха h , м	Схема движения воздуха
1	0,89	10,4	6,1	-0,67	4,87	2	
2	1	1	1	-22,4	8,4	2	
3	0,5	1	1	-22	8,26	2	
4	0,5	1	1	-6,34	-4,42	2	
5	0,5	1	10	-21	13,7	2	
6	1	1	1	-17,4	18	0	
7	1	1	1	-23,5	9,5	2	
8	1	1	1	-27,4	6,2	3	
9	1	1	1	-32	3,1	4	

На основе разработанной методики делаются расчеты самых различных типов конструкций с многократным движением воздуха.

По вышеприведенным формулам определены изменения температур в воздушных прослойках при параллельном и встречном движениях воздуха по параллельным внутренней и наружной прослойкам на различном удалении от входа (табл. 1.1).

Как видно из табл. 1.1, при равных значениях коэффициентов теплопередачи (п. 2) и расхода воздуха на расстоянии от входа 2 м при параллельном движении воздуха в наружной прослойке он нагревается на 9,6°C, а во внутренней охлаждается на 9,6°C.

При встречном движении (п. 7) при таких условиях в наружной прослойке воздух нагревается на $8,5$, а охлаждается на $8,5^{\circ}\text{C}$, т. е. при параллельном движении эффект использования тепла больше на 15% .

1.4. Нетрадиционные средства экономии тепла в системах инженерного оборудования *

В настоящее время большое внимание уделяется проблеме использования нетрадиционных видов энергии, в связи с истощением запасов природного топлива. Однако учитывая высокую стоимость утилизаторов тепла, к основным их преимуществам следует отнести неистощимость энергии.

К наиболее перспективным нетрадиционным источникам энергии можно отнести: утилизацию солнечной энергии в коллекторах; микрохимическое преобразование солнечной энергии; использование геотермальных вод, низкопотенциального тепла верхних слоев земли, грунтовых вод, в том числе с помощью теплообменников, расположенных в грунте; использование ветровой энергии, биоэнергетических ресурсов, утилизацию тепла сточных вод **.

Использование тепла грунта и грунтовых вод. Перспективны, мы считаются системы, основанные на использовании глубинной теплоты Земли. В грунте солнечное тепло накапливается почти круглый год. Так как наивысшая температура грунта наблюдается осенью, в начале отопительного периода грунт имеет запас тепловой энергии, которую можно использовать в системе геотермального теплоснабжения. Для извлечения тепла из грунта и использования его в качестве теплового источника теплообменники выполняют из системы труб в виде горизонтально уложенных в грунт змеевиков, по которым пропускается теплоноситель (чаще всего вода или антифриз). Материалом труб служит коррозийстойкий полиэтилен или нержавеющая сталь.

Для расчета грунтовых теплообменников следует использовать ЭВМ. Применение расчетных моделей для определения количества энергии, извлекаемого из грунта, дает значительный разброс результатов в интервале от 6 до 45 Вт/м^2 поверхности земли. Более низкие значения надежнее; после кратковременного периода охлаждения примыкающего грунта теплообменник может только воспринимать теплоту, поступающую сверху или снизу.

Для расчета теплообменников рекомендуется исходить из заданного удельного теплоступления и проверять, какое падение температуры возникает между теплоносителем и наружной поверхностью труб в теплообменнике данной конструкции. Также проверяют установившиеся потери давления.

* Использованы материалы [16].

** Вопросы утилизации тепла вентиляционных выбросов и тепла, теряемого через наружные ограждения, рассмотрены выше.

Благоприятными являются следующие параметры: диаметр труб 20 ... 25 см, расстояние между трубами 0,5 ... 1,8 м (в среднем 1 м), глубина заложения 0,5 ... 3 м в зависимости от свойств грунта, удельное тепlopоступление 6 ... 45 Вт/м² поверхности грунта (в среднем 10 Вт/м²), длина труб каждой ветви 100 м, температура теплоносителя 0 ... 5°C при $t_n = 5^\circ\text{C}$.

Использование термальной энергии Земли может обеспечить в 2000 г. экономию в мире 1000...5000 млрд. кВт·ч, а солнечной энергии — 2000...5000 млрд. кВт·ч.

В мире известны три типа месторождений глубинного тепла Земли: 1) месторождения пара и самоизливающейся пароводяной смеси; 2) месторождения самоизливающейся горячей воды; 3) месторождения теплоты, имеющей повышенный температурный градиент, и теплота горных сухих пород. В настоящее время наиболее реальными для практического применения являются первые и вторые.

В общем виде система геотермального теплоснабжения включает в себя проложенный в грунте на глубине 1,2 м пластмассовый трубопровод, в котором циркулирует теплоноситель. Нагревшийся в грунте теплоноситель поступает в испаритель теплового насоса, через который циркулирует хладагент (фреон 22). При поступлении паров фреона после компрессора в конденсатор их давление и температура повышаются. Вследствие повышенного давления в конденсаторе пары фреона конденсируются, тепло отдается циркулирующему через конденсатор теплоносителю систем отопления и горячего водоснабжения.

Глубина и шаг размещения труб рекомендуются соответственно 1,5 и 2 м. Производительность теплового насоса при размещении труб на меньшей глубине снижается.

Специфика термальных вод как теплоносителя требует применения специальных конструкций отопительных систем. Наиболее эффективны панельно-лучистые конструкции. Известна система напольно-потолочного отопления, работающая на низкотемпературной геотермальной воде, где равномерность прогрева перекрытий достигается встречными потоками термальной воды.

Для предотвращения солеобразования в трубопроводах, транспортирующих термальную воду, опробовано применение ультразвука. При достижении определенной интенсивности ультразвукового поля происходит разрушение и предотвращение твердых отложений.

Геотермальное теплоснабжение наиболее эффективно в новом строительстве, однако это не исключает возможность обеспечения геотермальной энергией существующих зданий и сооружений. Сложность заключается в высокой минерализации, агрессивности, ввиду сравнительно низкого температурного потенциала и необходимости сброса воды после охлаждения.

При максимальном отборе теплоты от геотермальных вод может быть достигнут наибольший экономический эффект. Это возможно при глубоком тепловом срабатывании. Целесообразно применение тепловых насосов (ТН), повышающих температуру низкопотенциальной теплоты до необходимого уровня (см. ниже). Если здание расположено на берегу моря или озера, то они также могут служить источниками низкопотенциального тепла для испарителей теплонасосных систем отопления. По сравнению с другими источниками тепла водоемы обладают таким преимуществом, как большая теплоемкость.

Здания с гелиосистемами. Подробно конструктивные решения и устройство зданий с гелиосистемами представлены ниже в разделе 2. В данном разделе даются методы теплового расчета таких систем.

В течение времени τ , когда солнечный коллектор работает, наиболее интенсивно теплопотери дома $Q_{\text{п}}$ компенсируются частью поглощенной солнечной энергии.

Часть поглощенного тепла $Q_{\text{п}}$ расходуется на нагрев поверхности, другая часть отдается в наружный воздух:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{нп}} + Q_{\text{тв}}, \quad (1.70)$$

где $Q_{\text{нп}}$ — полезное тепло, идущее на нагрев поверхности; $Q_{\text{тв}}$ — теплопотери за счет теплообмена с наружным воздухом, Вт;

$$Q_{\text{нп}} = \Delta t c \gamma_0 V, \quad Q_{\text{тв}} = \alpha_n \Delta t \tau F, \quad (1.71), (1.72)$$

Δt — тепловая добавка; $c \gamma_0$ — объемная теплоемкость материала, Дж/(м³·°C); V — объем нагреваемой конструкции, кг/м³; τ — время нагрева, с; F — площадь нагреваемой конструкции;

$$\Delta t = q_{\text{радр}} \tau F / (\alpha_n \tau F + V c \gamma_0), \quad (1.73)$$

ρ — коэффициент поглощения солнечной радиации.

Увеличения тепловой добавки можно добиться путем снижения коэффициента теплоотдачи наружной поверхности. Часть поглощенного тепла $Q_{\text{п}}$, за исключением теплопотерь дома $Q_{\text{тв}}$, снимается с коллектора и подается в тепловой аккумулятор:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{тв}} - Q_{\text{та}}. \quad (1.74)$$

Масса M и объем теплового аккумулятора $V_{\text{та}}$ определяются по формулам:

$$M = (Q_{\text{тв}} - Q_{\text{та}}) / Z, \quad (1.75)$$

$$V_{\text{та}} = (Q_{\text{тв}} - Q_{\text{та}}) / Z \gamma_0, \quad (1.76)$$

где γ_0 — плотность теплоаккумулирующего вещества, кг/м³.

Теплонасосные системы (ТН). Теплонасосные системы отопления используют в качестве источников низкопотенциального

тепла. Они представляют собой теплопреобразующее устройство, работающее по обратному термодинамическому циклу. В теплообменнике — испарителе насоса отбирается рассеянная теплота окружающей среды, теплота рек, морей и других источников и передается низкокипящему телу. Образующиеся в испарителе пары фреона сжимаются в компрессоре, где одновременно повышаются их давление и температура. Затем теплота сжатых паров передается при конденсации тепловому потребителю, а конденсат вновь поступает в испаритель.

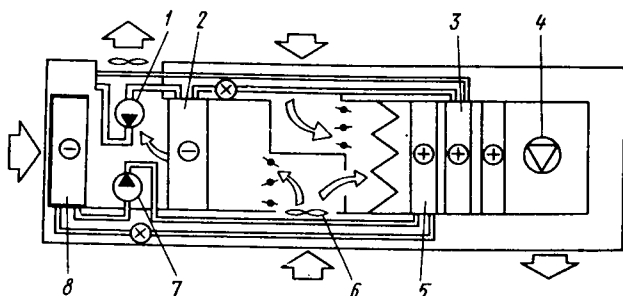


Рис. 1.9. Схема водоводяной установки, работающей на подземной воде:

1 — основной тепловой насос (ТН); 2 — теплорекуператор основного ТН; 3 — теплоотдающий элемент основного ТН; 4 — вентилятор приточной вентиляции; 5 — теплоотдающий элемент добавочного ТН; 6 — вентилятор вытяжной вентиляции; 7 — добавочный ТН; 8 — теплорекуператор добавочного ТН

Действие ТН в принципе ничем не отличается от работы обычного компрессионного холодильника. Различие состоит в назначении и рабочем диапазоне температур (рабочая температура в холодильнике ниже температуры окружающей среды, ТН — выше).

Значения отопительного коэффициента — отношения полезно используемой теплоты к затраченной энергии — в среднем составляют 3 ... 5, а в ряде случаев и значительно больше. Таким образом, по сравнению с электрообогревом использование ТН приводит к 3 ... 5-кратной экономии топлива.

Тепловые насосы, являясь потребителями электроэнергии, позволяют улучшить эксплуатационные характеристики энергосистем за счет выравнивания графика нагрузок. Теплонасосные станции, имеющие тепловые аккумуляторы, могут подключаться к системе при минимальных нагрузках и отключаться в часы пик. ТН могут с высокой эффективностью использовать энергию солнца и геотермальных источников, низкопотенциальную теплоту атмосферных и водных выбросов, промышленных и коммунальных установок. В действующих системах теплоснабжения при нали-

ции источника низкопотенциальной воды температурой выше 10°C ТН обеспечивают экономию топлива более чем на 20%.

За рубежом значительное развитие получили тепловые насосы на подземной воде. Насос включает компрессор — центробежный герметичный двухступенчатый с колесами, насаженными на оба конца вала электродвигателя. Регулируется компрессор входным лопаточным аппаратом. Две установки обеспечивают круглогодичное кондиционирование воздуха в четырех крупных зданиях общей площадью помещений 30 тыс. м². Среднее число часов работы в году — 4 тыс., средний коэффициент преобразования — 4 и более.

Имеются ТН, где в качестве источников низкопотенциальной теплоты в основном используют удаляемый воздух, а также геотермальные воды (Франция, Финляндия, Швеция) (рис. 1.9).

Тепловой насос включает в себя герметичный компрессор с частотой вращения 2900 мин⁻¹, потребляемая мощность 3,5 кВт.

Теплопроизводительность теплового насоса

$$Q_{\text{тн}} = c_v V_1 \gamma_v \Delta t, \quad (1.77)$$

где c_v — удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°C); γ_v — плотность воздуха, кг/м³; V_1 — объем воздуха, м³/ч; Δt — разность температур на входе в конденсатор и на выходе из него, °C.

Тепло, извлекаемое из грунта теплообменника, определяется по формуле

$$Q = c_{\text{ж}} W_{\text{ж}} \gamma_{\text{ж}} \Delta t_{\text{ж}}, \quad (1.78)$$

где $c_{\text{ж}}$ — удельная теплоемкость воды; $W_{\text{ж}}$ — расход теплоносителя, м³/ч; $\gamma_{\text{ж}}$ — плотность теплоносителя; $\Delta t_{\text{ж}}$ — разность температур на входе и выходе из теплообменника.

Нетрадиционные системы управления отоплением и вентиляцией. В связи с необходимостью всемерной экономии топливно-энергетических ресурсов все большее внимание уделяется выявлению возможностей автоматического управления системами отопления и вентиляции, в частности с помощью ЭВМ. Первый опыт в этой области в СССР осуществлен на Московском автозаводе им. Ленинского комсомола. Получен ощутимый экономический эффект. Расчеты показывают, что подобные системы также эффективны в случае их применения на комплексных городских застройках типа микрорайона.

В системах отопления жилых зданий до последнего времени действовали локальные системы управления с автоматическим регулированием, выполняющие следующие функции*: контроль параметров; стабилизацию параметров теплового режима на заданном уровне; управление пуском и остановкой оборудования систем; защиту оборудования от аварий.

* Далее в соответствии с материалами и рекомендациями кафедры инженерного оборудования МАРХИ (зав. кафедрой проф. Табунщиков Ю. А.).

Комплексы с применением измерительно-вычислительных систем для управления отопительно-вентиляционными установками позволяют исключить перерасход энергии. Они работают на основе математической модели, воспроизводящей нестационарный тепловой режим здания с учетом реальных метеорологических условий, технологического режима эксплуатации и т. п. Система управления тепловым режимом здания состоит из трех групп.

К первой группе относятся нерегулируемые и редко изменяемые параметры. В нее входит измерительно-опознавательная часть системы, осуществляющая чтение аналоговых величин (температура, скорость ветра, интенсивность солнечной радиации), сигнализаторов предельных величин и индикаторов положений исполнительных органов. К редко изменяемым параметрам относятся изменяемые со временем характеристики оборудования. Данные для этой части вводятся с пульта управления оператора.

Ко второй группе относится центральная часть системы, предназначенная для сбора и обработки данных измерений и подачи команд на исполнительные механизмы регулирования. Они включают в себя коммутатор входных сигналов, линию связи, миниЭВМ, пульт управления и коммутатор выходных сигналов. Последний осуществляет прием данных от измерительно-опознавательной части, выбор информации и передачу ее в ЭВМ. Линия связи осуществляет посылку первичных данных и выработанных команд управления к различным элементам системы. Функционирование всей системы и оптимальное регулирование осуществляет миниЭВМ с набором специально созданных программ.

К третьей группе относятся регулируемые параметры системы, которые изменяются в ходе управления системой отопления и вентиляции. В эту группу входит исполнительная часть системы, осуществляющая через устройства связи с объектом (УСО) управление механизмами отопления и вентиляции. Они выполняют преобразование цифрового сигнала из ЭВМ в аналоговый в виде изменяемого напряжения или тока, а также контактный (цифровой) сигнал необходимой мощности и длительности.

В различных частях здания установлены датчики измерений, а также индикаторы предельных значений параметров внутреннего микроклимата и положений исполнительных механизмов, которые соединены с подстанцией. К ней же подключены кабели от управляющих органов исполнительных механизмов регулирования электроприводов для заслонок, вентиля и насосов. На подстанции имеются специальные устройства приведения сигналов к стандартному (нормализованному) виду и первичная коммутация. Число подстанций определяется по количеству объектов измерения. Система рассчитана на определенное количество измерительных, аналоговых и контактных выходов. Подстанции

многоканальной линией связи подключены к концентратору, установленному в диспетчерской. Концентратор содержит устройства измерений, преобразования аналог — цифра и наоборот, подключения через коммутатор к измеряемой и управляемой точке.

В связи с медленным изменением тепловых процессов в здании в системе управления выбирается синхронный принцип связи ЭВМ с объектом в реальном масштабе времени. Процесс управления разбивается на циклы. ЭВМ постоянно находится в режиме ожидания. Сигнал начала цикла поступает от электронных часов управляющей ЭВМ на устройство прерывания. В начале каждого цикла происходит опрос датчиков измерений. Информация идет через подстанцию, конденсатор и преобразователь, и поступает в цифровой форме в запоминающее устройство ЭВМ. Считается, что измерительная информация вводится в ЭВМ как бы одновременно. В ЭВМ полученная информация обрабатывается специальными программами, моделирующими тепловой режим здания и оптимизирующими требуемое поступление тепла от системы отопления и вентиляции для поддержания этого режима. В случае необходимости изменения режима, установленного в предыдущем цикле, вырабатываются необходимые сигналы, которые через концентратор, подстанции и преобразователи поступают на управляющие органы исполнительных механизмов регулирования. Персонал может в любой момент получить на экране пульта управления данные по любой точке объекта и работе системы в целом. Можно анализировать работу отопительно-вентиляционной системы, эффективность использования оборудования, теплотребление и экономию энергии. Также могут быть представлены данные за какой-либо отрезок времени как по группам избранных точек, так и по всем точкам.

Закладываются принципы стадийного ввода системы в эксплуатацию и сохранения работоспособности при выходе из строя отдельных участков. Используются две идентичные ЭВМ. На первом этапе система работает по разомкнутой схеме управления, когда реализованы только первые две части, и в режиме «советчика». В этом режиме на ЭВМ обрабатывается вся измерительная информация, поступающая с управляемого объекта. По специальным программам осуществляется оптимизация и выдаются рекомендации, какие управляющие воздействия на механизмы отопления и вентиляции надо выполнить для достижения заданного режима. Обслуживающий персонал, следуя этим рекомендациям, выполняет те или иные действия.

Следует обратить особое внимание на решение следующих вопросов: выбор ЭВМ и математического обеспечения; выбор устройств связи с объектом управления; разработку программного обеспечения системы; установление особенностей отопления и вентиляции объекта и привязку системы к этим существующим устройствам.

Управление отоплением и вентиляцией более крупного объекта нельзя возлагать на центральную ЭВМ вычислительного центра, так как существует необходимость работы системы в реальном масштабе времени и режиме непрерывного управления. При этом вычислительный комплекс должен содержать управляющую ЭВМ, работающую в реальном времени и имеющую разветвленную систему устройств ввода — вывода для связи с управляемым объектом.

Вычислительный комплекс должен быть полноценным в отношении программного обеспечения, т. е. содержать операционную систему с возможностью работать в режиме реального времени выполнения задач при сохранении диалогового режима пользования, наличия полноценных трансляторов с языков высокого уровня (ФОРТРАН), библиотеки основных программ и библиотеки программ для работы в реальном масштабе времени, включающей программу ввода — вывода и обработки аналоговой и дискретной информации, возможности редактирования.

Для проектирования рекомендуются два следующих варианта.

В а р и а н т 1. Две пофасадные системы воздушного отопления жилого дома проектируются совмещенными с приточной механической вентиляцией квартир (рис. 1.10, а). При этом приточная камера размещается в подвале здания и состоит из двух индивидуальных приточных установок, калориферы которых самостоятельно подключены к системе теплоснабжения объекта.

В а р и а н т 2. Две пофасадные системы водяного отопления жилого дома с однетрубными (с замыкающими участками), тупиковыми с верхней разводкой по тепловому чердаку, с прокладкой обратной магистрали по подвалу. Нагревательными приборами систем являются конвекторы с кожухом типа «универсал» — в жилых помещениях и радиаторы — в лестничных клетках. Каждая из этих пофасадных водяных систем в тепловом узле жилого дома имеет самостоятельные подключения к теплотрассе посредством подпиточных насосов, установленных на перемычках. Для регулирования расхода теплоты водяного отопления данного здания применена схема зонного пофасадного автоматического регулирования (рис. 1.10, б).

Подача приточного воздуха организуется в жилые комнаты и в атриум (рис. 1.11). Кухни, санузлы и ванные комнаты оборудуются вытяжной системой вентиляции, работающей, естественно, за счет избыточного количества приточного воздуха квартир. Воздух, подаваемый в угловые комнаты, должен догреваться непосредственно в магистральном канале, с помощью калориферов-доводчиков, подключенных к одной тепловой сети вместе с калориферами приточных установок. Количество удаляемого воздуха определяется согласно требований СНиП «Жилые здания». Количество приточного воздуха должно составлять на 10 ... 20% больше значения вытяжного.

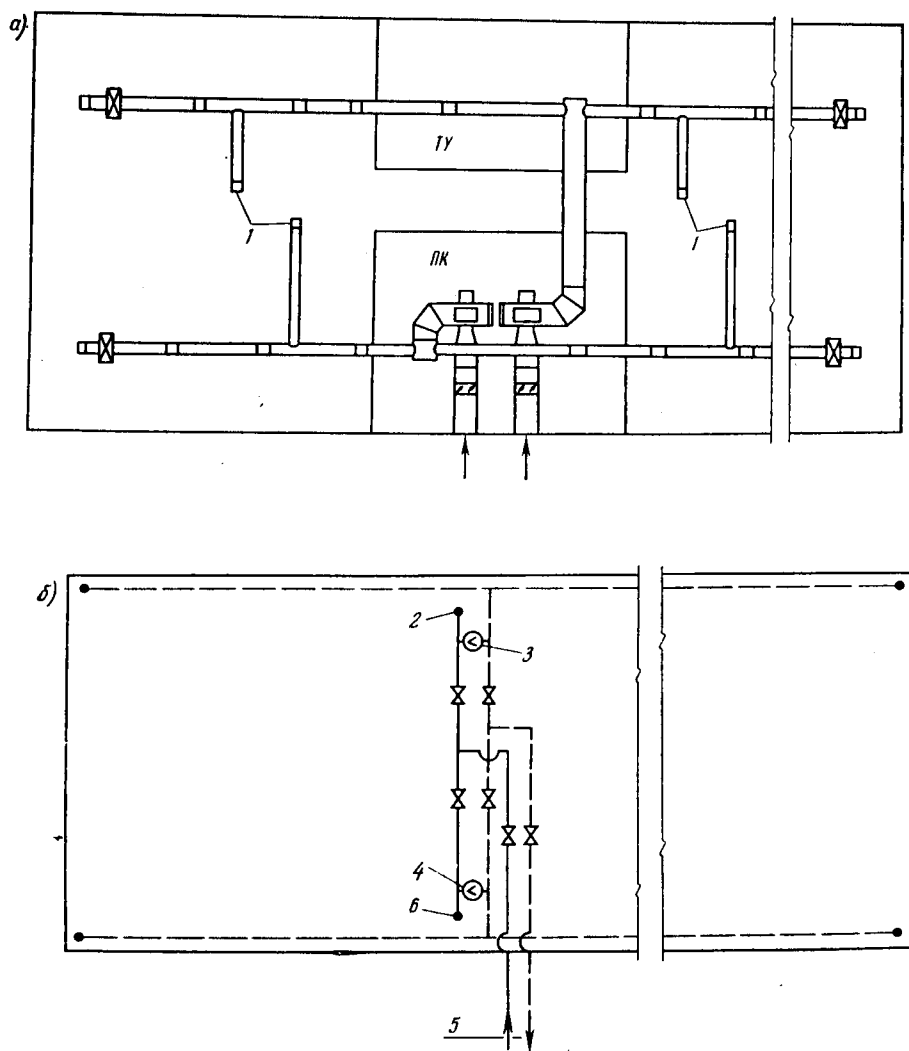


Рис. 1.10. План подвала:

а — обратная магистраль водяной системы отопления и ее тепловой узел (ТУ); *б* — приточная камера системы воздушного отопления жилого дома; *1* — ватриум; *2* — главный стояк системы; *3*, *4* — насос; *5* — от источника теплоснабжения; *6* — главный стояк системы; ТУ — тепловой узел; ПК — приточная камера

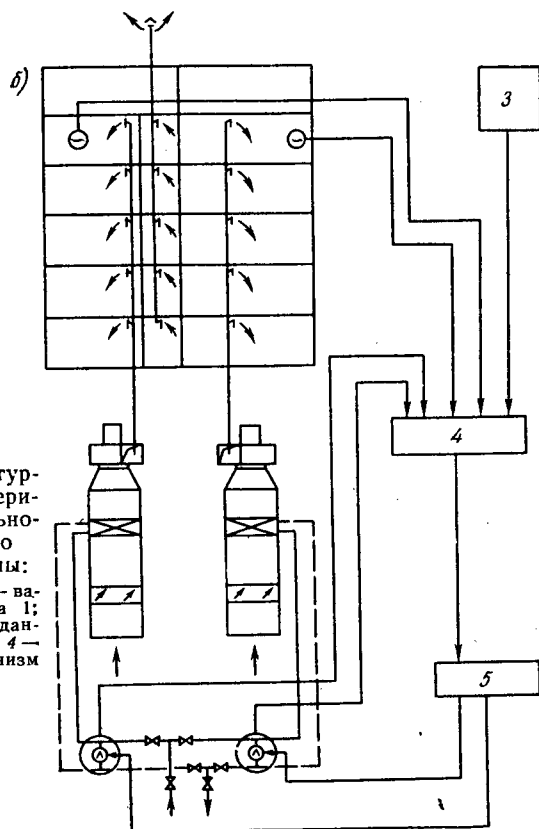
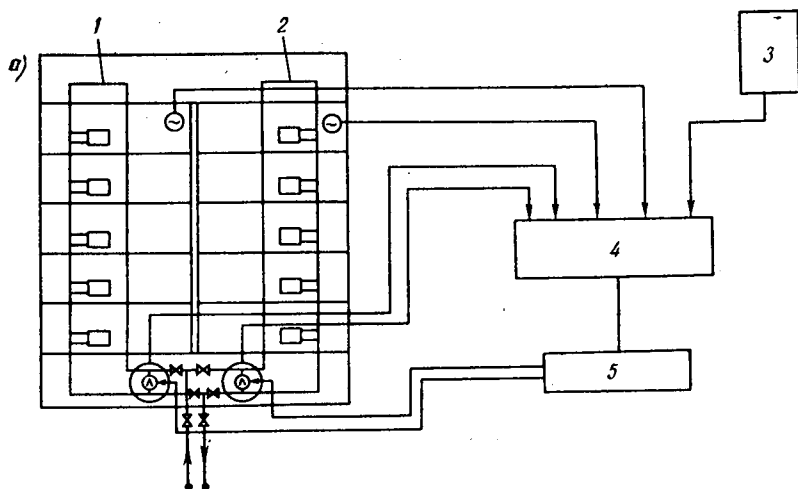


Рис. 1.11. Структурные схемы измерительно-вычислительно-управляющего комплекса системы:

а — вариант 2; б — вариант 1; 1 — система 1; 2 — система 2; 3 — данные метеостанции; 4 — ЭВМ; 5 — механизм управления

Приточные каналы выполняются или в толще кирпичных стен, или приставными из шлако-алебастровых плит, размером не менее 200×200 мм. Вентиляционные вытяжные каналы должны выполняться из асбестоцементных труб диаметром 250 мм (желательно с двухрядным расположением) с выпуском в теплый чердак на высоту 1 м (оголовники).

Отопление лестничных клеток осуществляется с помощью естественных рециркуляционных воздухонагревателей, установленных непосредственно в лестничных клетках, вблизи входных дверей.

Потасадное отопление предусматривает регулирование по приведенной температуре наружного воздуха с регулируемым параметром среднего значения горячей и обратной воды системы отопления.

Управление регулирования отпуска теплоты на отопление осуществляется по температуре воздуха угловых помещений верхних этажей с корреляцией по приведенной температуре наружного воздуха.

Управляющее устройство ЭВМ проектируется в подвальном помещении рядом с тепловым узлом. Комплекс технических средств принятой системы управления состоит из ЭВМ и устройства связи (УСО) с объектом (рис. 1.11). Он включает: один процессор СМ-1П для арифметической и логической обработки информации и управления работой остальных устройств; два оперативных запоминающих устройства (ОЗУ) по 4096 слов каждый; устройство внешней памяти на магнитных дисках (УВПМД) емкостью 51 Мбайт; устройство ввода УВВПЛ в перфоленты и вывода УППЛ на перфоленту; алфавитно-цифровой видеотерминал ДМ-2000, подключенный к процессору через модули быстрой передачи данных МБМД; устройство памяти на кассетной магнитной ленте МВПК емкостью 300 кбайт и устройство последовательной широкой печати ДЗМ, подключенное к процессору через согласователь ввода — вывода. Диски подключены через специальный коммутатор, чтобы при переходе управления с одной машины на другую можно было использовать один и тот же диск и не терять накопленную информацию. Обмен информацией между отдельными устройствами ЭВМ происходит через стандартные схемы сопряжения типа 2К, называемые интерфейсами. По ним передаются стандартные форматы информации и команды.

УСО подключается к интерфейсу типа 2К с помощью ввода — вывода СВВ. К процессору может быть подключено до трех согласователей СВВ. Один СВВ уже использован для подключения устройства на магнитной ленте и широкой печати. Два других используются следующим образом: один — для устройства ввода, другой для устройства вывода. Вместо СВВ может использоваться РИМ-1 (см. рисунок приложения).

Ввод состоит из модуля аналого-цифрового преобразователя МАЦП, бесконтактного коммутатора КБ, модуля кодового управ-

ления МКУ и четырех групповых преобразователей (концентраторов). Бесконтактный коммутатор ИБ осуществляет прием аналоговых сигналов от групповых преобразователей и выполняет вторичную коммутацию и затем направляет по одиночному каналу сигнал в аналого-цифровой преобразователь МАЦП, который преобразует измеряемые величины в цифровую форму и передает этот сигнал для ввода его в ЭВМ. Максимальное удаление термометров сопротивления от группового преобразователя не должно превышать 0,5 км.

Обеспечение состоит из дисковой операционной системы, включающей как возможности работы в реальном времени, так и в диалоговом режиме. Используются возможности трансляции с ФОРТРАНА и Ассемблера, редактирования, компоновки и средства для отладки программ, а также наличие специализированного пакета программ. В системе использованы возможности, связанные со службой времени, т. е. ожидание заданного времени для запуска процесса обработки и управления работой УСО. Так как емкость оперативной памяти недостаточна для единовременного размещения всех программ, то из состава операционной системы использованы возможности работы с файлами для накопления необходимой информации.

Программный комплекс пишется на алгоритмическом языке (ФОРТРАН) в виде отдельных программ. Те программы, которые затруднительно реализуются на ФОРТРАНе, пишутся на Ассемблере с использованием микросредств операционной системы. Необходимые микрокоманды и драйверы УСО включаются в состав операционной системы при ее генерализации. Большие программы на ФОРТРАНе сегментируются, чтобы уложиться в заданный объект оперативной памяти. Они должны использовать внешнюю память на дисках для накопления данных во времени о состоянии процесса. Результаты работы каждого цикла управления записываются на магнитный диск. Программы строятся таким образом, чтобы при выходе из строя ЭВМ они могли быть продолжены после переключения диска на вторую ЭВМ. Наиболее важные сведения за день работы записываются на кассету магнитной ленты для длительного хранения. Основными программами являются: головная — управляющая работой всей системы; программа основной обработки информации; программа обработки сигналов об аварийных или критических ситуациях; программа пуска и включения регулировочных отопительных устройств; программ установления тепловых режимов типичных и нетипичных дней; программы службы времени; программы, следящие за развитием процесса; программы наблюдения за превышением предельных значений; программы контроля и подсчета времени работы исполнительных механизмов; программы для подготовки данных разнообразных отчетов о состоянии системы: программы расчета энергопотребления.

Вспомогательными программами обслуживания системы являются: программы выхода; программы, осуществляющие ввод—вывод с отдельных УСО; программы, осуществляющие связь оператора с системой.

Программы вычисления и оптимизации расхода тепла на отопление выполняют следующие функции: периодически вычисляют расходы теплоты, необходимой для поддержания заданного теплового режима в отдельных местах здания в часы работы людей, и определяют количество включенных приточных камер и температуру приточного воздуха; определяют режим понижения температуры до минимально допустимой для снижения максимальной экономии расходов тепла в нерабочие часы и возврата к заданному режиму в рабочие часы.

Реализация компьютеризации одного или комплекса зданий может быть выполнена в случае применения математической модели теплового режима здания. Сначала в качестве примера остановимся на модели многоэтажного жилого дома. Отопление дома — водяное, пофасадное, однотрубное с верхней разводкой.

Целесообразно использовать местное количественно-качественное регулирование — по расходу теплоносителя и по изменению температуры воды на главных магистральных трубопроводах фасадных частей системы. Оно будет осуществляться с помощью подмешивания воды из обратного трубопровода в подающий трубопровод. Подмес воды будет происходить с помощью циркуляционного насоса, электродвигатель которого подчиняется сигналам ЭВМ (возникающим после получения информации об измерениях).

Датчики измерения температуры и расходов воды расположены на магистральных трубопроводах теплотрассы и на подмесе пофасадных систем. При этом необходимо знать: расход G_k и температуру воды $t_{в}^k$, поступающей из котельной, расход G_{ϕ} и температуру воды $t_{в}^o$, поступающей на отопление одного фасада здания; расход $G_{вп}$ воды на подмешивание и температуру обратной воды $t_{об}$, равной температуре подмешивания.

Из перечисленных известны температура воды котельной (измеряется по графику) и расход воды на систему отопления, которая здесь принята за постоянную величину:

$$G_{\phi} = G_k + G_{вп}.$$

По расходу подмешиваемой воды определяется установка насоса, а по температуре воды системы отопления одного фасада здания контролируется работа насоса:

$$(t_{в}^k - t_{\theta}) CG_k = (t_{в}^o - t_{об}) CG_{\phi} = Q_{\phi}, \quad (1.79)$$

$$G_{вп} = \left(t_{в}^k - \frac{Q_{\phi}}{k_{np} \Sigma F} + \frac{Q_{\phi}}{2CG_{\phi}} \right) G_{\phi}$$

$$Q_{\phi} = \left(\frac{t_{\text{в}}^0 + t_{\text{об}}}{2} + t_{\text{в}} \right) k_{\text{пр}} \Sigma F, \quad (1.80)$$

где Q_{ϕ} — количество тепла, расходуемого на отопление одного фасада здания, Вт;

$$Q_{\phi} = \Sigma Q_{\text{эл}} - Q_{2\phi}; \quad (1.81)$$

$t_{\text{в}}$ — температура воздуха помещения, °С; $k_{\text{пр}}$ — коэффициент теплопередачи приборов, Вт/(м²·°С); ΣF — поверхность нагревательных приборов фасада, м²;

Регулируемая температура воды

$$T_{\text{в}}^0 = \frac{Q_{\phi}}{k_{\text{пр}} \Sigma F} + \frac{Q_{\phi}}{2CG_{\phi}}. \quad (1.82)$$

Расход подмешиваемой воды

$$G_{\text{вп}} = \frac{(t_{\text{в}}^{\text{к}} - t_{\text{в}}^0)}{(t_{\text{в}}^0 - t_{\text{об}})}. \quad (1.83)$$

Температуру воды, поступающей на отопление одного фасада здания, регулируют с помощью изменения расхода воды $G_{\text{п}}$ на подмешивание.

Для определения Q_{ϕ} применим математическую модель теплового режима зданий для регулирования систем отопления. Составляем математическую модель теплового режима углового помещения последнего этажа фасада.

Математическая модель теплового режима помещения представляет собой систему двух уравнений:

уравнение теплового баланса внутреннего воздуха

$$\sum_i Q_{\text{ки}} + \sum_j Q_{\text{вж}} = 0 \quad (1.84)$$

и уравнение воздушного баланса помещения

$$\sum_i M_i + \sum_j M_{\text{вж}} = 0, \quad (1.85)$$

где $Q_{\text{ки}}$ — конвективное тепло, передаваемое внутреннему воздуху от внутренних поверхностей, омываемых этим воздухом Вт; $Q_{\text{вж}}$ — конвективное тепло, непосредственно передаваемое воздуху помещения, Вт; M_i — потоки воздуха через ограждающие конструкции (эксфильтрация и инфильтрация), м³.

Уравнение теплового баланса внутреннего воздуха включает: теплопотери через ограждающие конструкции за счет разности температур внутреннего и наружного воздуха $Q_{\text{отр}}$, теплопоступления от систем отопления Q_{ϕ} , внутренние тепловыделения $Q_{\text{тв}}$, теплопотери за счет фильтрации воздуха $Q_{\text{и}}$.

Уравнение теплового баланса внутреннего воздуха можно записать так:

$$Q_{\phi} + Q_{огр} + Q_{и} + Q_{т.в} \quad (1.86)$$

или

$$Q_{\phi} = Q_{огр} + Q_{и} + Q_{т.в}. \quad (1.87)$$

$Q_{огр}$ включает в себя теплотери: через наружные стены Q_c ; через внутренние стены $Q_{ст.в}$; через окна Q_o ; через перекрытия $Q_{пер}$:

$$Q_{огр} = Q_c + Q_{ст.в} + Q_o + Q_{пер}. \quad (1.88)$$

Для вычисления $Q_{огр}$ составляются математические модели для каждого элемента.

В тепловыделения внутри помещения входят: тепловыделения людьми, живущими в помещении $Q_{л}$; тепловыделения от освещения $Q_{ос}$; тепло, проникающее в помещение с солнечной радиацией $Q_{ср}$:

$$Q_{т.в} = Q_{л} + Q_{ос} + Q_{с.р}. \quad (1.89)$$

Для определения $Q_{и}$ необходимо знать режим помещения и объем фильтрующего воздуха.

В уравнение воздушного баланса входят: количество фильтрующегося воздуха через наружные стены $G_{н.ст}$, то же, через внутренние стены $G_{ст.в}$, то же, через световой проем G_o , то же, через вентиляционный канал G_v , то же, через двери помещений, которые выходят на лестничную клетку $G_{дв}$.

Учитываются перетекания воздуха между помещениями. Если помещение отгорожено от соседнего помещения (противоположного фасада), но не имеет двери, в воздушном балансе учитывается перетекание воздуха через внутреннюю стену. Если представительное помещение сообщается с соседним, воздушный режим принимается для двух помещений как одно целое.

Далее, решая уравнения воздушного и теплового баланса, можно определить температуру воды, $t^{\circ}_{в}$, поступающей на отопление одного фасада, и расход подмешиваемой воды $G_{вп}$.

Теперь рассмотрим математическую модель режима здания с воздушной системой отопления.

Метод регулирования остается прежним. Здание обогревается с помощью двух пофасадных вентиляционных установок. Чтобы управлять местным количественно-качественным регулированием, необходимо знать: расход G_k и температуру воды $t^{\circ}_{в^k}$, поступающей из котельной, расход G_{ϕ} и температуру воды $t^{\circ}_{в^0}$, поступающей к калориферам одного фасада; расход воды на подмешивание и температуру обратной воды $t_{об}$, равной температуре подмешивания.

Известной является температура воды, поступающей из котельной, и расход $G_{\text{ф}}$ воды на калориферы. Тогда

$$G_{\text{ф}} = G_{\text{кл}}, \quad (1.90)$$

где $G_{\text{кл}}$ — номинальная пропускная способность регулирующего клапана, м³.

Для последующих расчетов величин составим уравнение количества теплоты, идущей на нагревание приточного воздуха:

$$(t_{\text{в}}^{\text{к}} - t_{\text{об}}^0) c G_{\text{к}} = (t_{\text{пр.в}} - t_{\text{н.в}}) c G_{\text{в}}, \quad (1.91)$$

где $t_{\text{пр.в}}$ — температура приточного воздуха, °C; $t_{\text{н.в}}$ — температура наружного воздуха, °C; $G_{\text{в}}$ — производительность по воздуху камеры приточной вентиляции.

Расход воды, поступающей в калорифер,

$$G_{\text{ф}} = G_{\text{к}} + G_{\text{об}}. \quad (1.92)$$

Уравнение тепла имеет вид

$$(t_{\text{в}}^{\text{к}} - t_{\text{в}}^0) c G_{\text{к}} = (t_{\text{в}}^0 - t_{\text{об}}^0) c G_{\text{п}}. \quad (1.93)$$

Расход тепла на нагрев воздуха в калорифере

$$q = \frac{1}{2} F k (t_{\text{в}}^{\text{к}} + t_{\text{об}}^0 - t_{\text{пр.в}} - t_{\text{н.в}}) \quad (1.94)$$

или

$$q = (t_{\text{пр.в}} - t_{\text{н.в}}) c G_{\text{в}}.$$

Решая систему этих уравнений, получаем:

$$\begin{aligned} t_{\text{в}}^0 &= \frac{1}{2} \left(a + \frac{c}{b} \right), \\ G_{\text{п}} &= \frac{t_{\text{в}}^{\text{к}} - \frac{1}{2} \left(a + \frac{c}{b} \right)}{t_{\text{в}}^{\text{к}} - \frac{1}{2} \left(a - \frac{c}{c} \right)}, \end{aligned} \quad (1.95)$$

где

$$a = t_{\text{в}}^{\text{к}} + t_{\text{об}}^0 = t_{\text{пр.в}} + t_{\text{н.в}} + \frac{(t_{\text{пр.в}} - t_{\text{н.в}}) C_{\text{в}} G_{\text{в}}}{F k};$$

$$b = G_{\text{ф}} = G_{\text{кл}}.$$

$$c = t_{\text{в}}^{\text{к}} - t_{\text{в}}.$$

Чтобы определить $t_{\text{в}}^0$ и $G_{\text{п}}$, необходимо воспользоваться математической моделью.

Для представительного помещения составляем математическую модель. Она представляет систему двух уравнений — уравнения теплового баланса внутреннего воздуха и уравнения воздушного баланса помещений:

$$\sum_i Q_{K,i} + \sum_j Q_{B,j} = 0, \quad (1.96)$$

$$\sum_i M_i + \sum_j M_j = 0.$$

Уравнение теплового баланса внутреннего воздуха запишется в следующем виде:

$$Q_{огр} + Q_{т.в} + Q_v = 0,$$

где

$$\begin{aligned} Q_{огр} &= Q_{ст.н} + Q_o + Q_{пер}; \\ Q_{т.в} &= Q_{л} + Q_{э\lambda} + Q_{с.р}; \end{aligned} \quad (1.97)$$

Q_v — количество тепла за счет воздухообмена.

Для определения Q_v необходимо решить уравнение воздушного режима помещения. Оно включает: количество воздуха, подаваемое в помещение системой воздушного отопления одного фасада $G_{ф}$; количество воздуха, удаляемое из помещения системами вентиляции одного фасада $G_{ух.ф}$; количество фильтрующего воздуха $G_{и}$;

$$G_{ф} + G_{ух.ф} + G_{и} = 0,$$

где

$$G_{и} = G_{и.ст} + G_{и.в.ст} + G_{и.ок} + G_{и.д.в}. \quad (1.98)$$

Уравнение воздушного баланса примет вид

$$G_{ф} + G_{ух.ф} + G_{и.в.ст} + G_{и.ок} + G_{и.дв} = 0. \quad (1.99)$$

После решения уравнения определяется количество теплоты (отдаваемое или удаляемое) соответственно для каждого расхода воздуха:

$$\begin{aligned} Q_{ф} &= Q_{ст.н} + Q_{ст.в} + Q_{ок} + Q_{пер} + Q_{л} + Q_{э\lambda} + Q_{с.р} + Q_{ух.ф} + \\ &+ Q_{и.ст.н} + Q_{и.ст.в} + Q_{и.ок} + Q_{и.д.в}. \end{aligned} \quad (1.100)$$

Вопросы для самопроверки

1. Каковы конструктивные особенности систем воздушно-лучистого отопления? 2. Назовите основные принципы проектирования систем воздушно-лучистого отопления. 3. Каковы особенности технических решений конструкций с утилизацией тепла, уходящего через наружные стены со специальными венти-

ляционными устройствами? 4. В чем заключается эффект утилизации тепла СУТ-1? 5. Расскажите об отличиях и дайте последовательность теплотехнического расчета СУТ-1? 6. В чем отличие принципа работы СУТ-2? 7. Дайте схему решений утилизации тепла, уходящего с вентиляционным воздухом. 8. Расскажите о методике расчета теплового насоса. 9. Какие вы знаете нетрадиционные системы управления отоплением и вентиляцией? 10. Опишите математическую модель теплового режима помещений при автоматическом управлении отоплением и вентиляцией.

ГЛАВА 2

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНЫХ ЗДАНИЙ ТРАДИЦИОННОГО ТИПА

В главе излагаются основы проектирования и тепловых расчетов энергоэкономичных зданий традиционного типа. Даются региональные и объемно-планировочные особенности проектирования таких зданий, основы проектирования их элементов, систем инженерного оборудования, пути повышения теплозащиты и экономии энергии.

Энергоэкономичным называется здание, в котором при проектировании, строительстве и эксплуатации осуществлено максимальное количество мероприятий, направленных на экономию топливно-энергетических ресурсов. Энергоэкономичными могут быть как жилые, так и общественные здания.

К жилым зданиям относятся квартирные дома, гостиницы, общежития и дома для престарелых. Общественные здания это школы, техникумы, институты, торговые здания, предприятия общественного питания, здания зрелищного, культурно-просветительного и лечебно-оздоровительного назначения, административные и др.

Основными путями экономии энергии в гражданских зданиях являются повышение тепловой эффективности строительных конструкций, архитектурно-планировочных решений, инженерных систем; использование нетрадиционных видов энергии.

Добиться этого можно следующими мероприятиями: увеличением теплозащиты стен, в том числе стыков, окон, чердаков и т. п.; улучшением влажностного режима наружных ограждений; применением, например, теплоотражающих покрытий, пленок, ставень и в том числе на световых проемах; уменьшением площади наружной поверхности здания, проектированием фасадов с учетом ветровой защиты, рациональной планировкой помещений; применением более усовершенствованных систем отопления и вентиляции, например воздушно-лучистого, автоматизацией систем отопления с пофасадным регулированием, автоматизацией управления микроклиматом зданий; утилизацией тепла вытяжного воздуха, уходящего через наружные ограждения; и т. п.

Создание энергоэкономичных зданий связано с усовершенствованием всех его составных элементов. Эти элементы также связаны между собой. Например применение гелиосистем предполагает увеличение нагрузок на фундамент в связи с применением аккумуляторов. При гелиосистемах в качестве дополнительного источника тепла целесообразно применять грунтовый теплообменник.

Критерием экономической эффективности энергосберегающих мероприятий должен служить минимум приведенных энергозатрат.

Удельные расходы тепла на 1 м² общей площади гражданских зданий возросли с начала 60-х годов примерно на 45 ... 50 %. При этом на $\frac{2}{3}$ за счет повышения уровня благоустройства и комфорта строящихся зданий, за счет сверхнормативных потерь тепла, отсутствия необходимых средств автоматического и ручного регулирования расхода тепла в инженерных системах, организационно-технических недостатков эксплуатации и др. Велики потери топлива при выработке, транспортировке и распределении тепловой энергии для отопительно-вентиляционных и других потребностей.

Одним из главных направлений повышения тепловой эффективности зданий является повышение качества строительных материалов, конструкций и их монтажа. Важным является соответствие поступающих на строительную площадку материалов и изделий предъявляемым к ним техническим требованиям. Например, из-за завышенной по сравнению с нормативной влажностью и плотностью бетона теплозащитные показатели стен жилых зданий оказываются в среднем на 20% ниже минимально допустимых по гигиеническим требованиям. При этом, естественно, снижается температура воздуха и ухудшается микроклимат жилища.

Наряду с упомянутыми мероприятиями необходимо совершенствовать методы расчетов энергетических процессов в зданиях.

Для правильного определения внутреннего микроклимата и практических затрат при проектировании энергоэкономичных зданий необходимо правильно выбрать архитектурно-планировочное решение. При этом большое значение имеет правильная ориентация здания, топография участка, грунт, количество солнечной радиации, ветровые характеристики, осадки, водоемы и растительность. На внутренний микроклимат помещения оказывают влияние солнечная радиация и естественная вентиляция, которая непосредственно зависит от ориентации здания и преобладающих ветров. Окончательный выбор ориентации здания может быть сделан только после оценки всех преимуществ каждого элемента.

Например, при проектировании строительства в г. Баку шестнадцатизэтажного жилого дома анализ местных условий подсказал решение в плане в виде треугольника. Такая форма позволила уменьшить влияние холодного зимнего ветра и ориентировать окна

на юг. Глубокие угловые лоджии удобны в эксплуатации и зате-няют часть западных и восточных стен, обеспечивают активное уг-ловое проветривание квартир.

Для примера рассмотрим удельное соотношение расходов теп-ла детским садом. Общее потребление (в среднем) складывается из расходов на горячее водоснабжение (24%), на вентиляцию (16%), на отопление (60%), которое в свою очередь включает теплопотери через наружные ограждающие конструкции (33%), через подвалы (6%) и чердаки (3%), на фильтрацию через све-товые проемы (18%).

Структура расходов тепла без затрат на горячее водоснабже-ние и нагрев приточного воздуха будет иной; например, на 5-, 9-этажных зданиях через наружные стены она составляет 42 ... 49%, окна 32 ... 35, крыши и перекрытия над техподпольями 11 ... 18, двери 5 ... 8%.

2.1. Архитектурно- и объемно-планировочные решения

В гражданских энергоэкономичных зданиях комфортность соз-дается архитектурно- и объемно-планировочными и конструктив-ными решениями, композиционными решениями, ориентацией, размерами и степенью герметичности светопроемов, теплоизоля-цией ограждений, которые определяют эксплуатационную эффек-тивность и экономичность отопления, вентиляции.

Процесс проектирования энергоэкономичных зданий должен начинаться с анализа объемно-планировочных решений.

Для учета общих положений по проектированию зданий, как и для учета особенностей районов строительства, обеспечения в инсоляции, естественного освещения и др., следует руководство-ваться положениями СНиП.

К мероприятиям по повышению тепловой эффективности в соответствии с требованиями норм относятся: уменьшение изре-занности наружных стен домов с сокращением показателя удель-ного периметра наружных стен до 0,25 м/м² общей площади и менее (удельный периметр наружных стен определяется как от-ношение периметра наружных стен к общей площади этажа); увеличение ширины корпуса зданий за счет увеличения глубины комнат и кухонь; для кухонь допускается уменьшение ширины при однородном размещении оборудования до 1,9 м; максимально возможное сокращение площадей светопроемов (оконных и двер-ных); размещение лифтов в глубине корпуса домов; создание широтных или меридиональных домов (блок-секций) с коридора-ми через 1 ... 2 этажа с 3 ... 5-комнатными квартирами в двух уровнях.

Увеличение пределов общих площадей квартир в соответствии со СНиПом допускается на 5 ... 7% в тех случаях, когда это

ведет к уменьшению периметра наружных стен, унификации архитектурно-конструктивных решений, способствует экономии материалов конструкций, топлива, уменьшению стоимостных показателей по сравнению с проектами-аналогами или контрольными показателями.

Можно выделить несколько типов исходных объемно-планировочных решений: точечный, линейный, террасный и т. п. Уменьшение теплопотерь точечных домов достигается созданием компактных (близких к квадрату) планировочных решений, увеличением их размеров в плане.

Линейные дома с меридиональной ориентацией продольной оси имеют двухрядную блокировку квартир, что позволяет организовать широкий корпус, повышает тепловую эффективность формы здания. Этому способствует также большая протяженность корпусов. Двухрядная блокировка квартир способствует уменьшению инфильтрации холодного воздуха. Совершенствование форм линейных домов с широтной ориентацией заключается в увеличении протяженности корпусов и применении максимально возможной этажности. Для уменьшения потерь тепла к северной стене могут быть пристроены, например, гаражи, хозяйственные помещения, произведена блокировка квартир с образованием замкнутого контура застройки.

На тепловую эффективность террасного типа домов влияют крутизна склона, а также конфигурация квартир, размещение их вдоль или поперек склона, размеры в плане, конфигурация заглубленных в грунт и наружных стен. Имеет значение также и ориентация склона. Наиболее благоприятны склоны, обращенные на юг. У террасных домов меридиональной ориентации экономия тепла достигается двухрядной блокировкой квартир двусторонней ориентации, обеспечением большой глубины квартир, размещением по склону максимального числа этажей (до 8 ... 9 уровней), ограничение инфильтрации достигается применением квартир без сквозного проветривания.

В табл. 2.1 приведен пример номенклатуры жилых домов. Интерес представляют используемые блоки-секции крестообразной конфигурации, которые классифицируют по планировочной схеме на прямой и поворотный крест. Поворотный крест обычно содержит четыре квартиры и имеет неограниченную ориентацию, прямой крест может содержать от четырех до шести квартир с различным количеством комнат. Однако их ориентация при этом ограничивается.

Наибольшая тепловая эффективность по объемно-планировочному решению группы жилых домов точечной, линейной, периметральной и сетчатой схем застройки может быть достигнута за счет включения в ее состав совокупности элементов (блок-квартир, блок-секций или блок-элементов) с различными видами блокировки. Целесообразно применение домов с объемно-плани-

Т а б л и ц а 2.1. Номенклатура типов жилых зданий

Тип дома	Тип квартир	Количество этажей	Планировочная структура
1 ... 2 — квартирный	—	1	Усадебный дом (в том числе для детских домов семейного типа)
Многоквартирный	Для семей из 2 чел. и более	3 ... 4 (в том числе для высокоплотной застройки)	Секционная Блокированная (в том числе террасная), галерейно-блокированная Секционно-блокированная
		5 (4)	Секционная (в том числе террасная) Коридорная (в том числе шумоветрозащитные дома)
		9 (10)	Секционная (в том числе шумоветрозащитные дома) Коридорная (в том числе шумоветрозащитные дома)
		16 (17)	Секционная (в том числе одnoseкционные) Секционно-коридорная (в том числе шумоветрозащитные дома)
	Для одиночек и семей из 2 чел.	5 (4) ... 9 (10)	Секционная Коридорная
		16	Секционная (в том числе одnoseкционная) Коридорная
Общежития учащихся ПТУ и техникумов (одиночек)	Жилые ячейки не более чем на 50 чел.	5 (4)	Секционная Коридорная
		5 (4)	Секционная Коридорная
Общежития для студентов, рабочих и служащих (одиночек)	Жилые ячейки на 4 ... 6 чел.	9 (10)	Секционная Коридорная
Общежития для семейной молодежи	Жилые ячейки на 2 ... 4 чел.	16 и более 5 (2 ... 4)	Одnoseкционная Секционная Коридорная

ровочными решениями, предусматривающими максимальное увеличение площади этажа и компактность объема здания.

Рекомендуются: 1) трех-, четырехэтажные точечные дома из четырех — восьми блоков (квартиры в нескольких уровнях); 2) трех-, пятиэтажные односекционные дома с четырьмя — шестью квартирами на этаже (прямоугольной конфигурации); 3) четырех-, пятиэтажные дома комбинированной планировочной структуры (с террасным расположением Г-образных блоков квартир) строчной, линейной, линейно-разветвленной, сдвоенной застройки. Целесообразно применение домов с объемно-планировочными решениями, отличающимися увеличенной глубиной корпуса. Рекомендуются трех-, четырехэтажные блокированные дома из прямоугольных блоков большой (более 10 м) протяженности двусторонней ориентации; трех-, четырехэтажные блок-секции; четырех-, шестиквартирные меридиональной ориентации с центрально-размещенной лестничной клеткой; трех-, пятиэтажные дома комбинированной планировочной структуры, секционно-галерейные (коридорные) секционно-блокированные или галерейно-блокированные, в том числе и с атриумными квартирами в первом этаже.

Среди изучаемых типов жилых домов наименее комфортны — секционные. Наиболее комфортны дома блокированной структуры. Перспективны по разнообразию объемно-пространственных решений жилые дома комбинированной планировочной структуры.

Повышения комфорта в домах секционной планировочной структуры можно достигнуть путем увеличения площади летних помещений (лоджий или веранд), организацией при квартирах первых этажей участков с выходами на них из квартиры; расширение состава дополнительных подсобных помещений и их размещение на этажах (например, в цокольном этаже).

Тепловая эффективность зданий зависит от влияния ориентации здания по странам света. Так, теплопотери через различным образом ориентированные фасады здания, неодинаковы. Для отдельного здания фасады, ориентированные на направления от северо-западного до северо-восточного, в противоположность фасадам, ориентированным на направления от юго-восточного до юго-западного, не получают заметного притока тепла от солнечного излучения, поэтому при проектировании зданий, отличных от прямоугольной планировочной модульной сетки (особенно крупных), следует стремиться к тому, чтобы на север была ориентирована наименьшая поверхность фасадов.

Всякое увеличение площади наружной поверхности здания вызывает дополнительные теплопотери.

Минимальная теплопотеря через наружные ограждения при прочих равных условиях — у зданий круглых и квадратных в плане; сферических, кубических и цилиндрических или прямоугольных в плане с широким корпусом.

Например, свободно стоящее здание с основанием в виде квадрата имеет развернутую поверхность наружных стен 100%. При рассмотрении проектов зданий различной формы установлено, что угловой дом имеет на 25% большую площадь поверхности наружных стен. При одинаковом исполнении теплопотери через наружные стены возрастают на 25%. Если такая же площадь помещений проектируется в составе половины блокированного дома, то площадь поверхности его наружных стен составляет лишь 75% исходной. Дальнейшее изменение формы здания происходит при расположении равного объема в составе дома рядной застройки и квадратного в плане, площадь поверхности наружных стен которого составляет 50% первоначальной.

Важное значение имеет также расположение помещений. Так, в квартирах, расположенных в двух уровнях, тепло из помещений нижнего этажа, передних, залов и т. п. вместе с теплым воздухом перетекает в помещения второго этажа.

Существует много путей изменения линейных параметров зданий — длины, ширины и высоты, что приводит к различной суммарной площади поверхности и, следовательно, различным теплопотерям. Для оптимизации формы здания важным показателем является отношение площади поверхности к объему. Он зависит как от соотношения размеров здания, так и от их величины. Это отношение менее существенно для куба.

Имеется взаимозависимость между площадью здания в плане, площадью застекленной поверхности и площадью покрытия. Наименее энергоэкономичными являются одноэтажные здания, имеющие в плане сложную форму. При малых размерах зданий оптимальная высота возрастает с изменением объема, а для больших зданий степень увеличения высоты с ростом объема значительно меньше.

В настоящее время в СССР применяется блок-секционный метод проектирования жилых зданий. Имеется тенденция к увеличению протяженности зданий и к повышению этажности до оптимальной. Увеличение протяженности дома с 4 до 10 секций влечет снижение удельного расхода тепла на отопление до 5 ... 7%; увеличение ширины корпуса с 12 до 15 м дает 9 ... 10% экономии тепла, а повышение этажности зданий с 5 до 9 этажей — 3 ... 5%.

Рациональной следует считать такую ориентацию здания, которая обеспечивает максимальное тепlopоступление от солнечной радиации в холодный период года.

В многоэтажном здании большинство помещений имеет только одну поверхность, контактирующую с наружным воздухом, а в сельском усадебном почти все комнаты угловые и все помещения контактируют с холодными чердаками и подпольями, дом обдувается ветрами со всех сторон. Специфические условия усадебного строительства отражаются в проектах путем увеличения мощ-

ности систем отопления и расхода топлива, хотя давно известна методика расчета оптимальных тепловых характеристик ограждающих конструкций по минимуму приведенных затрат в период строительства и эксплуатации здания. К сожалению, на стадии типового проектирования эта методика, как правило, не используется из-за невозможности получения многих исходных данных, необходимых для расчетов.

В двухэтажном секционном доме квартира общей площадью 100 м² имеет протяженность наружных стен в пределах 22 ... 28 м и площадь охлаждаемых перекрытий, не превышающую 100 м². В одноэтажном доме аналогичной площади протяженности стен составляет не менее 40 м, а площадь чердачного перекрытия и пола по грунту или перекрытия над подвалом составляет 200 м². Утепление ограждающих конструкций вызовет рост стоимости дома на 5 ... 7%, но расход топлива при этом уменьшится не менее чем в 2,5 раза.

По исходным климатическим данным оценкой теплового климата и аэрационного режима занимаются на первой стадии проектирования, при этом определяются принципиальные решения здания, определяющие теплотехническую и экономическую эффективность.

Размещать здание на участке необходимо с учетом наибольшей свободы сквозного проветривания помещений. За зданием, расположенным фронтом к направлению воздушного потока, образуется зона ветровой тени. Важно, чтобы размещаемые рядом здания не попадали в эту зону. Благоприятна расстановка зданий в шахматном порядке на расстоянии 2...2,5 высоты друг от друга. Одним из вариантов повышения эффективности проветривания помещений жилого дома в штילевых условиях является использование гравитационного фактора (конвективных токов), т. е. переход на горизонтально-вертикальные (шахтные) системы проветривания. С целью продления действия ночной схемы движения воздуха возможно сочетание теплого чердака, дефлектора и устройства для дополнительного подогрева воздуха в самой шахте, которые создают зоны пониженного давления внутри шахты; чем способствуют интенсификации процесса аэрации в нужном направлении.

В представленном ниже 9-этажном крупнопанельном 252-квартирном жилом доме применен вместе с шахтой проветривания теплый чердак (рис. 2.1).

Применение шахт вертикального проветривания не только должно способствовать улучшению микроклимата в многоэтажных зданиях, но и является резервом экономичного решения жилой застройки. Для этого необходимо, чтобы объемно-планировочное решение домов при блокировке обеспечивало получение непрерывных структур жилых образований. Следует ориентироваться на следующие показатели плотностей жилого фонда мик-

рорайонов: 4-этажная застройка — 6200 м² общей площади на 1 га, 5-этажная застройка — 6900 м² общей площади на 1 га, 20-этажная застройка — 8900 м² общей площади на 1 га.

Наименьшие теплотери происходят у секционных широтных зданий с шириной корпуса 16,6 м. Галерейное здание шириной 14,4 м расходует тепла на 3% больше, с шириной корпуса

13,2 м — на 6%, галерейно-секционное здание шириной 14,4 м — на 12% больше.

Устройство кухонь, освещаемых вторым светом (кухни-столовые), для квартир с количеством комнат более двух и кухонь без естественного освещения для однокомнатных квартир приводит к сокращению теплотерии на 3...5% по сравнению с однотипной планировочной структурой со светлыми кухнями. Последующее увеличение ширины корпуса достигается включением в структуру здания темных кухонь в двух-, трехкомнатных квартирах, что позволяет снизить теплотери дома еще на 2%.

Здание со сплошной шириной корпуса 48,6 м теряет тепла на 10% меньше, чем здание шириной 13 м (при их одинаковой высоте 30 м). Экономия энергии сверх этой величины не зависит от ширины корпуса, а обусловлена сокращением кубатуры здания, приходящейся на единицу

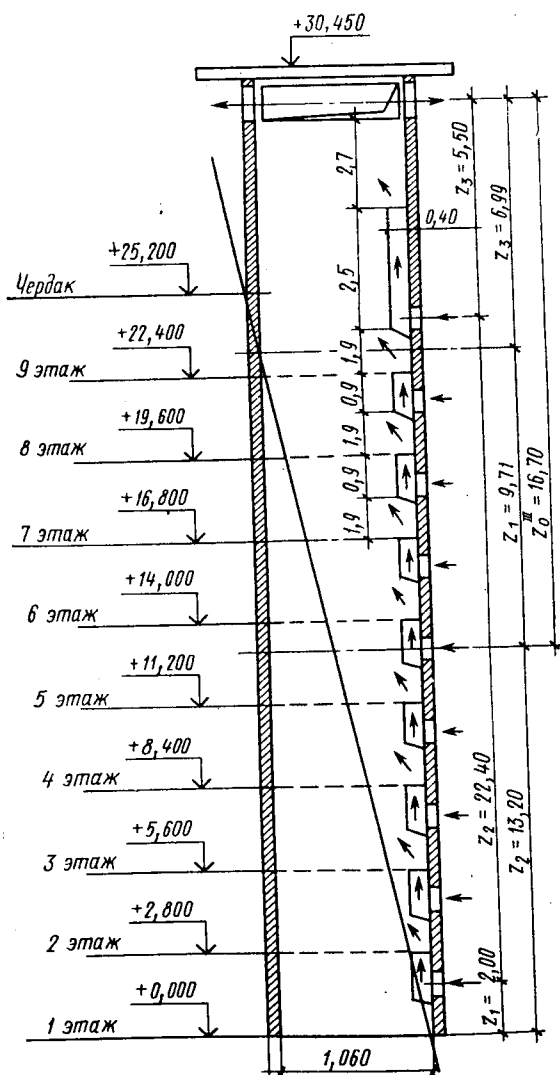


Рис. 2.1. Расчетная схема шахт вертикального проветривания

общей площади. Оптимальное энергетическое решение может быть принято для пятиэтажных зданий с некоторым нарушением комфортности при ширине корпуса 27 м; для трехэтажных — при ширине корпуса 16 м, что осуществимо для широтных зданий с темными кухнями в однокомнатных квартирах.

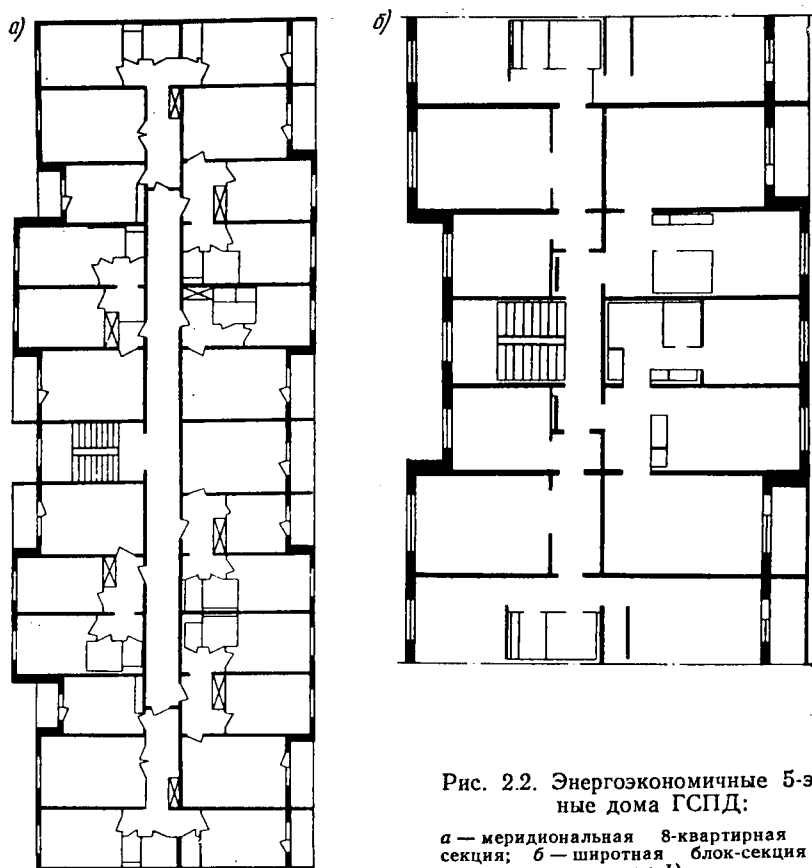


Рис. 2.2. Энергоэкономичные 5-этажные дома ГСПД:

а — меридиональная 8-квартирная блок-секция; б — широтная блок-секция (вариант I)

Эффективным планировочным приемом в жилых домах (например ГСПД*) с пассивными солнечными системами является создание системы естественной вентиляции путем увеличения части помещений (так называемая «Солнечная труба») и размещения вентиляционных отверстий как в нижней, так и в верхней зонах. Организация вертикальных воздушных потоков в жилых зданиях позволяет, практически, без специальных технологических

* ГСПД — гибкая система панельного домостроения.

устройств создать эффективную систему проветривания и обогрева жилого пространства, поэтому получают широкое распространение двухсветовое и атриумные пространства в жилых домах.

Для определения направлений объемно-планировочных решений домов для повышения тепловой эффективности необходимо уметь анализировать их архитектурно-планировочные решения.

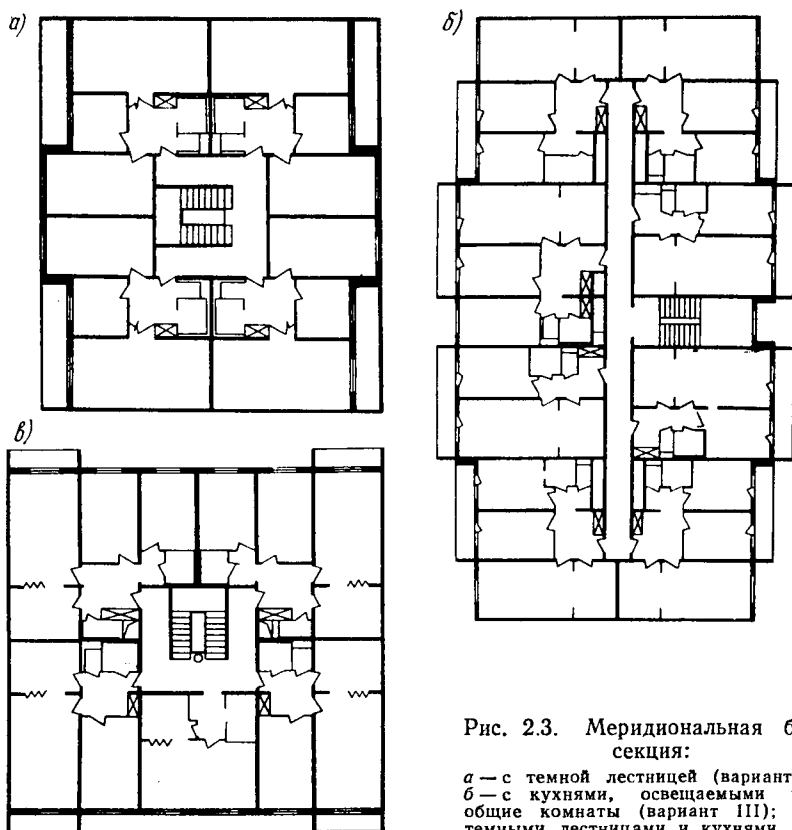


Рис. 2.3. Меридиональная блок-секция:

a — с темной лестницей (вариант II);
б — с кухнями, освещаемыми через общие комнаты (вариант III); *в* — с темными лестницами и кухнями, освещаемыми вторым светом (вариант IV)

Рассмотрим как аналоги следующие 5-этажные блок-секции крупнопанельных и кирпичных серий:

рядовая широтная 4-квартирная блок-секция ГСПД (рис. 2.2, вариант I) имеет следующие показатели: приведенная ширина корпуса $b_{кпр}$ — 12,0 м; общая площадь $P_{оэ}$ — 209,9 м²; удельный периметр наружных стен $У_n$ — 0,23 м/м² общей площади; линейная плотность $П_n$ — 46,8 м²/м; плотность застройки жилого фонда микрорайона (потенциальная) $П_ж$ — 5220 м² общей площадью на 1 га;

рядовая меридиональная 3-квартирная блок-секция ГСПД: b_k — 13,7 м; $P_{ос}$ — 430,5 м²; U_n — 0,22 м/м² общей площади; P_l — 51,2 м²/м; $P_{ж}$ — 5376 м² общей площади на 100%;

универсальная (рядовая, торцовая) 6-квартирная блок-секция на основе серии 85: b_k — 13,3 м; $P_{ос}$ — 306,93 м²; U_n — 0,24 м/м²; общей площади; P_l — 46,8 м²/м; $P_{ж}$ — 5220 м² общей площади на 1 га.

Для выявления эффективных направлений экспериментально-го проектирования и строительства жилых зданий рассмотрим варианты 5-этажных блок-секций (рядовых) со следующим допущением (рис. 2.3, а): вариант II — лестницы, освещенные вторым светом через фонари в покрытиях; вариант III — лестницы, освещенные вторым светом, плюс кухни, освещенные через общие комнаты; вариант IV — кухни, освещенные через общие комнаты (лестницы обычные); вариант V — кухни, обращенные в остекленные световые двory на группу из 40 квартир (лестницы обычные).

Размещение лестниц в глубине корпуса без естественного освещения или с верхним светом через фонари в зданиях до 5 этажей (вариант II) в настоящее время не допускается (СНиП «Жилые здания»). Практика показала, что размещение лестниц в глубине корпуса возможно лишь в меридиональных домах. В рядовой блок-секции возможно размещение четырех (2—2—3—3) или пяти квартир (2—1—2—3—3) общей площадью не более 250 м² (без учета летних помещений). Увеличение количества квартир на этаже вызовет появление внутренних общих коридоров без естественного освещения, что не допускается СНиП «Жилые здания». Проектирование всего пути эвакуации без естественного освещения нецелесообразно.

Вариант II имеет следующие показатели: b_k — 151 м; $P_{ос}$ — 214,5 м²; U_n — 0,20 м/м²; увеличение P_l на 7,1%; $P_{ж}$ — 5659 м² общей площади на 1 га, увеличение на 5,2%.

Размещение лестниц в глубине корпуса и освещение кухонь вторым светом через общие комнаты дает возможность формировать блок-секции. Так же, как и в предыдущем варианте, количество квартир на этаже строго ограничено.

Рациональны следующие наборы квартир в рядовых блок-секциях: 3—3—3—3; 3—3—2—2; 2—2—2—2—1—1 общей площадью не более 290 м² (без учета летних помещений). Увеличение количества квартир на этаже нецелесообразно.

Вариант III имеет следующие показатели: $b_k^{пр}$ — 17,7 м; $P_{ос}$ — 229,8 м²; U_n — 0,17; увеличение P_l на 13,7%; $P_{ж}$ — 5859 м² общей площади на 1 га, увеличение на 8,9%. Дальнейшее проектирование варианта III нецелесообразно.

В меридиональных блоках-секциях возможно получение до 8 ... 9 квартир на этаже при общей площади этажа до 500 м² (с учетом летних помещений) в случае размещения кухонь со

Таблица 2.2. Мероприятия по экономии тепла

Жилой дом	Показатели	Теплый чердак	Цокольные вентиляционные панели	Легкие навесные панели в лоджиях	Вентилируемые панели в торцах и лоджиях	Вентилируемые окна	Автоматизация систем отопления	Окна с селективным покрытием	Окна с ночной изоляцией	Расположение оконных проемов с преобладающей ориентацией на юг	Суммарный тепловой эффект Э по пп. 3...8 (над чертой), по пп. 3...11 (под чертой), %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Серия 85-04 (5-этажные)	С _{ст} , руб. Э, %	0,52 1,5	0,47 1,4	1,91 6,6	1,09 3,0	1,6 5	3,47 10	1,74 5	0,87 2,5	2,78 8	27,5 43
Серия 85-012 (9-этажные)	С _{ст} , руб. Э, %	0,43 1,5	0,22 0,8	1,87 5,4	0,81 2,8	1,42 4,9	2,89 10	1,44 5	0,72 2,5	2,31 8	24,4 39,9

вторым светом в глубине дома. Появляющиеся при этом общие коридоры имеют естественное освещение через лестницу (согласно СНиПу). По сравнению с обычными меридиональными домами с аналогичным набором квартир общая протяженность блок-секций значительно уменьшается (вариант IV).

Этот вариант позволяет получить следующие показатели: $b_{к}^{пр} — 18,2$ м; $П_{о.э} — 478,1$ м²; $У_{п} — 0,16$; $П_{л} — 31\%$; $П_{ж} — 6121$ м² общей площади на 1 га — увеличение на 13,8%.

Применение проектов такого типа при наличии эффективных систем организации воздухообмена в кухнях возможно для I климатического района и в первую очередь для кооперативного строительства домов в 5 и 10 этажей.

Такой вариант дома формируется из меридиональных блок-секций с 6...8 квартирами на этаж общей площадью (с учетом летних помещений) до 400 м². В каждый изолированный остекленный дворик ориентируется 38 квартир (8 квартир на типовом этаже, 6 квартир на первом этаже). Перед кухнями 16 однокомнатных квартир с защищенным размещением окон расположены галереи. Остекленные световые

дворы отделены друг от друга поэтажными коридорами — тамбурами с samozакрывающимися дверями. Предусматривается частичное открывание остекления над двориками в летних условиях,

Таблица 2.3. Технико-экономическая оценка объемно-планировочных решений различных вариантов энергоэкономических домов

Показатели	Варианты крупнопанельных домов						Варианты кирпичных домов	
	Аналог ГСПД широтная	ГСПД меридиональная	С темной лестницей	С темной лестницей и темной кухней	С темной кухней	С двориком	Аналог серии 85	Дом с двориком
1. Средняя общая площадь квартиры, м ²	52,4	53,8	53,7	45,96	59,7	48,4	50,67	50,25
2. Удельный периметр наружных стен, м/м ² общей площади	0,23	0,22	0,20	0,17	0,16	0,25	0,27	0,27
3. Площадь внеквартирных коммуникаций, м ² /м ² общей площади	0,09	0,13	0,15	0,13	0,10	0,16	0,11	0,08
4. Приведенные затраты, руб/%	148,15	146,67	144,96	138,7	139,71	146,3	159,92	155,26
	100	98	98	94	94	99	100	97
В том числе: стоимость строительства, руб/%	125	122,9	123,2	118,0	119,2	128,3	125	127,85
	100	98	99	94	95	103	100	102
то же, эксплуатации, руб/%	23,15	22,77	21,76	20,70	20,51	18	34,92	27,41
	100	98	94	89	89	78	100	78

при этом каждой квартире обеспечивается сквозное проветривание через двор. Режим проектирования и размеры остекленных дворовых пространств заимствованы в старогородской застройке Москвы, получившей высокую социальную оценку населения.

Данный вариант позволяет получить следующие показатели: $b_{кпр}$ — 24,3 м; $F_{оз}$ — 387 м²; U_n — 0,13 м/м² общей площади; увеличение Π_n — 67,2%; $\Pi_{ж}$ — 6880 м² общей площади на 1 га — увеличение на 27%.

При экспериментальной обработке в отопительный период систем воздухообмена кухонь проектные решения данного типа (вариант V) следует применять для молодежных жилых комплексов (МЖК) I, II и III климатических районов, а также для массового строительства в IV климатическом районе.

Фрамуги остекления над двором в теплое время года следует держать открытыми. В этом случае основные пути эвакуации будут проходить через открытые галереи с незадымляемыми лестничными клетками с естественным освещением. Зимой основные пути эвакуации жителей проходят через галереи, обращенные в многосветный остекленный двор. Насыщение дымом при пожаре в таких домах произойдет значительно медленнее, чем в коридоре обычного дома, в связи с тем, что объем воздуха в пространстве галереи и двора 2900 м³ примерно в 30 раз больше, чем в коридоре обычного меридионального секционного дома 100 м³, а длина путей эвакуации одинакова.

Таблица 2.4. Техничко-экономическая оценка энергоэкономичного дома с широким корпусом с применением энергосберегающих мероприятий (на 1 м² общей площади)

Жилой дом	Показатели	Мероприятия по экономии тепла									Суммарный эффект	
		теплый чердак	покрытые вентилируемые панели	легкие навесные панели	вентилируемые панели в торцах и лоджиях	вентилируемые окна	автоматизация систем отопления	окна с селективным покрытием	окна с ночной изоляцией	расположение оконных проемов на юг	без учета объемно-планировочного решения	с учетом объемно-планировочного решения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
С двориком	С, руб	0,41	0,47	1,10	0,40	1,28	2,7	1,15	0,58	1,92	27,6*	37,6
	Э, %	1,5	1,7	4,0	1,5	4,7	10	4,2	2,1	7	36,7	46,7

* Над чертой — суммарный эффект по пп. 3...9; под чертой — то же, по пп. 3...12.

Примеры вариантов проектных решений энергоэкономичного дома приведены в табл. 2.2 ... 2.4. Наружные стены в панельном варианте приняты трехслойные на гибких связях толщиной 30 см. В кирпичном варианте наружные стены имеют толщину 64 или 51 см, а стены дворика — 38 см. Остекление во всех вариантах — трехслойное*. Эксплуатационные затраты (на отопление) рассчитаны для условий г. Калинина согласно СНиПу.

Как видно, из табл. 2.4 наибольшую тепловую эффективность имеет дом с двориком.

Максимальная экономия тепла, которую можно получить в случае применения всех энергосберегающих мероприятий, составляет 43% для 5-этажных домов, 40% для 9-этажных.

* При двойном остеклении в раздельных переплетах расход тепла увеличивается на 5...10%.

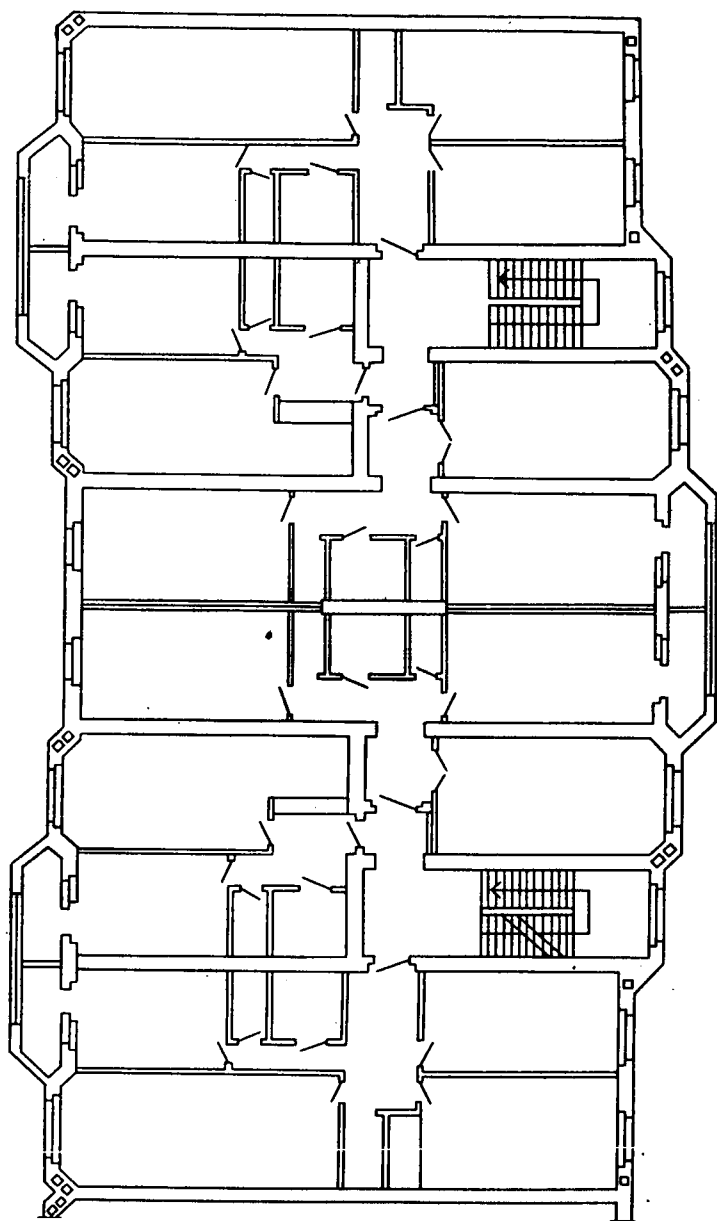


Рис. 2.4. План кирпичного дома с вентиляционными каналами в наружных стенах

На рис. 2.4 показано решение 5-этажного кирпичного дома, имеющего вентиляционные каналы в стенах (по типу дореволюционных построек) в числе других энергосберегающих мероприятий, на примере типовой серии 85; дом с меньшим удельным периметром. Тепловой эффект увеличивается за счет остекления лоджий с вентиляционными устройствами, энергоэкономичных шумозащитных окон, вентилируемых цоколей (см. гл. 1), теплого чердака.

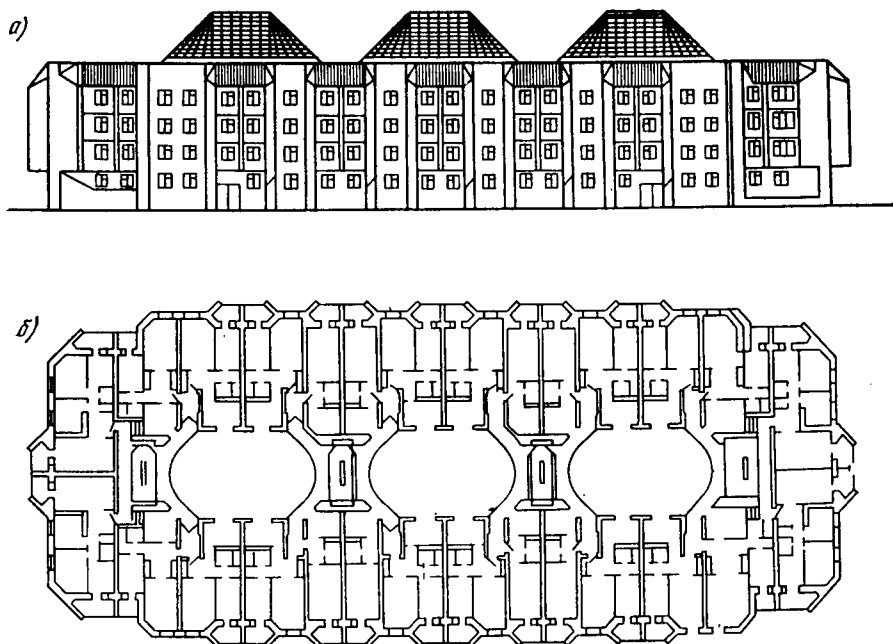


Рис. 2.5. Дом с атриумом:

а — фасад; б — план блок-секции с кухнями, освещенными через остекленные двери

Вентиляционные каналы — 1 ... 2 на комнату (увеличение на один канал после 2-го этажа) позволяют обеспечить своим воздухом в требуемом количестве помещения жилого дома.

Для примера на основе приведенных выше методик произведена оценка тепловой эффективности здания, выполненная для 4-этажного трехсекционного и 5-этажного здания с атриумом (рис. 2.5).

Чердак и подвал — теплые, температура воздуха в чердаке — 6°C , температура воздуха в подвале 12°C .

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций зданий определялось согласно СНиП «Строительная теплотехника» при расчетной наружной температуре 30°C . Сопротивление тепло-

передаче чердачного покрытия $1,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$; перекрытия над подвалом — $0,56$; окон с тройным остеклением в деревянных раздельно-спаренных переплетах — $0,55 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$.

Расчеты тепловой эффективности здания были выполнены для ряда вариантов вертикальных ограждающих конструкций (табл. 2.5).

Трехсекционный 5-этажный дом имеет разную планировку. В первом варианте отличительной особенностью являются застекленные лоджии, выход в которые организован из кухонь квартир. Во втором варианте запроектированы внутренние крытые дворiki (атриумы), которые имеют галереи, сообщающие выходы из лестничных клеток и входы в квартиры. Как в первом, так и во втором варианте проекта стены энергоэкономичного жилого дома запроектированы кирпичными с вентилируемыми каналами (см. рис. 2.4).

Т а б л и ц а 2.5. Тепловая эффективность вертикальных наружных ограждающих конструкций

№ варианта	$R_{\text{од}} = 0,18 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$ остекленной лоджии	$R_{\text{о.ок}} = 0,55 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$ окон с тройным остеклением	Стены с вентилируемыми каналами	Вентилируемые конструкции заполнения световых проемов
1	+	+	—	—
2	+	+	+	—
3	+	+	+	+

Примечание. + — рассматриваемые варианты конструктивных решений.

Анализ результатов расчета позволяет сделать следующие выводы: 1) тепловая эффективность зданий при устройстве остекленных лоджий повышается на 8%, при устройстве вентилируемых каналов в стенах — на 2 ... 3%, при устройстве вентилируемых конструкций заполнения световых проемов — на 5%; Учет направленного действия климата при определении оптимальных размеров и ориентации здания позволит снизить установочную мощность оборудования и затраты тепловой энергии в холодный период года на 12 ... 15% (см. с. 75); 2) при устройстве комплекса мероприятий по повышению тепловой эффективности здания удельный расход теплоты снижается на 27,6%, а суммарный расход теплоты за отопительный период — на 46%, включая экономию тепла за счет объемно-планировочных решений дома с атриумом не менее 10%. Кроме этого будет дополнительная экономия тепла за счет интенсивного использования солнечной энергии в зимний период.

Общественные здания. Проектирование общественных зданий (детских садов, школ и др.), направленное на экономию топливно-энергетических ресурсов, имеет свои особенности. Так, повы-

шение тепловой эффективности детских садов достигается устройством единого входа в здание (на четыре группы детей). Этот вход ведет в большой вестибюль (рис. 2.6, а).

Другим приемом планировки является единая (на четыре группы) раздевальная (рис. 2.6, б), из которой имеется непосредственный выход наружу. Использование такого приема позволяет исключить данное помещение из состава групповой ячейки, организовать хорошее освещение и инсоляцию.

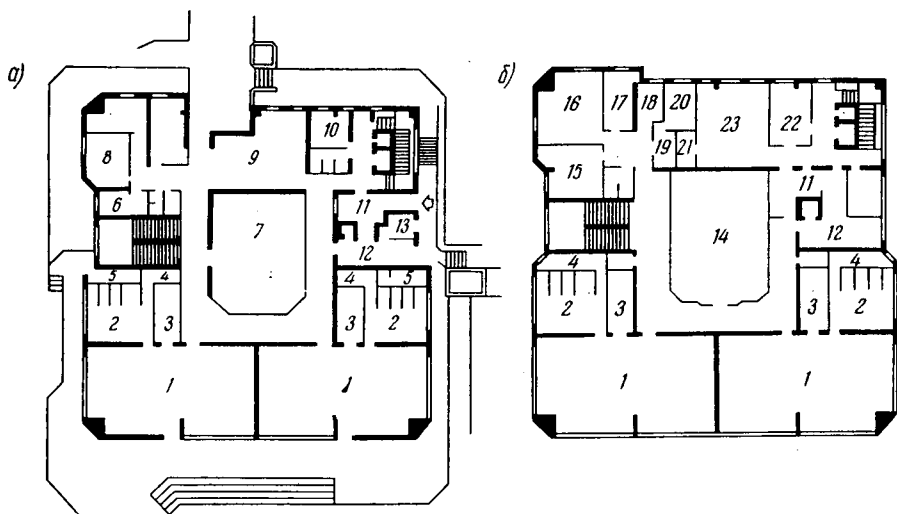


Рис. 2.6. Детский сад на четыре группы:

а — план первого этажа; б — план второго этажа; 1 — зал для занятий; 2 — санузел; 3 — кладовая для раскладушек; 4 — помещение для хранения принадлежностей для уборки; 5 — туалетная со входом с территории участка; 6 — гардеробная обслуживающего персонала; 7 — гардеробная детей; 8 — помещение администрации; 9 — холл-приемная; 10 — гардеробная персонала кухни; 11 — буфетная; 12 — помещение для мытья посуды; 13 — помещение для пищевых отходов; 14 — зал для подвижных игр и занятий; 15 — кабинет врача; 16 — комната для педагогического персонала; 17 — гардеробная педагогического персонала; 18 — кладовая чистого белья; 19 — кладовая грязного белья; 20 — постирочная; 21 — вспомогательная кладовая; 22 — кухня-кладовая; 23 — кладовая сухих продуктов

Использование таких планировочных приемов в отечественной практике проектирования дошкольных учреждений на 4 ... 6 групп позволяет исключить помещение раздевальной из комплекса помещений групповой ячейки. Общая площадь раздевальной составляет 60 м²; применение одного (центрального) входа в здание значительно повышает его теплозащиту.

В отечественной практике здания небольшой вместимости (как правило, четыре группы детского сада и один поток начальной школы с 1-го по 3-й классы) применяются для строительства на селе. Здание имеет блочную структуру, в отдельные блоки выделены помещения сада и школы. При пищеблоке, который расположен на базе двухсветного зала многоцелевого назначения, уст-

раивается обеденный зал, которым пользуются дети среднего и старшего дошкольного возраста и школьники.

В зданиях школ рекомендуется широко использовать верхний естественный свет для подсвета учебных помещений и освещения рекреаций и коридора. Это позволяет получить компактные планировки зданий с повышенной теплозащитой. Реализация подоб-

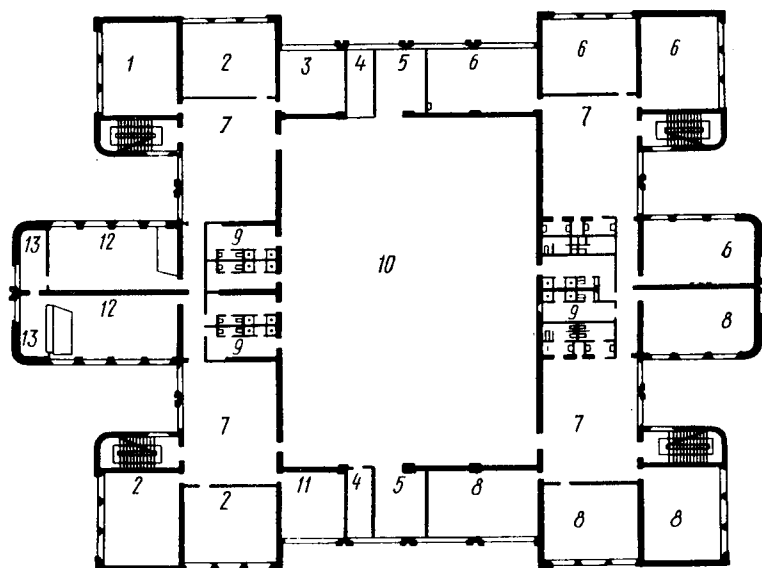


Рис. 2.7. Энергоэкономичное здание школы:

1 — кабинет черчения; 2 — кабинет математики; 3 — кружок технического творчества; 4 — комната инструктора; 5 — снарядная; 6 — класс нулевой; 7 — рекреация-спальня; 8 — класс первый; 9 — раздевальная; 10 — спортивный зал; 11 — кружок юного натуралиста; 12 — лаборатория биологии; 13 — ла-
борант

ного решения в ряде типовых проектов школ на 33 и 44 класса (рис. 2.7) дает возможность снизить затраты тепла на отопление примерно на 20%. Компактная планировка позволяет понизить коэффициент компактности здания, т. е. отношение площади периметра стен и покрытия к общей площади здания. Из анализа типовых проектов и их технико-экономических показателей выявлено, что снижение площади ограждающих конструкций, приходящихся на 1 м² общей площади, на 0,1, приводит к снижению стоимости строительно-монтажных работ зданий дошкольных учреждений со стенами из кирпича на 1,6 руб., а со стенами из каркасно-панельных конструкций — на 2,5 руб., а годовые эксплуатационные расходы на отопление при этом уменьшаются на 0,13 руб.

Повышение уровня тепловой защиты в проектах гражданских зданий нового типа следует осуществлять за счет применения компактных централизованных объемно-планировочных решений взамен линейных корпусных решений, использовавшихся ранее.

Т а б л и ц а 2.6. Удельный расход тепла в зависимости от длины здания и расчетной температуры наружного воздуха, %

Расчетная температура наружного воздуха, °С	Протяженность здания, м						
	15	30	60	80	100	120	140
<i>5-этажные дома</i>							
—20	125	109	100	97,3	95,8	94,7	94,1
—30	123	108	100	97,7	96,4	95,4	94,9
—40	121	107	100	98,0	96,8	95,9	95,3
<i>9-этажные дома</i>							
—20	121	110	100	100	97,9		96,1
—30	119	109	100	100	98,3		96,5
—40	117	108	100	100	98,5		96,7

Качественная оценка объемно-планировочных решений. Повышение тепловой эффективности зданий достигается увеличением плотности застройки, протяженности и ширины корпуса, оптимизацией этажности, уменьшением удельного периметра здания, а

Т а б л и ц а 2.7. Удельный расход тепла в зависимости от ширины здания и расчетной температуры наружного воздуха, %

Расчетная температура наружного воздуха, °С	Ширина, м							
	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>5-этажного дома</i>								
—20	104,2	100	96,2	93,3	90,5	88,7	—	—
—30	103,8	100	96,7	94,1	91,5	90,2	—	—
—40	103,5	100	97,0	94,5	92,4	90,9	—	—
<i>9-этажные дома</i>								
—20	100	96,7	92,0	88,7	86,2	83,6	81,6	80,0
—30	100	96,2	93,1	90,3	88,3	86,4	84,5	83,1
—40	100	96,5	93,7	91,1	89,0	87,1	84,3	84,2

также совершенствованием наружных ограждающих конструкций и т. д. Показателем тепловой эффективности здания служит удельная тепловая нагрузка на систему отопления (Вт/м² общей площади).

В табл. 2.6 ... 2.8 приводятся показатели удельного расхода тепла на отопление в зависимости от протяженности здания и температуры наружного воздуха.

Обобщенную тепловую характеристику здания можно получить по следующей методике.

Таблица 2.8. Удельный расход тепла в зависимости от удельного периметра наружных стен и расчетной температуры наружного воздуха, %

Удельный периметр наружных стен, м/м ²	Расчетная температура, °C					
	—20	—30	—40	—20	—30	—40
	5-этажные дома			9-этажные дома		
0,24	100	100	100	100	100	100
0,26	102,5	103	103,5	103	103,5	104
0,28	105	106	107	106	107	108
0,63	107,5	109	110,5	109	110,5	112
0,31	110	112	114	112	114	116
0,33	112,5	115	117,5	115	117,5	120
0,35	115	118	120	118	121	124

Трансмиссионные теплотери здания

$$Q_{тр} = k_c^{np} (F_{во} + \Sigma F_a) (t_n - t_h), \quad (2.1)$$

где k_c^{np} — приведенный коэффициент теплопередачи вертикальных наружных ограждений;

$$k_c^{np} = k_c + s(k_o - k_c), \quad (2.2)$$

$$\Sigma = \frac{k_{пnл} + k_{птнп}}{k_c^{np}};$$

$$n_{пн} = \frac{t_n - t_{пн}}{t_n - t_h}; \quad n_{пт} = \frac{t_n - t_q}{t_n - t_h}.$$

Здесь $t_{пн}$ и t_q — температура подполья и чердака; F_c , F_a — площади ограждений, м²; $s = F_o/F_c$ — коэффициент проемности; F_o — площадь окон, м²; k_c , k_o , $k_{пн}$, $k_{пт}$ — коэффициенты теплопередачи вертикальных ограждений стен, окон, пола, потолка.

Определив теплотери на инфильтрацию $Q_{и}$ и бытовые тепловыделения Q_6 , общий расход тепла

$$Q = Q_{тр} + Q_{и} - Q_6. \quad (2.3)$$

Эффективность принимаемых решений (%)

$$\Xi = \frac{(q_F - q_F) 100 \%}{q_F}, \quad (2.4)$$

где q_F — удельный расход тепла, %; q_F — удельный расход тепла базового решения.

Тепловая эффективность здания может быть оценена его геометрическими и объемно-планировочными параметрами. Удельный расход тепла в жилом здании q_F , если на нагрев инфильтрирующего воздуха расходуется 3 м³/ч на 1 м² жилой площади, можно определить по формуле

$$q_F = \left(k_{\text{вп}} \frac{F_c}{F_3} \frac{1}{N\psi\varphi} + \Sigma k_{\text{с}}^{\text{вп}} N\varphi + 1 \right) (t_n - t_h) - 21, \quad (2.5)$$

где N — количество этажей; ψ, φ — коэффициенты; F_3 — площадь застройки, м².

Если соотношение длины и ширины здания равно $m = a/b$, то

$$q_F = \left(k \frac{2}{b} \frac{m+1}{m} \frac{H}{\psi\varphi} + \Sigma k \frac{mb^2\varphi}{F_{\text{оп}}} + 1 \right) (t_b - t_h) - 21, \quad (2.6)$$

$$\psi\varphi = \frac{F_{\text{зд}}}{NF_3} \quad \text{и} \quad \varphi = \frac{F_{\text{оп}}}{F_{\text{из}}};$$

здесь ψ, φ — коэффициенты использования площади застройки и использования площади этажа; $F_{\text{зд}}$ — площадь здания, м².

Из формулы (2.6) видно, что расход тепла зависит от тепло-технических свойств вертикальных и горизонтальных ограждений $k_{\text{с}}^{\text{вп}}$ и Σ , высоты этажа H , общей высоты $H = Nh$, соотношение сторон в плане, площади здания, числа этажей и др.

Оптимальное число этажей

$$N_0 = \left[\frac{\Sigma}{(m+1)h} \right]^{2/3} \left(\frac{m\psi}{\varphi} \right)^{1/3} F_{\text{оп}}^{1/3}. \quad (2.7)$$

Если коэффициенты теплопередачи фасадных и торцовых стен одинаковы, то оптимальная форма здания — квадрат, а если различны, то форма в плане будет оптимальной.

Удельные тепловые характеристики здания, являющегося критерием учета влияния солнечной радиации и ветра на теплотери здания в холодный период года и тепlopоступления в теплый период года, вычисляют по формуле

$$q_{\tau} = q_0^F / q_0^{\text{min}}, \quad (2.8)$$

где q_0^F — удельная тепловая характеристика зданий общей полезной площади F , вычисленная без учета оптимизации ориентации и габаритов здания; q_0^{min} — минимальная удельная тепловая характеристика зданий общей полезной площади F , вычисленная с учетом оптимизации ориентации и габаритов здания.

Значения показателей теплозащиты здания вычисляются в соответствии со СНиП «Строительная теплотехника», а площади световых проемов — в соответствии со СНиП «Естественное и искусственное освещение».

Для зданий, проектируемых для строительства в районах со среднемесячной температурой июля 21°C и выше, ориентация и габариты вычисляются по тепловому периоду года, для остальных случаев — по холодному периоду года.

Размеры здания вычисляются по следующим формулам:
длина (м)

$$a = \sqrt[3]{\frac{hF_0}{q_5 + q_6} \frac{[(q_2 + q_4)(1 - p) + (q_{ок2} + q_{ок4})p]^2}{(q_1 + q_3)(1 - p) + (q_{ок1} + q_{ок3})p}}, \quad (2.9)$$

ширина (м)

$$b = \sqrt[3]{\frac{hF_0}{q_5 + q_6} \frac{[(q_1 + q_3)(1 - p) + (q_{ок1} + q_{ок3})p]^2}{(q_2 + q_4)(1 - p) + (q_{ок2} + q_{ок4})p}}; \quad (2.10)$$

количество этажей

$$n_{опт} = F_0 / (ab).$$

Минимальная удельная тепловая характеристика здания

$$q_0^{min} = 3 \sqrt[3]{\frac{h^2}{F_0} (q_5 + q_6)[q_1 + q_3(1 - p) + (q_{ок1} + q_{ок3})p][(q_2 + q_4)(1 - p) + (q_{ок2} + q_{ок4})p]},$$

где h — высота этажа здания (от пола до пола), м; p — коэффициент остекленности наружных ограждений (вертикальных); q_i — средние за расчетный период значения тепловых потоков через наружные ограждения, Вт/м^2 ; $i=1, 2, 3, 4, 5, 6$, где 1 и 3 — номера ограждающих конструкций, соответствующих размеру a в плане; 2 и 4 — то же, размеру b в плане; 5, 6 — номера покрытия и перекрытия; $q_{окi}$ — средние за расчетный период значения тепловых потоков через окна, Вт/м^2 .

Расчет тепловой эффективности здания производится в такой последовательности: определяют оптимальную ориентацию здания по наименьшему значению удельной тепловой характеристики, вычисленной с учетом условий оптимизации воздействия солнечной радиации и ветра, по формуле для предполагаемых ориентаций здания; для принятой ориентации определяют размеры здания; вычисляют удельную тепловую характеристику без учета условий оптимизации воздействия солнечной радиации и ветра; определяют показатель тепловой эффективности.

2.2. Региональные особенности проектирования

В соответствии с нормами рекомендуется дифференцировать требования к теплозащите домов в зависимости от широты. В районах Севера, например, рекомендуется проводить следующие мероприятия: устраивать лифты в зданиях с отметкой пола верхнего этажа от уровня тротуара; принимать площади световых проемов (т. е. отношение площади проемов всех комнат и кухонь к площади пола) минимальными согласно нормативам; лестничные клетки должны быть отапливаемыми. Неотапливаемые лестничные клетки допускаются в многоэтажных домах (в качестве незадымляемых), а также в домах с печным отоплением.

При входах в отапливаемые лестничные клетки и в квартиры малоэтажных домов на Севере необходимы входные тамбуры глубиной не менее 1,2 м. В зданиях высотой 16 этажей и более при средней температуре самой холодной пятидневки до -20°C , в зданиях высотой 12 этажей и более при температуре $-21 \dots -25^{\circ}\text{C}$, в зданиях высотой 9 этажей и более $-26 \dots -35^{\circ}\text{C}$, высотой 4 этажа и более $-36 \dots -40^{\circ}\text{C}$, 1 этаж и более — при температуре наиболее холодной пятидневки ниже -41°C следует устраивать двойные тамбуры.

Вместо открытых помещений допускается устройство неотапливаемых остекленных приквартирных помещений, период эксплуатации которых в 2 ... 4 раза больше, чем открытых.

В помещениях, расположенных за остекленной лоджией (верандой), необходимо обеспечение условий нормируемого воздухообмена, инсоляции, освещенности. При устройстве противопожарного балкона его габариты принимают следующих размеров: ширина — не менее 0,6 м, длина — не менее 2,0 м. Остекление противопожарных балконов не допускается.

В случае устройства открытых и остекленных приквартирных помещений в районах Крайнего Севера (подрайоны IB и IG) или умеренного и холодного климата (II район, подрайон IA, IB) их площадь не должна превышать 10% от верхних пределов общей площади квартир. В умеренном климате оптимальными типами домов по планировочной структуре рекомендуется считать многосекционные дома широтной ориентации.

При меридиональной постановке 9-этажных домов следует использовать меридиональные секции с шестью — восемью односторонними квартирами на один лестнично-лифтовой узел. В многокомнатных квартирах и квартирах в двух уровнях рекомендуется использовать двустороннюю ориентацию.

В угловых квартирах условия близки к требуемым по нормам, однако они имеют повышенные теплопотери. С целью снижения теплопотерь, а также удобной расстановки мебели в угловой комнате предусматривают только один оконный проем.

Рекомендуется на наветренную сторону здания обращать не более одной жилой комнаты в 2- и 3-комнатных квартирах и не более двух комнат в 4-, 6-комнатных квартирах. Типовые блок-секции ветрозащитной широтной планировки применяются в объеме до 20 ... 30% от общего объема строительства.

В домах высотой в 4 ... 5 этажей I и II степеней огнестойкости проектируют естественное освещение лестничных клеток через остекление (сверху или по боковым сторонам) светового двора на группы квартир. В каждой квартире 2...5-го этажей следует применять противопожарные балконы или переходы через воздушную зону в смежные секции. Из таких лестничных клеток удаление дыма предусматривают через вытяжные шахты.

2.3. Энергосберегающие мероприятия

Стены. Для снижения теплопотерь и повышения тепловой комфортности зданий необходимо совершенствовать наружные ограждающие конструкции. Это требует осуществления следующих мероприятий: разработки и применения эффективных однослойных стеновых панелей, в том числе керамзитобетонных, керамзитозлобетонных и керамзитоперлитобетонных плотностью до 900 кг/м³; панелей из ячеистого бетона плотностью до 600 кг/м³ и др.; разработки многослойных конструкций стен пониженной теплопроводности с эффективными утеплителями, жесткими и гибкими металлическими связями.

В настоящее время в мире наблюдается тенденция к повышению теплозащиты ограждающих конструкций. В Финляндии, например, показатель сопротивления теплопередаче стен и покрытий «по глади» достигает 5 м²·°С/Вт, что считается пределом возможного. При этом для теплоизоляции используются минераловатные и синтетические материалы. В нашей стране, введенный в действие с 1986 г. СНиП «Строительная теплотехника», предусматривает значение сопротивления теплопередаче не менее требуемого по стандартно-гигиеническим нормам и равное экономически целесообразному.

Большой интерес с точки зрения экономии тепла в зданиях и помещениях представляет увеличение теплоаккумуляции ограждений. Для этого применяют многослойные конструкции, которые изменяют теплоаккумулирующие свойства ограждающих конструкций. Массу наружных стен рекомендуется применять максимально возможной. На этом принципе осуществлено строительство одного из административных зданий в США, где массивная часть стены — из бетонных блоков толщиной 30 см, масса стен принята равной 360 кг/м². Эффективная внешняя теплоизоляция, выполненная с наружной стороны из пенополиуретана толщиной 7,5 см, не позволяет уходить аккумулированному теплу наружу

при отключении отопления. Покрытие здания — из железобетонных плит с теплоизоляцией сверху.

Возможен способ так называемой динамической теплоизоляции, позволяющий снизить теплопотери через ограждающие конструкции здания без использования традиционной усиленной теплоизоляции. В основе метода лежит уменьшение температурного градиента между наружной и внутренней стенками теплоизоляции и рециркуляции потоков теряемого зданием тепла. Это достигается путем пропускания через ограждающие конструкции наружного или вытяжного воздуха.

В многослойных конструкциях возможны различные технические решения по улучшению их теплозащитных качеств: устройство в наружных ограждениях замкнутых и вентилируемых воздушных прослоек; применение в наружных стенах вставок из пористых материалов; совмещение с коллектором солнечной энергии; применение строительных конструкций с вентиляционными устройствами, т. е. вентилируемых панелей, а также панелей с теплоаккумулирующими засыпками.

Анализ структуры наружных стен панельных зданий показывает, что в 1985 г. основной удельный вес (80%) в городском жилищном строительстве составляли однослойные стены. Термическое сопротивление однослойных стен должно быть повышено за счет снижения плотности бетона до $900 \dots 1000 \text{ кг/м}^3$ и других мероприятий. Стены из ячеистого бетона, хотя и уступают по своим теплотехническим характеристикам трехслойным с гибкими связями, являются достаточно экономичными, поэтому рекомендуется их широкое использование при условии дальнейшего снижения их плотности.

Рациональными типами стен монолитных зданий являются трехслойные стены с эффективным утеплителем. Однослойные легкобетонные стены в связи с низким термическим сопротивлением и высокой плотностью в ряде случаев являются экономически нецелесообразными и их заменяют на слоистые.

В сельских домах для повышения термического сопротивления конструкций предусматривается: для монолитных стен однослойных конструкций снижение класса бетона и его плотности до 800 кг/м^3 , а также применение трехслойных стен с утеплителем из пенополистирола; для стен из крупных легкобетонных блоков — снижение плотности бетона до 1000 кг/м^3 ; для деревянных панелей — применение минераловатных плит плотностью 50 кг/м^3 .

Для повышения термического сопротивления стен общественных и жилых зданий в основном применяют слоистые конструкции — легкобетонные с термовкладышами, трехслойные с жесткими и гибкими связями и утеплителем из пенополистирола. Для каркасно-панельных зданий повышение термического сопротивления стен необходимо в случае однослойных панелей (из ячеистого и легкого бетонов) путем снижения плотности бетонов, а также

**Т а б л и ц а 2.9. Рекомендуемая структура наружных
стен домов в жилищном строительстве, %**

Конструкции	Рекомендуемая структура, %
<i>Для города</i>	
П а н е л ь н ы е	
однослойные керамзитобетонные толщиной, см:	
30	24,0
35	8,7
то же, из ячеистого бетона	8,4
Всего...	41,1
трехслойные с жесткими связями толщиной 35 см	48,9
Всего...	48,9
трехслойные с гибкими связями толщиной, см:	
30	7,9
35	2,1
Всего...	10,0
Итого...	100%
однослойные монолитные плотностью бетона 1200 кг/м³, тол- щиной, см:	
35	15,2
40	11,5
45	43,3
Всего...	70,0
трехслойные плотностью бетона 2400 кг/м³, толщиной 32 см	30,0
Всего...	30,0
Итого...	100%
<i>Для села</i>	
Монолитные	5,4
в том числе с повышенной теплозащитой	4,3
Крупноблочные	6,8
в том числе с повышенной теплозащитой	5,4
Деревянные	27
в том числе с повышенной теплозащитой	6,5
Кирпичные	43
Панельные	17,1
Объемно-блочные	0,7
Итого...	100%
О б щ е с т в е н н ы е з д а н и я	
Крупнопанельные	34,3
В том числе:	
однослойные	21,8
трехслойные на гибких связях	12,5
Каркасно-панельные	16,3
В том числе:	
однослойные	10,3
трехслойные на гибких связях	6

Конструкции	Рекомендуемая структура, %
Монолитные трехслойные с утеплителем из пенополистирола	1,3
Кирпичные	41,8
В том числе:	
кладка из пустотелого кирпича	29,3
то же с перлитовой штукатуркой или с утеплением минераловатными плитами с внутренней стороны	12,5
Прочие	6,3
Итого...	100%

применения трехслойных стен с жесткими и гибкими связями и утеплителем из пенополистирола.

Для повышения качества и эффективности строительного производства необходимо также использование легких навесных панелей.

Таблица 2.10. Эффективность применения наружных стеновых панелей различной конструкции

Панели, применяемые при зимней расчетной температуре наружного воздуха -30°C	Толщина панели, мм	Годовой расход топлива, кг, УТ на 1 м^2 общей площади	Годовая экономия топлива, кг УТ на 1 м^2 общей площади	
			от применения наружных стеновых панелей	общая
Однослойная из керамзитобетона на поризованном кварцевом песке плотностью 1200 кг/м^3	350	35,0	—	—
Однослойная из керамзитобетона на керамзитовом песке плотностью 1000 кг/м^3	350	30,0	3,5	5,0*
Однослойная из ячеистого бетона плотностью 600 кг/м^3	300	28,0	5,5	7,0*
Трехслойная керамзитобетонная с жесткими связями (утеплитель — жесткие минераловатные плиты)	350	27,0	6,5	8,0*
Трехслойная из тяжелого бетона с гибкими связями (утеплитель — пенополистирол)	300	23,5	10,0	11,5*

* Учтено среднее значение экономии от внедрения других мероприятий ($1,5 \text{ кг УТ на } 1 \text{ м}^2$ общей площади).

Одним из наиболее рациональных решений легких наружных стен являются панели с экраном.

В табл. 2.9 приведены рекомендуемые структуры наружных

стен (к 2000 г.) для гражданского строительства в городе и сельской местности.

В табл. 2.10 приведены эффективные значения от применения наружных ограждающих конструкций различных типов.

Как видно в табл. 2.10, наиболее эффективными с точки зрения экономии тепла являются трехслойные панели с гибкими связями. Однако нужно иметь в виду, что однослойные легкобетонные панели в меньшей степени передают влияние внешних климатических воздействий в помещение и более эффективны с точки зрения аккумуляции влаги.

В настоящее время при проектировании оконных заполнений жилых зданий имеются тенденции к уменьшению размеров форточек и клапанов, служащих для проветривания помещений. С уменьшением размеров вентиляционных отверстий при сохранении их количества скорость движения воздуха от вентиляционных отверстий усиливается. Проветривание через форточки и узкие остекленные створки окон в холодный период года создает относительное улучшение качества воздуха помещений лишь на период их открывания. При этом происходит переохлаждение помещений, перерасход тепла, возможны простудные заболевания и т. д.

Достигнуть стабильного поступления наружного воздуха в помещения многоэтажного здания можно только при механической вытяжной вентиляции, воздушном отоплении и кондиционировании.

Наряду с преимуществами эти системы вентиляции имеют существенные недостатки. Качество воздушного режима помещений при воздушном отоплении и кондиционировании ухудшается в связи с уменьшением необходимых человеку отрицательно заряженных ионов в воздухе, поступающем в помещение.

Анализ показывает, что резервы дальнейшего повышения теплозащитных качеств наружных ограждающих конструкций почти исчерпаны, поэтому начинают приобретать практическое значение технические решения, предусматривающие использование нетрадиционных источников энергии — вторичных энергетических ресурсов, энергии ветра, геотермальной энергии солнца, тепла удаляемого вентиляционного воздуха и т. д. Например, новые возможности улучшения воздушного режима помещений открывает способ вентиляции через вентилируемые наружные ограждения. Эффект такой вентиляции зависит от наличия в стеновом ограждении слоя, через который фильтруется в помещение наружный холодный воздух. Этот воздух, проходя через наружное ограждение, утилизирует тепло. Возможно применение как традиционных, так и нетрадиционных решений.

Наружные стены во многом определяют комфортность жилища, затраты на его сооружение и эксплуатацию. Часто применяются однослойные наружные стеновые панели, выполняемые из легкого бетона и представляющие собой плиты сплошного сечения

с проемом для окна или без него. Они могут быть двух- и трехслойными, в том числе с воздушными прослойками. Так, двухслойная панель состоит из слоя конструктивного бетона и утепляющего слоя, между которыми располагается воздушная прослойка, а конструктивный бетон служит экраном и располагается с внешней стороны стены. Несущий слой выполняется из плотного и легкого конструкционного бетонов, а утепляющий — из теплоизоляционного бетона плотностью 500 кг/м^3 или крупнопористого плотностью не более 1000 кг/м^3 . При наличии воздушной прослойки несущий слой выполняет функции утепляющего слоя и изготавливается из легкого теплоизоляционного бетона. Теплозащита керамзитобетонных однослойных панелей ниже многослойных, но заводские затраты меньше.

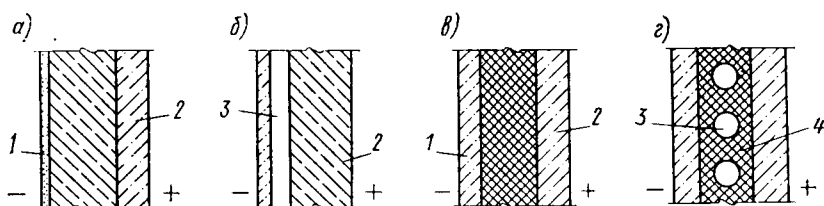


Рис. 2.8. Слоистые панели:

а — двухслойная; б — с воздушной прослойкой; в — трехслойная; г — то же, с воздушной прослойкой; 1 — наружный слой; 2 — несущий слой; 3 — воздушная прослойка; 4 — утеплитель

В суровых климатических условиях использование однослойных стеновых панелей неэффективно. Однако увеличение их толщины экономически не выгодно. Повышать теплозащиту однослойных панелей можно путем уменьшения плотности бетона, использования материалов с лучшими теплозащитными свойствами, совершенствования технологии, соблюдения проектного состава бетона.

Более высокие теплотехнические качества имеют двухслойные панели, при этом имеется возможность рационального использования хороших теплотехнических качеств легкого бетона (теплоизоляционного слоя) и высоких прочностных качеств конструкционного бетона. Однако нужно иметь в виду, что двухслойные панели более трудоемки в производстве, чем однослойные, а следовательно, дороже.

Еще большей теплоизоляцией обладают трехслойные панели с утепляющими вкладышами. Они состоят из внешних слоев армированного бетона и теплоизоляционного слоя, расположенного между ними (рис. 2.8). Внешние слои выполняются обычно из конструкционного тяжелого бетона и бетона на пористых заполнителях.

Трехслойные панели бывают с ребрами и на гибких связях (рис. 2.9). Панели на гибких связях с эффективным утеплителем позволяют экономить значительное количество топлива при их изготовлении и эксплуатации зданий. Гибкие связи выполняются

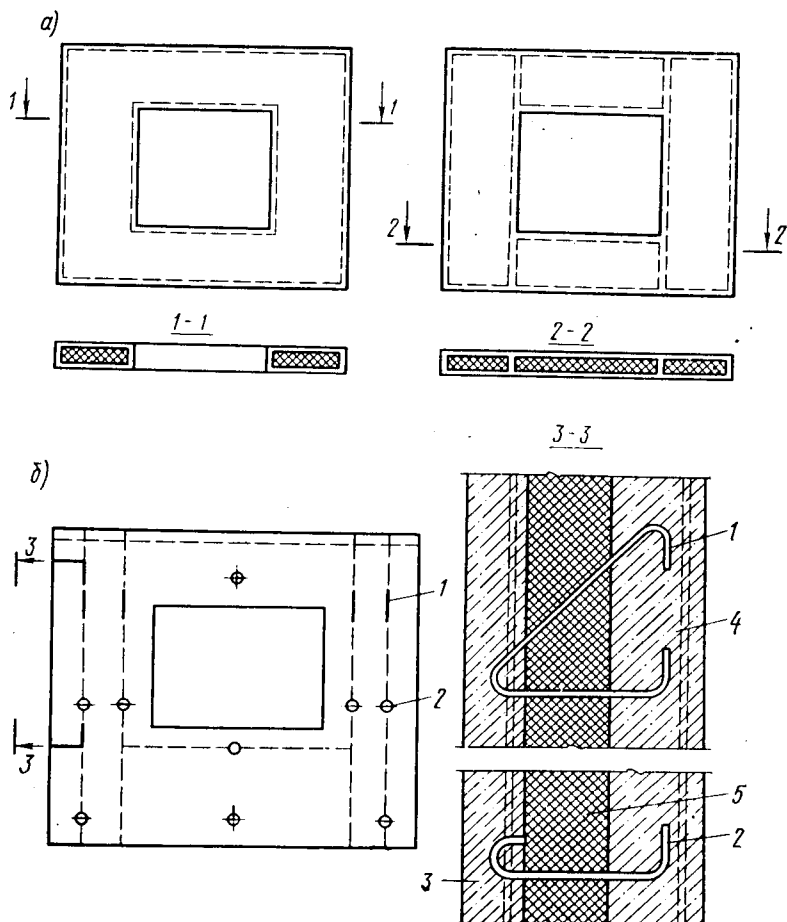


Рис. 2.9. Трехслойная стеновая бетонная панель:

а — с жесткими ребрами; *б* — с гибкими связями; 1 — подвеска; 2 — распорка; 3 — наружный армированный слой; 4 — то же, внутренний; 5 — утеплитель

из отдельных металлических стержней, которые могут располагаться по контуру утеплителя и по всему полю плиты. Гибкие связи обеспечивают свободу взаимных перемещений слоев в плоскости стены при температурных воздействиях. Чем гуще расположены связи, тем ниже теплозащита панелей. При прочих усло-

виях и одинаковой толщине утеплителя теплозащита панели с гибкими связями почти в 2 раза выше, чем такой же панели, слой которой соединены жесткими ребрами.

Недостатком трехслойных панелей наружных стен по сравнению с однослойными является то, что они на 10...15% более трудоемки при изготовлении.

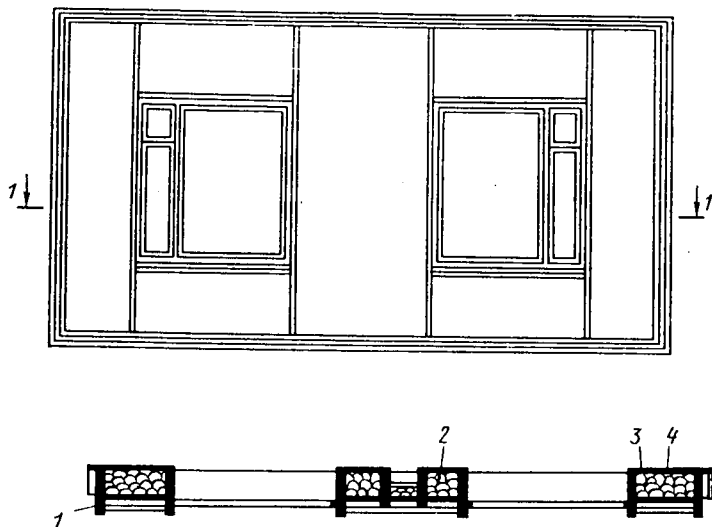


Рис. 2.10. Легкая навесная панель:

1 — каркас; 2 — утеплитель (несгораемый или трудносгораемый); 3 — листовая обшивка; 4 — пароизоляция (из слоя полиэтиленовой пленки)

В условиях Севера эффективным оказывается применение пристенных пассивных средств сбора солнечной энергии. К этим средствам относятся остекленные стены («стены Тромба») и остекленные лоджии, позволяющие увеличить температуру на наружной поверхности стены в период облучения солнцем на 10 ... 40°C. Большая продолжительность отопительного периода на Севере также увеличивает эффективность пассивных средств гелиотехники. В летние месяцы «стены Тромба» и остекленные лоджии, оснащенные воздушными клапанами, работают как солнечные коллекторы, сокращая продолжительность отопительного периода. Зимой даже при малых значениях солнечной радиации пристенное остекление снижает теплопотери через стены.

С 1982 г. применяется ГОСТ 18128—82 «Панели асбестоцементные стеновые на деревянном каркасе с утеплителем» (рис. 2.10). Наиболее эффективны с точки зрения теплозащиты панели с экраном. Они могут применяться в качестве элементов наруж-

ных стен фасадов и лоджий для зданий 1-го класса любой этажности. Согласно ГОСТу в районах с расчетной температурой наибо-лее холодных суток выше -30°C эти панели могут применять-ся без экрана.

Перспективными с точки зрения экономии тепла, улучшения воздушного и влажностного режимов помещений являются венти-лируемые стены. Имеются два способа такой вентиляции: сквоз-ная (поперечная) и продольная. Примером сквозного проветрива-ния может служить деревянный дом, стены которого имеют воз-духопроницаемость в сотни раз больше, чем у бетонных домов.

Продольное проветривание может быть применено при изго-товлении наружных ограждений из слоистых панелей (наружный и внутренний слои — воздухонепроницаемые, средний — воздухо-проницаемый). Для этой цели пригодны, например, двухслойные керамзитобетонные панели, у которых внутренний слой — из круп-нопористого керамзитобетона, наружный защитный — отделоч-ный — из цементно-песчаного раствора. Могут быть применены и однослойные стены с каналами в их толще. Такое проветривание по сравнению с обычным (через щели в окнах и форточки) суще-ственно уменьшает расход тепла и, следовательно, может быть использовано при проектировании энергоэкономичных домов. При-меры таких конструкций см. выше в гл. 1.

Стыковые соединения. Стыки играют важную роль в обеспе-чении теплозащиты стены. От правильного исполнения стыковых соединений наружных стен в значительной степени зависят экс-плуатационные качества стен. Теплотери через стыки совре-менных зданий достигают 20% теплотери через глухую часть стены.

В зимних условиях эксплуатации теплозащита стыков харак-теризуется температурой внутренней поверхности стыка и коли-чеством наружного воздуха, проникающего через него в помеще-ние.

Неудовлетворительные воздухо- и водозащита могут снизить теплозащитные качества стен в зимних условиях. Для борьбы с излишней воздухопроницаемостью применяется герметизирующая лента «Герлен».

При необходимости в стыки устанавливаются теплозащитные вкладыши (рис. 2.11). Стык может иметь достаточные теплоза-щитные свойства и у двухслойных панелей при отсутствии тепло-изоляционного вкладыша. Теплоизолирующий слой в нем не разор-ван теплопроводным включением, так как бетон замоноличивания примыкает к несущим слоям стеновых панелей и имеет одинако-вые с ними теплозащитные свойства.

В двухслойных бетонных панелях при слитной структуре утеп-ляющего слоя из бетона на пористых заполнителях условия при-менения стыков принимаются такими же, как для однослойных панелей из бетонов на пористых заполнителях.

Теплозащита стыков между легкими навесными панелями обеспечивается заполнением полостей утепляющими пакетами из минераловатных плит, обернутыми в полиэтиленовую пленку. Поперечное сечение пакета до установки в полость стыка должно

иметь размеры несколько большие (на 2...3 см), для того чтобы путем обжатия была обеспечена плотность его примыкания к поверхностям заполняемой полости.

В легких навесных панелях защитой от прямого воздействия ветра и проникновения холодного воздуха внутрь стыка служат экраны из асбестоцементных листов, которые в вертикальных стыках прикрепляются к панелям с наружной стороны шурупами, а в горизонтальных — вставляются в пазы, предусмотренные в верхних и нижних кромках панелей. Зазоры между панелью и примыкающими конструкциями внутренних стен и перекрытий заделываются со стороны помещения конопаткой с последующей проклейкой тканей лентой по всему периметру панели. Снаружи горизонтальный зазор между панелью и плитой перекрытия лоджии заделывается герметизирующей мастикой.

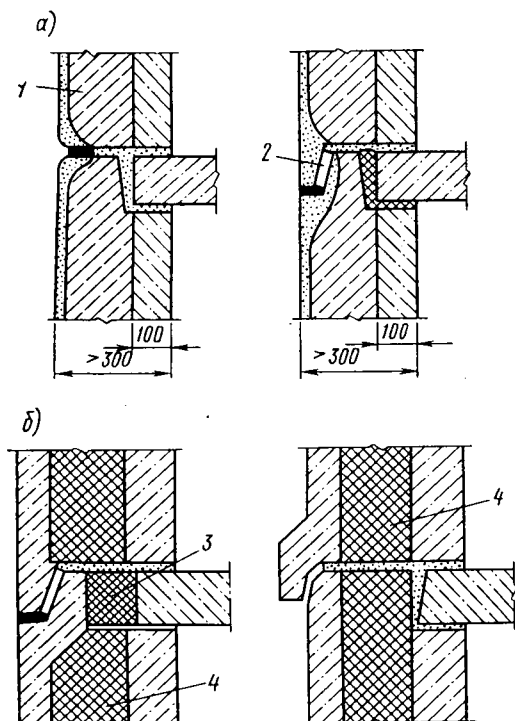


Рис. 2.11. Горизонтальные стыки:

а — между одно- и двухслойными панелями; б — между трехслойными панелями с гибкими связями; 1 — плоский стык; 2 — стык с противодождевым барьером; 3 — теплозащитный вкладыш; 4 — теплоизоляция

На теплозащитные качества стыков оказывает влияние их воздухопроницаемость, поэтому целесообразны специальные меры, предотвращающие ее, для всех типов стыков. Допустимый сквозной расход воздуха ограничивается величиной 0,5 кг/(м·ч).

Температурные поля стыков. Для установления температурных условий на внутренней поверхности ограждения в расчетный зимний период, характеризующих комфорт помещения, производится расчет температурных полей стыков. Для этого используются электроаналоговые ЭВМ. С их помощью производится аналити-

ческая проверка новых конструктивных решений наружных панелей и стыков между ними; определяется возможность использования принятых типов конструкций в соответствующих строительных-климатических районах совместно с оценкой микроклимата жилища при обеспечении санитарно-гигиенических условий проживания.

В качестве примера рассмотрим результаты расчетов на ЭВМ* узлов наружных керамзитобетонных панелей с эффективным утеплителем (Казахграждансельпроект). Коэффициент теплопроводности утеплителя $\lambda = 0,05 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$.

Наружные стены имеют «среднюю массивность», и в соответствии со СНиП II-3—79** при их расчете следует принимать среднюю температуру между средними температурами самой холодной пятидневки и наиболее холодных суток. Ввиду того что в Алма-Атинской, Джамбулской и Чимкентской областях (где предполагается строительство домов этого типа) указанные выше температуры весьма различны, для расчета принята температура -30°C , характерная для ряда пунктов зоны.

При выборе расчетных коэффициентов теплопроводности материалов учитывалось расположение указанных областей в сухой влажностной зоне. Для помещений с нормальным влажностным режимом значения коэффициентов теплопроводности материалов, входящих в конструкции, принимались по СНиП II-2—79**.

Угловой стык трехслойных керамзитобетонных панелей при отсутствии стояка отопления в углу не удовлетворяет требованиям СНиП II-3—79*. Наличие стояка в углу приводит к увеличению теплотеря здания (температура на наружной поверхности увеличивается почти на 1°C), но устраняет понижение температуры в углу. Кроме того, она повышается до 36°C .

Аналитические расчеты теплопередачи через стыки, как правило, не учитывают фильтрацию наружного воздуха, а если и учитывают, то только величину общей воздухопроницаемости стыков, которая условно принимается одномерной. Однако входящие в общую воздухопроницаемость величины сквозной и продольной воздухопроницаемости в различной степени влияют на теплопередачу. Сквозная или поперечная воздухопроницаемость характеризует фильтрацию воздуха поперек конструкции, а продольная — вдоль нее**.

В настоящее время в ЦНИИЭПжилища (лаборатория теплового и воздушного режимов) разработаны программы расчета на ЭВМ для стыков, учитывающие многомерность фильтрации воздуха.

Световые проемы. Окна и балконные двери представляют собой в теплотехническом отношении наиболее слабое звено в системе наружных ограждающих конструкций зданий. Конструкция и размеры окон оказывают существенное влияние на условия

* По методике лаборатории теплового и воздушного режима ЦНИИЭПжилища.

** Более подробно о физической сущности продольной и сквозной воздухопроницаемости см. в «Рекомендациях по проверке и учету воздухопроницаемости наружных ограждающих конструкций жилых зданий» (М., Изд. ЦНИИЭПжилища, 1983).

теплового комфорта в помещениях и расход тепла на нагрев фильтрующегося наружного воздуха. Доля теплопотерь здания через них составляет примерно 15 ... 25% в южных районах и 50 ... 60% — в северных. Эффективной энергосберегающей мерой является изменение размеров и конструктивного исполнения окна.

При проектировании выбирают конструкцию окон исходя из критериев требуемого и экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_{0,эк}$ и требуемого сопротивления воздухопроницанию $R_{и}$.

Методика расчета и выбора конструкции окон предусматривает определение расчетных наружных температур и разности давлений воздуха по обе стороны окна с учетом допустимой удельной воздухопроницаемости. Меры по сохранению энергии, связанные с конструктивным исполнением окон, различные.

Зона применения окон с тройным остеклением и отдельными переплетами в настоящее время расширена. Экономические расчеты показывают, что применение спаренных переплетов нецелесообразно даже в условиях Ленинграда. Окна с отдельными переплетами обеспечивают улучшенные гигиенические и микроклиматические показатели, в том числе понижение перепада температур между воздухом и поверхностью окна, уменьшение влияния отрицательной радиации.

Для повышения сопротивления теплопередаче окон разрабатываются новые конструкции, в том числе с увеличением слоев остекления, со стеклопакетами и теплоотражающими или теплопоглощающими стеклами в деревянных, деревометаллических и металлических переплетах, обладающих высоким сопротивлением воздухопроницанию, обеспечиваемым эффективными герметиками. Повышение сопротивления теплопередаче окон достигается также путем усовершенствования его отдельных конструктивных элементов. Теплопотери через оконный проем можно сократить, если размеры подоконника и высота его расположения над нагревательным прибором будут оптимальными.

При использовании металлических переплетов влияние на температурное поле остекления и теплопередачу через окно в целом можно несколько уменьшить, применив в переплетах перфорацию. Например, перфорация стенки переплета, равная 80 ... 90%, уменьшает теплопотери через переплет на 25 ... 30%. Если еще применить и термовкладыши из эффективного утеплителя, то средняя температура внутренней поверхности переплета повысится на 9 ... 10°C.

Применение окон без коробок имеет некоторое преимущество по сравнению с традиционными конструкциями оконных блоков. Несмотря на то что в таких окнах теплопотери через стекла на 9% больше, чем в типовых, а также несколько выше теплопотери через откосы при отсутствии ветра, при скорости ветра, превышающей 2 ... 3 м/с, теплопотери через откосы в типовом окне ин-

тенсивно увеличиваются (что объясняется наличием щелей между стеной и оконной коробкой).

Одним из эффективных способов повышения теплозащиты окон является также выбор оптимального межстекольного расстояния, которое в основном зависит от разности температур внутреннего и наружного воздуха.

Теплоизоляционные свойства окон можно улучшить благодаря использованию стекол с теплоотражающим покрытием, обладающим способностью пропускать коротковолновую ультрафиолетовую солнечную радиацию в диапазоне от 0,2 до 2 мкм и почти полностью (до 90%) отражать длинноволновую тепловую радиацию в диапазоне от 2,5 до 16 мкм (обычное оконное стекло пропускает последнюю на 70%). Для покрытий используются полупрозрачные металлические пленки, например из олово-кадмиевого оксида. За счет снижения величины лучистой составляющей теплообмена на внутренней поверхности окна теплотери через окна уменьшаются примерно на 15 ... 20%, что дает снижение теплотерь здания на 7 ... 10%. Кроме экономического достигается и гигиенический эффект, так как при заполнении световых проемов селективным стеклом температура на внутренней поверхности окна повышается примерно на 4°C.

За рубежом широко применяется система окон и стен, в которой вытяжной воздух поступает через отверстия в стене на уровне потолка в пространство между двойным остеклением окон и затем отводится через решетки в нижней части окон. В результате создается воздушный поток, который, омывая поверхность стены в летнее время, уносит избыточное тепло, не давая ему возможности излучиться внутрь здания. Зимой эта система работает точно так же, согревая поверхность стены.

Один из путей снижения теплотери через окна — использование теплозащитных экранов, штор и ставней, выполняемых из эффективных теплоизоляционных материалов.

Ведется разработка остекления, которое может изменять свои тепловые характеристики в соответствии с изменениями наружных условий. Так, за рубежом предложена оконная рама с двойным остеклением, между которым помещается специальный материал (засыпка), предотвращающий теплотери в ночное время или теплопоступления в летний период. Засыпка позволяет снизить теплотери через окна в 10 раз. Другая система — «Скайлид», представляющая собой изолированную жалюзийную решетку, может устанавливаться в больших окнах или световых фонарях. Эти жалюзи работают автоматически при нарушении теплового баланса. Они бывают закрыты в ночное время или во время холодной погоды, чтобы избежать теплотерь.

Применение непрозрачного теплозащитного экрана, установленного по всей площади окна между стеклами, может дать по-

вышение температуры внутренней поверхности остекления на 5 ... 7°C.

За рубежом получили распространение светопропускающие теплоотражающие шторы, изготавливаемые из тканей на основе прозрачных полимерных волокон. Такие шторы снижают световой поток всего на 10%, но значительно повышают сопротивление теплопередаче окна, что равносильно установке третьего стекла.

Т а б л и ц а 2.11. Рекомендуемая структура окон

Тип окон	Эталон структуры на 1985 г.	Рекомендуемая структура к 1996 г., %
<i>В городском жилищном строительстве</i>		
ОС*	70	37
ОР**	18	40
ОРС***	12	23
Итого...	100	100
<i>В сельском жилищном строительстве</i>		
ОС	69,8	36,9
ОР	18,2	40,2
ОРС	12,0	22,9
Итого...	100,0	100,0
<i>В строительстве общественных зданий</i>		
ОС	31,6	31,6
ОР	49,7	49,7
ОРС	18,7	18,7
Итого...	100,0	100,0

Примечание. ОС — окна со спаренными, ОР — с раздельными, ОРС — с раздельно-спаренными переплетами.

В Финляндии были разработаны новые конструкции окон с тройным остеклением, конструктивно оформленные в виде стеклопакетов, имеющие сопротивление теплопередаче 0,62 ... 0,67 м²×°С/Вт. Планируется внедрить конструкцию окон с четырьмя стеклами, имеющую сопротивление теплопередаче выше 0,77 м²×°С/Вт. В 1990 г. в Финляндии предполагают довести значение коэффициента теплопередачи окон до 1 Вт/(м²·°С). В целом считаются наиболее целесообразными трехслойные окна с возможностью установки четвертого стекла в отдельном переплете.

Ведутся исследования по разработке и применению герметичных окон с заполнением межстекольного пространства холодным, хлором, аргонном, криптоном, ксеноном, а также вакуумированных окон.

Предусматривается повсеместное повышение термического сопротивления окон и в СССР. В табл. 2.11 приводится рекомендуе-

мая структура окон на перспективу. Наиболее перспективными являются окна с отдельными и отдельно-спаренными переплетами.

Тепловая эффективность окон может быть повышена вентилярованием межстекольного пространства внутренним воздухом. При этом повышается температура внутренней поверхности остекления, что способствует улучшению комфортности тепловой обстановки помещения, а также уменьшаются тепlopоступления от солнечной радиации. Вентилируемые окна могут быть как с одной, так и несколькими вентируемыми прослойками*, как с попутным, так и со встречным движением. Существуют решения с забором и выводом воздуха помещения прослойки с помощью вентилятора. При этом вентируется одна прослойка. Имеются решения и с более сложным движением воздуха.

Вентилируемые окна в теплое и переходное время года позволяют существенно понизить тепловую нагрузку на системы охлаждения и обеспечивают экономию энергии на перемещение и охлаждение воздуха. Такие окна защищают помещения от перегрева в теплое время года и повышают их комфортность в холодное время.

В последние годы в СССР разработаны новые типы окон и балконных дверей с повышенными теплотехническими свойствами, на ряд типов окон созданы стандарты, обеспечивающие возможность массового выпуска их для жилых и общественных зданий, возводимых в районах с различными климатическими условиями. Для повышения теплозащитных свойств ограждений применяются окна с отдельными переплетами и двойным остеклением и окна с тремя рядами стекол, которые обеспечивают нормативное сопротивление теплопередаче соответственно $R_0=0,38$ и $0,52 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Наиболее надежным способом повышения сопротивления теплопередаче является применение четырех рядов остекления. Однако при этом существенно повышается расход древесины, снизить который можно использованием стеклопакетов вместо обычных стекол. Окна с четырьмя рядами стекол выполняются следующих вариантов: 1) с двумя однокамерными стеклопакетами (рис. 2.12); 2) с двухкамерным стеклопакетом и стеклом; 3) с остеклением из обычного стекла. Для вентиляции окна снабжены клапанами.

Приведенное сопротивление теплопередаче окон с четырьмя рядами стекол составляет $0,8 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, сопротивление воздухопроницанию этих окон с двумя и тремя рядами уплотняющих прокладок — не ниже соответственно $2,02$ и $2,57 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}^{2/3}/\text{кг}$.

В окнах с четырьмя рядами стекол могут применяться стандартные вентиляционные клапаны, состоящие из внутренней и наружной створок. Внутренняя створка изготавливается с обшивкой

*В том числе с вентиляцией наружным воздухом.

из твердой древесноволокнистой плиты и с заполнением из мягких древесноволокнистых плит или полужестких минераловатных плит на синтетическом связующем.

Конструкция остекленной части балконной двери аналогична конструкции окна. Для повышения теплозащиты нижняя (глухая) часть балконной двери утепляется мягкой древесноволокнистой плитой или полужесткими минераловатными плитами на синтетическом связующем.

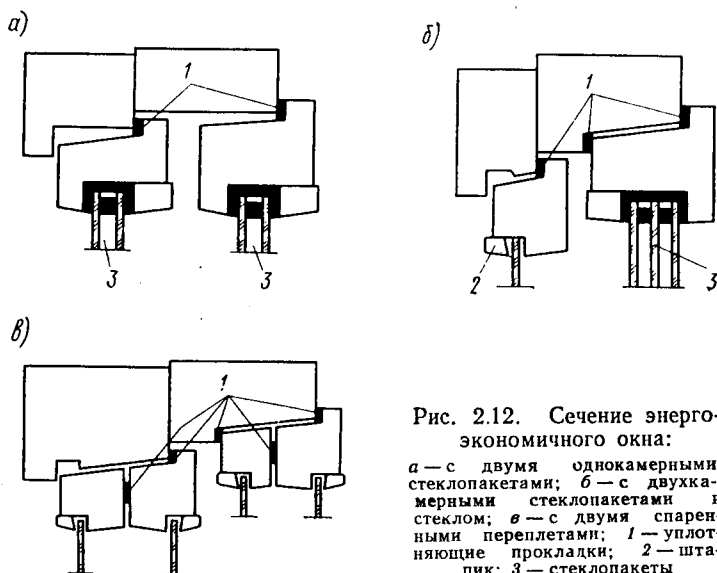


Рис. 2.12. Сечение энерго-экономичного окна:

а — с двумя однокамерными стеклопакетами; б — с двухкамерными стеклопакетами и стеклом; в — с двумя спаренными переплетами; 1 — уплотняющие прокладки; 2 — штапик; 3 — стеклопакеты

Притворы окон и балконных дверей уплотняются пенополиуретановыми прокладками, приклеиваемыми к наплаву. Тройное уплотнение притворов применяется при разности давлений между наружным и внутренним воздухом более 100 Па.

Номенклатура типоразмеров окон с повышенными теплозащитными свойствами зависит от принятого варианта остекления. Номенклатура окон со стеклопакетами (одно-, двухкамерными) соответствует номенклатуре окон с тройным остеклением — со стеклопакетами и стеклами. Номенклатура окон с обычным остеклением может быть более обширной, поскольку на нее не налагаются ограничения, связанные с типоразмерами стеклопакетов.

В табл. 2.12 приведены данные по экономии энергии для трех городов СССР при добавлении одного стекла к двойному или тройному остеклению. Денежная экономия от добавления одного стекла к окну зависит от цены энергии и экспертной оценки ее дальнейшего роста, величины капиталовложений, срока службы, процентной нормы на капиталовложения и т. д.

Повысить теплозащитную способность окон можно применением штор из металлизированной пленки. При этом снизится на 2,5°C температура наружной и повысится температура внутренней поверхности окна.

В случае расположения пленки в межстекольном пространстве тепловой эффект составляет 20 ... 25%, если же пленка проложена перед окном, этот эффект несколько больше.

Т а б л и ц а 2.12. Годовое теплотребление / и экономия электроэнергии в зависимости от числа стекол в окнах

Число стекол в окне	T, кВт·ч	Годовая экономия, кВт·ч		Температура, °C	
		всего	на 1 м ² окна	на 1-м этаже	на 2-м этаже
Москва					
2	14 398	—	—	26,9	27,6
3	12 955	1443	97	27,0	27,7
4	12 357	598	40	26,9	27,6
Туруханск					
2	29 816	—	—	30,3	32,9
3	26 806	3010	210	30,3	32,3
4	25 483	1323	88	30,2	32,2
Ташкент					
1	9 850	—	—	33,9	35,0
2	7 189	2661	178	34,6	35,6
3	6 454	735	49	34,8	35,7

Применение временной, в частности ночной, теплоизоляции окон в виде штор из светотехнической пленки со степенью черноты теплоотражающей поверхности 0,09 обеспечивает повышение теплозащитной способности окна на 25 ... 30% при пленке перед остеклением и на 20 ... 25% при пленке между стеклами.

Соппротивление теплопередаче окон может быть существенно увеличено, а теплотери снижены при уменьшении длины швов в открываемых переплетах, устройстве теплоизоляции на оконных откосах, уменьшении воздухопроницаемости путем применения уплотняющих прокладок в притворах. Наименьшую воздухопроницаемость имеют окна с большим числом притворов, а следовательно и рядов уплотняющих прокладок.

В табл. 2.13 приведены значения сопротивления теплопередаче R_0 , термических сопротивлений воздушных прослоек $R_{вп}$, сопротивления теплоотдаче R_b и коэффициента теплопередачи k в зависимости от степени черноты указанных окон.

Из данных приведенной таблицы видно, что сопротивление теплопередаче исследованных конструкций и температура их внутренней поверхности существенно возрастают с понижением степени черноты теплоотражающего стекла. Применение ночной

изоляции окон в любом виде (ставни, жалюзи, полупрозрачная теплоотражающая пленка) дает определенный экономический эффект, уменьшая общие теплотери через окна.

Таблица 2.13. Значения R_o , $R_{вп}$, R_v и k при наружной температуре -30°C

Наименование показателя	Значения показателей при степени черноты					
	0,15	0,22	0,39	0,44	0,56	0,94
R_o	0,555	0,519	0,494	0,447	0,424	0,340
$R_{вп}$	0,360	0,325	0,316	0,273	0,254	0,285
R_v	0,105	0,099	0,095	0,095	0,95	0,089
k	1,80	1,93	2,02	2,24	2,36	2,94

Чердаки, крыши, полы. Одним из перспективных направлений является принцип утилизации тепла выбросного вентиляционного воздуха с помощью чердаков двух типов: с отверстиями в боковых стенах (открытый чердак) и глухими стенами («теплый» чердак).

В теплом чердаке теплоизоляционный слой совмещен с конструкцией перекрытия, а в открытом чердаке — с конструкцией покрытия.

Рациональным решением также с точки зрения стабилизации воздухообмена являются теплые чердаки (см. гл. 1), которые дают некую экономию (примерно 5%) тепла.

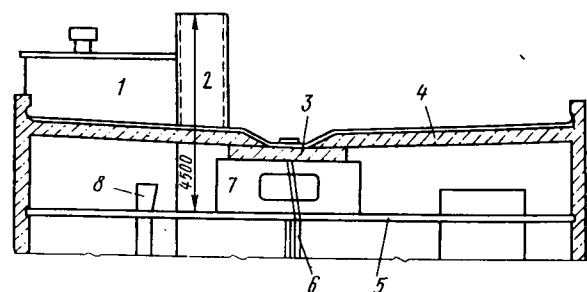


Рис. 2.13. Теплый чердак:

1 — машинное помещение лифта; 2 — вытяжная вентиляционная шахта; 3, 4 — керамзитобетонная панель перекрытия; 5 — панель чердачного перекрытия; 6 — водосточный стояк; 7 — опорная панель; 8 — оголовок вентиляционного блока

Через теплый чердак проходит одна вытяжная шахта на секцию здания. Ее высота способствует увеличению действующего давления в системе вытяжной вентиляции с естественным побуждением. Кроме этого уменьшается и утепление покрытий, так как чердак нагревается воздухом, удаляемым из здания. Усовершенствованные теплые чердаки в некоторых случаях могут применяться в комплексе с другими, более эффективными системами утилизации тепла.

Крыша с теплым чердаком состоит из покрытия, наружных стен и чердачного перекрытия (рис. 2.13). Покрытие выполняет

ся, как правило, с утеплением, перекрытие — без него. Чердачное пространство для улучшения воздухообмена выполняется в виде единого объема в пределах планировочной секции дома. Поэтому применение сплошных конструкций, разделяющих помещение (длинные опорные панели, высокие прогоны или ребра и т. п.), не допускается. Смежные секции теплого чердака разделяются сплошными несгораемыми стенками, в которых устраивается герметичная дверь размером $1,5 \times 0,8$ м или люк размером $0,8 \times 0,8$ м. Высота сквозного прохода вдоль теплого чердака должна быть не менее 1,6 м. Вход на чердак устраивают в каждой секции дома, выход на крышу в торцовых секциях не допускается. Он предусматривается через люк непосредственно из помещения теплого чердака.

Вентиляционные блоки в зданиях с теплым чердаком должны иметь такие размеры, чтобы максимальный расход воздуха на одном этаже превышал минимальный расход на другом не более чем в 1,3 раза. В этом случае вытяжные вентиляторы для кухонь верхних этажей не устанавливаются. Выпуск воздуха из теплого чердака в атмосферу производится через вытяжную шахту, общую для всех квартир одной секции дома. Она устанавливается в средней части каждой секции чердака на приблизительно равных расстояниях от вентиляционных блоков. Устройство общей вытяжной шахты для квартир разных секций дома не допускается.

Вытяжная шахта должна быть рассчитана из условия обеспечения скорости воздушного потока 0,5 ... 1 м/с при расходе воздуха удаляемого из жилых помещений, увеличенном на 30% по сравнению с нормативным объемом. При расчете следует учитывать дополнительный объем воздуха, поступающего на теплый чердак из самостоятельных вентиляционных каналов, встроенных помещений и технического подполья.

Расчетом определяется высота вытяжной шахты, она принимается равной не менее 4,5 м, считая от чердачного перекрытия до верха шахты. Вытяжная шахта выполняется в виде сборного короба (из одного или нескольких монтажных элементов) прямоугольной или круглой формы. Стенки шахты делаются из плотного бетона минимальной толщины 60 мм или с металлическим каркасом, обшитым листами асбестоцемента. Каркасная стенка должна иметь двойную обшивку и теплоизоляционный материал внутри. Для предотвращения выпадения конденсата из внутренней поверхности стенки шахты с защитным зонтом должны иметь теплозащиту не ниже 0,6 расчетного сопротивления теплопередаче покрытия. Защита от попадания атмосферных осадков через вытяжную шахту может осуществляться устройством защитного зонтика или водосборного поддона.

В районах с особо неблагоприятными климатическими условиями допускается установка водосборного поддона в сочетании с защитным зонтом.

Конструкции основных элементов теплого чердака. У наружных стен чердака конструкция по составу материалов аналогична конструкции наружных стен здания по толщине слоев. В верхней половине наружных стен чердака допускается устройство небольших световых проемов, заполненных стеклоблоками.

Конструкция покрытия теплого чердака аналогична конструкции бесчердачной крыши здания. Покрытие состоит из панелей, совмещающих несущие, теплозащитные и гидроизолирующие функции, выполненных в виде единого конструктивного и монтажного элемента.

Панели покрытия с рулонной кровлей имеют постоянную толщину и изготавливаются с плоской верхней поверхностью. Их рекомендуется выполнять однослойными из легкого или ячеистого бетона, либо многослойными из тяжелого бетона и эффективного утеплителя.

Теплоизоляция безрулонных панелей определяется требуемой величиной теплозащиты и технологическими возможностями производства. Утепленные панели изготавливают, как правило, путем укладки теплоизоляционного материала при формировании панели.

Для панелей с повышенным термическим сопротивлением следует применять эффективные теплоизоляционные материалы, которые нужно закрывать защитным слоем тяжелого бетона толщиной не менее 40 мм.

Для того чтобы стыки панелей имели необходимую теплозащиту, в средней части стыка устанавливают мягкий теплоизоляционный вкладыш; снаружи стык защищается надежными герметизирующими материалами (мастики, жгуты, ленты) и бетоном, а сверху закрывается железобетонным нащельником.

Открытый чердак. В южных районах могут применяться двухрежимные открытые чердаки. Летом площадь проемов в наружных стенах должна быть максимальной, а зимой уменьшена до значения, при котором обеспечивается требуемый воздухообмен в здании и автоматически исключается конденсация водяных паров на внутренних поверхностях.

Особенность открытого чердака состоит в совмещении принципиальных схем теплого и холодного чердаков — выпуска вентиляции в чердак и проветривания его наружным воздухом (рис. 2.14). Этим определяются соответствующие эксплуатационные характеристики крыши. К достоинствам крыши с открытым чердаком относятся: повышение надежности и долговечности кровли вследствие устранения многочисленных отверстий и примыкание вокруг вентиляционных блоков; простота и легкость конструкции покрытия, выполняемого из тонкостенных панелей без теплоизоляции; возможность применения любых утеплителей, свободно укладываемых по чердачному перекрытию; отсутствие вентиляционных блоков и внутренних конструкций.

Крыша с открытым чердаком имеет следующие недостатки: неудовлетворительную вытяжную вентиляцию верхних этажей дома вследствие недостаточного напора в системе вентиляции при малой высоте оголовков; возможность заноса в чердак атмосферных осадков через увеличенные отверстия в наружных стенах.

Такая противоречивость свойств крыши с открытым чердаком обусловила, с одной стороны, незначительный объем применения конструкции, с другой — необходимость определения областей рационального их использования.

Крыши. Крыша здания, занимающая сравнительно небольшую его часть, играет большую роль в обеспечении комфортности проживания. В домах, построенных по типовым проектам, предусматривающим повышенный уровень комфорта, должны применяться крыши, обладающие высокими теплозащитными свойствами. Ниже рассматриваются преимущественно крыши с чердаками, которые являются основным решением при проектировании сборных железобетонных крыш жилых и общественных зданий. Такая ориентация вызвана тем, что в конструкциях крыш в последние годы произошли кардинальные изменения. С разработкой принципиально новых решений крыш стало возможно уменьшить теплопотери при крыше с теплым чердаком.

Применение железобетонных крыш, связанное с переходом на массовое строительство крупнопанельных зданий в конце 50-х годов, привело к применению совмещенных крыш. Преобладающая часть крыш выполнялась путем последовательной укладки слоев конструкции (несущая плита, паронизолация, утеплитель засыпной или плитный, растворная стяжка, рулонная кровля). Отсутствие осушающей вентиляции способствовало снижению теплозащитных, а вследствие этого и других эксплуатационных свойств конструкции.

При переходе на чердачные крыши нормами предусматривалось устройство чердака высотой 1,6 м и, как правило, внутреннего водостока.

Отличительными признаками чердачной крыши, заменившей совмещенную, получившей позже условное название «холодного»

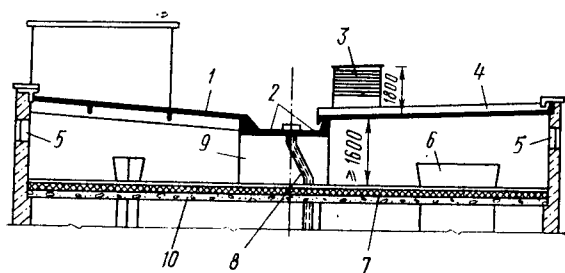


Рис. 2.14. Открытый чердак:

1 — железобетонная кровельная панель под рулонную кровлю; 2 — железобетонный водосборный лоток; 3 — вытяжная шахта; 4 — железобетонная кровельная панель с безрулонной кровлей; 5 — вентилирующее отверстие в стене; 6 — оголовок вентилирующего блока; 7 — слой теплоизоляционного материала с защитным слоем; 8 — внутренний водосток; 9 — опорная панель; 10 — панель перекрытия

чердака, являются: укладка теплоизоляции по чердачному перекрытию; пропуск вентиляционных блоков и сантехустройств через чердак наружу. Чердачные крыши имеют высокие эксплуатационные свойства.

В конструкции, разработанной АрмНИИСом (рис. 2.15), отсутствуют недостатки безрулонной крыши. Она состоит из комплексной панели чердачного перекрытия, совмещающей несущие и

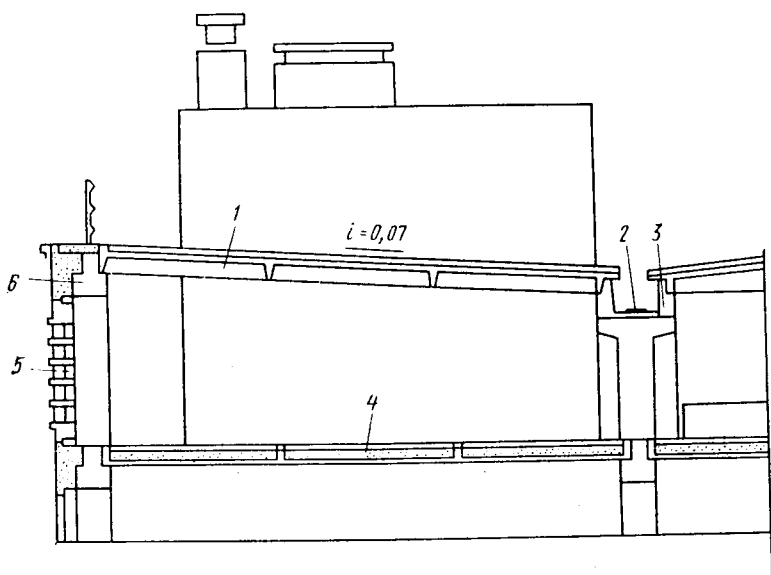


Рис. 2.15. Конструкция крыши АрмНИИСа:

1 — кровельная панель; 2 — водосточная воронка; 3 — водосборный лоток; 4 — чердачное перекрытие; 5 — панель с жалюзи; 6 — несущая конструкция

теплоизолирующие функции, стеновых решетчатых панелей, обеспечивающих сквозное проветривание чердаков, предварительно напряженного водосборного лотка, кровельной двухосно напряженной панели с несущими ребрами, обращенными вниз, и П-образного железобетонного или армоцементного нащельника для перекрытия швов.

Полы. Энергетическая эффективность помещения, а также тепловой режим объектов во многом зависят от теплового режима пола. Создание определенных температурных условий для людей, находящихся в постоянном или временном контакте с полами, ограничение теплотерь через них, обеспечение долговечности при различных видах тепловых воздействий зависят от материалов и конструкции полов.

Существуют следующие схемы устройства полов: по грунту, по перекрытиям, шанцевые полы. К первому варианту относятся

полы подвальных или полуподвальных этажей, когда поверхности пола и наружного массива грунта находятся на разных уровнях. Различают полы цокольных перекрытий над проветриваемыми подпольями, полы первых этажей неотапливаемых или слабоотапливаемых помещений.

Выбор конструкции полов повышенной теплозащиты для применения в конкретных условиях строительства производится в зависимости от назначения помещений, режима эксплуатации, архитектурных требований, экономической целесообразности и условий местной строительной базы.

Таблица 2.14. Теплоизоляционные слои в полах над техническим подпольем с покрытием из штучного паркета

Материал теплоизоляционного слоя	Толщина слоя (прокладки) а, мм	Усредненная высота пола Н, мм
Поризованный гипсобетон плотностью 600 кг/м ³	50	105
Щебень из доменного шлака, шлаковой пемзы и аглопорита плотностью 800 кг/м ³	50	105
Щебень и песок из перлита вспученного плотностью 200 кг/м ³	40	95
Гравий керамзитовой плотностью 600 кг/м ³	50	105
Вермикулит вспученный плотностью 200 кг/м ³	40	95
Плиты фибролитовые на портландцементе М300	50	105

Применение стяжек на основе гипсового вяжущего допускается в помещениях с сухим и нормальным влажностными режимами по СНиП «Строительная теплотехника».

Для гражданских зданий рекомендуют полы применительно к несущей части междуэтажных перекрытий и перекрытий над техническими подпольями из сплошных толщиной 160 мм или многослойных плоских панелей приведенной толщиной 120 мм из тяжелого бетона с использованием гипсовых оснований плотностью 1200 кг/м³.

При использовании отличных от приведенных выше панелей перекрытий необходимо определить толщину стяжки в соответствии с требованиями СНиП «Защита от шума».

Материалы в конструкциях полов должны удовлетворять требованиям, изложенным в соответствующих главах СНиПа, стандартах и технических условиях на отдельные виды материалов и изделий.

В табл. 2.14 приводятся рекомендуемые теплоизоляционные слои в полах над техническим подпольем.

Полимерные материалы покрытия пола, теплозвукоизоляционные материалы на синтетических связующих, а также клеящие

мастики, применяемые в конструкциях полов, должны удовлетворять определенным санитарно-гигиеническим требованиям.

Для массового жилищного строительства рекомендуются индустриальные усовершенствованные типы деревянных полов с дощатыми, паркетно-дощатыми, паркетно-щитовыми покрытиями (в том числе бесклеевой конструкции), а также с покрытиями из сверхтвердых древесноволокнистых плит (рис. 2.16).

Паркетные доски должны удовлетворять требованиям ГОСТ «Паркетные доски. Технические условия», щиты — ГОСТ «Паркетные щиты. Технические условия», ОСТ «Щиты паркетные однослойные», ТУ «Щиты паркетные из древесины мягких лиственных пород и березы», ТУ «Щиты паркетные однослойные бесшпоночные». Древесностружечные плиты основания пола должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10632—77* к плитам марки П-3.

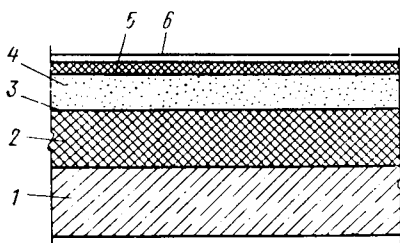


Рис. 2.16. Теплые полы перекрытия первого этажа:

1 — плита перекрытия; 2 — эффективный утеплитель; 3 — пароизоляция; 4 — стяжка; 5 — подстилающий утепляющий слой; 6 — покрытие пола

Влажность древесины паркетных досок и щитов перед их монтажом на постройке должна быть в пределах $(12 \pm 3)\%$; влажность лаг не должна превышать

18%, шпунтованных досок — 12%.

Полы следует устраивать только после окончания строительно-монтажных и отделочных работ, при которых они могут быть увлажнены или загрязнены (штукатурные и облицовочные работы, окраска стен и потолков, подготовка стен, дверей, окон и встроенной мебели под последнюю окраску и т. п.).

Работы по устройству полов следует выполнять с соблюдением требований главы СНиП «Техника безопасности в строительстве», инструкций по технике безопасности при работе с механизированным инструментом и правил пожарной безопасности.

Инженерное оборудование традиционного типа. Поскольку для энергоэкономичных зданий, особенно с традиционными конструктивными решениями, возможно применение традиционных систем отопления и вентиляции, ниже рассматриваются те решения, которые ведут к экономии тепла, кроме того, выявляются резервы этих систем при их развитии в нетрадиционные.

Системы отопления. 1. Радиатор секционный — прибор конвективно-радиационного типа, состоящий из отдельных колончатых элементов, имеет круглую или эллипсообразную форму. Радиатор отдает в помещение радиацией (конвекцией) около 25% общего теплового потока, передаваемого от теплоносителя. Секции радиатора отливают из серого чугуна, их можно компо-

новать в приборы различной площади. Соединяют секции на ниппелях с прокладками из картона, проваренного в натуральной олифе (при температуре теплоносителя до 105°C), из теплостойкой резины (до 140°C) или из паронита (свыше 140°C).

Конструкции одно-, двух- и многоколончатых секций выполняются различной высоты. Наиболее распространены двухколончатые секции средних (монтажная высота 500 мм) размеров. Эти приборы обладают значительной тепловой инерцией.

Двухколончатые чугунные секционные радиаторы имеют строительную глубину секций 90 мм (типа «Москва», обозначаемые М., «Стандарт» — МС и др.) и 140 мм (типа М с межколончатым наклонным оребрением и без него (типа МС)).

К отрицательным качествам относится сложность очистки межсекционного пространства от пыли.

2. Радиаторы панельные — приборы конвективно-радиационного типа относительно малой глубины (18...21 мм), не имеющие просветов по фронту. Такие радиаторы передают радиацией несколько большую, чем секционный радиатор, часть теплового потока. Различают стальные и бетонные панельные радиаторы с гладкой или волнистой поверхностью.

Стальные панельные радиаторы состоят из двух отштампованных листов, образующих горизонтальные коллекторы, соединенные вертикальными колонками, или горизонтальные параллельно и последовательно соединенные каналы. Змеевик, выполненный из стальной трубы, должен быть приварен к одному профилированному стальному листку; такой прибор называют *листотрубным*.

Панельные радиаторы из стали отличаются от чугунных секционных меньшей массой и тепловой инерцией. Радиаторы имеют повышенный коэффициент теплопередачи, гигиеничны, удовлетворяют архитектурно-строительным требованиям (особенно в зданиях из крупных строительных элементов).

Радиатор имеет относительно небольшую площадь нагревательной поверхности, поэтому иногда их устанавливают по два одновременно. В этом случае теплопередача повышается примерно на 15%, но затрудняется очистка межпанельного пространства от пыли. Их производство можно легко механизировать и автоматизировать.

Стальные панельные радиаторы выпускают с колончатыми и змеевиковыми каналами. Они бывают двухходовыми (по пять горизонтальных каналов в ходу) и четырехходовыми (вход и выход теплоносителя по одному верхнему и нижнему каналам, а между ними два хода из четырех каналов каждый).

Бетонные отопительные панели могут иметь обетонированные нагревательные элементы змеевиковой или регистровой формы из стальных труб диаметром 15 и 20 мм, а также бетонные, стеклянные и другие различной конфигурации.

Панели располагают в ограждающих конструкциях помещений (совмещенные панели) или приставляют к ним (приставные или подвесные панели). Коэффициент теплопередачи примерно такой же, как и у приборов с гладкой поверхностью. Они отвечают строгим санитарно-гигиеническим, архитектурно-строительным и другим требованиям. К недостаткам относятся трудности ремонта, большая тепловая инерция, усложняющая регулирование теплоподдачи в помещения, теплопотери через дополнительно прогреваемые наружные ограждения, особенно если применяют совмещенные панели в наружных стенах.

В редких случаях, когда не могут быть использованы приборы других видов (например, для отопления теплиц, для обогрева световых фонарей, при значительном выделении пыли в помещениях), применяются гладкотрубные приборы из нескольких соединенных вместе стальных труб, образующих каналы для теплоносителя змеевиковой формы. В змеевике трубы соединены последовательно по направлению движения теплоносителя, что увеличивает скорость его движения и гидравлическое сопротивление прибора. При параллельном соединении труб в регистре поток теплоносителя делится, скорость его движения и гидравлическое сопротивление прибора уменьшаются.

Гладкотрубные приборы громоздки, увеличивают расход стали в системах отопления, не эстетичны.

Конвекторы — приборы конвективного типа, состоящие из двух элементов — ребристого нагревателя и кожуха. Конвектор с кожухом передает в помещение конвекцией до 90 ... 95% всего теплового потока. Если функции кожуха выполняет оребрение нагревателя, то прибор называют *конвектором без кожуха*. Нагреватель выполняют из стали, чугуна, алюминия и др. Конвекторы имеют сравнительно низкий коэффициент теплопередачи, тем не менее их производят во многих странах, в том числе и в СССР.

Теплопередача конвекторов возрастает при искусственно усиленной конвекции воздуха, если в кожухе установить вентилятор специальной конструкции. Конвекторы являются приборами малой тепловой инерции.

Распространенные конвекторы с кожухом типа «Комфорт-20», состоящие из двух труб $\varnothing 20$ мм, на которые насажены прямоугольные ребра с шагом 6 мм, снабжены декоративной воздухо-выпускной решеткой и воздушным клапаном для регулирования теплоотдачи.

Конвекторы без кожуха состоят из двух стальных труб и оребрения из листовой стали. Они обладают преимуществами конвекторов с кожухом, но дешевле, занимают мало места по глубине помещений, способствуют сокращению зоны теплового дискомфорта в помещениях при расположении их у пола по всей длине окон и наружных стен. Недостатками являются большой

расход листовой стали и негигиеничность. В связи с малой теплоотдачей приборы устанавливают в два ряда для получения необходимой площади нагревательной поверхности. Их нельзя устанавливать в детских учреждениях, больницах, родильных домах и других зданиях с повышенными требованиями к гигиене помещений.

При выборе вида и типа прибора учитывают назначение, архитектурно-технологическую планировку и особенности теплового режима помещения, место и длительность пребывания в них людей, вид системы отопления, технико-экономические и санитарно-гигиенические показатели прибора. Наиболее важными являются санитарно-гигиенические показатели прибора.

В случае повышенных санитарно-гигиенических, а также противопожарных и противовзрывных требований выбирают приборы с гладкой поверхностью: в первую очередь потолочно-напольные бетонные панельные отопительные приборы, совмещенные со строительными конструкциями, и стальные панельные радиаторы. Применение гладкотрубных приборов должно быть специально обосновано.

Для создания благоприятного теплового режима выбирают приборы, обеспечивающие равномерное обогревание помещений. Панельные напольно-потолочные приборы, нагретые до допустимой температуры, поддерживают ровную температуру помещений и предотвращают бесполезное перегревание их верхней зоны. Повышенные стоимость и трудоемкость изготовления напольно-потолочных отопительных приборов определяют в большинстве случаев замену их вертикальными приборами.

Бетонные отопительные панели приставного типа используют для отопления детских учреждений.

Отопительные приборы из металла устанавливают преимущественно под световыми проемами, причем под окнами длина прибора желательна не менее 50 ... 75% длины проема (75% — в больницах и детских учреждениях), под витринами и витражами приборы располагают по всей их длине.

Отопительные приборы, расположенные у наружных ограждений, способствуют повышению температуры внутренней поверхности в нижней части наружной стены и окна, что уменьшает радиационное охлаждение людей. Поднимающиеся потоки теплого воздуха препятствуют (если нет подоконников, перекрывающих приборы) попаданию охлажденного воздуха в рабочую зону.

Чем ниже и длиннее отопительный прибор (рис. 2.17, а—в), тем ровнее температура помещения и лучше прогревается его рабочая зона. Высокий и короткий прибор вызывает активный подъем струи теплого воздуха, что приводит к перегреванию верхней зоны помещения и опусканию охлажденного воздуха по обеим сторонам такого прибора в рабочую зону.

При размещении приборов в лестничных клетках следует учитывать, что естественное движение воздуха зимой становится интенсивнее с увеличением высоты. Это способствует теплопереносу в верхнюю их часть и вместе с тем вызывает переохлаждение нижней части, прилегающей к открывающимся наружным дверям.

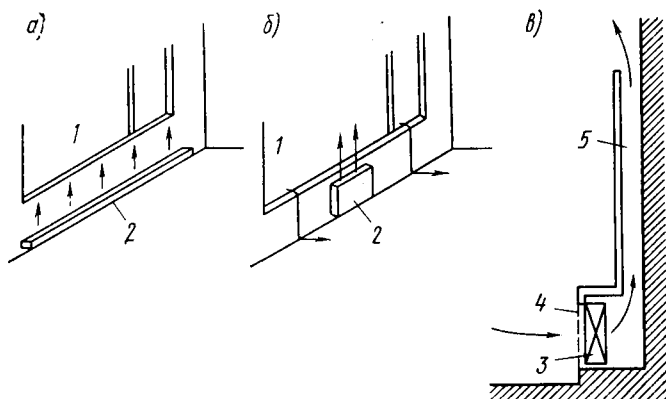


Рис. 2.17. Размещение отопительных приборов:

1 — окно; 2 — отопительный прибор; 3 — калорифер; 4 — решетка;
5 — канал — прослойка

В многоэтажных зданиях отопительные приборы целесообразно располагать рядом со входными дверями; при размещении приборов на $1/2...2/3$ высоты лестничных клеток отмечается существенное недогревание нижней и перегревание средней и иногда верхней (если нет выхода на крышу) их частей. В этом случае для отопления лестничных клеток применяют высокие конвекторы КВ20.

Вертикальные металлические приборы, как правило, размещают открыто у стены. Возможна установка их под подоконниками, в стенных нишах со специальным декорированием. Если по технологическим, противопожарным и другим требованиям ограждение или декорирование приборов необходимы, то теплопередача укрытых приборов по возможности не должна уменьшаться. Для этого конструкция укрытия прибора должна способствовать увеличению конвективной теплоотдачи.

Резервы экономии энергии в системах отопления.

Результатами натурных исследований установлено, что во многих помещениях домов, особенно верхних этажей, с заветренной стороны наблюдается перегрев, тогда как в нижних этажах, особенно с наветренной стороны, — переохлаждение. Тепло, поступающее в здание, должно быть равномерно распределено по всем

жилым помещениям. Ручное регулирование с помощью обычных кранов приводит к неравномерному распределению тепла в помещениях; но в большинстве эксплуатируемых зданий и такие краны не работают.

Экономия энергии в системах, а также равномерное распределение тепла в помещениях могут быть достигнуты за счет полной автоматизации поддержания теплового и воздушного режимов с программным управлением.

Возможности в экономии металла открывает система воздушного отопления жилых домов. Система приточных воздуховодов образована в этом случае в строительных конструкциях здания из пустотелых плит и пустот в вертикальном и горизонтальном направлениях. Вторичный воздух перед его удалением подвергается регенерации в центральной вентиляционной установке. Благодаря повторному использованию тепла отработанного воздуха можно получить значительную экономию энергии, т. е. потери тепла с этим воздухом достигают 40%.

Применяют также системы отопления и горячего водоснабжения за счет аккумуляции тепла окружающей среды. В качестве массивных аккумуляторов, позволяющих экономить около 60% жидкого топлива, служат, например, вертикальные бетонные поверхности, теплоизоляционные многослойные плиты типа «сэндвич», балконные бетонные ограждения, ориентированные на юг, в которые забетонированы пластмассовые трубы с циркулирующей по ним рабочей жидкостью.

Экономии энергии можно достигнуть в случае регулирования скорости вращения двигателей насосов или вентиляторов в системах отопления и вентиляции вместо регулирования с помощью дросселей.

Основной системой отопления жилых зданий в СССР является система водяного отопления. Перспективной является система регулирования тепла с пофасадным автоматическим регулированием.

При наличии достаточного количества электроэнергии целесообразно применять чисто электрические системы, двухкомпонентные системы отопления, в которых доведение внутренней температуры до комфортной обеспечивается безынерционными электрическими доводчиками. При этом используются специальные электронные устройства, так называемые преобразователи частоты, которые могут регулировать частоту питающего насоса электрического тока в пределах от 0,5 до 150 Гц.

Экономии расхода тепла можно достичь регулированием микроклимата здания с помощью мини- и микроЭВМ. Системы автоматического управления основаны на использовании ЭВМ, которая осуществляет непрерывную автоматизацию по минимуму расходов. Она происходит на математической модели, воспроизводящей нестационарный тепловой режим зданий с учетом количества

тепла, накопленного в различных частях зданий, реальных метеорологических условий, солнечной радиации, прогноза погоды и фактического графика работы людей и оборудования. За рубежом эксплуатируется большое количество таких систем в административных и промышленных зданиях.

МикроЭВМ выгодно применять в гражданских зданиях. Для жилищно-коммунального хозяйства страны следует применять системы, основанные на использовании солнечной энергии, геотермальных вод, тепловых насосов и т. п.

В перспективных для использования солнечной энергии районах суммарная солнечная радиация на 1 м^2 колеблется от 1150 кВт·ч/год в Киеве до 1895 кВт·ч/год в Чарджоу и т. д. Число солнечного сияния составляет 1900 ... 3000 ч/год в южных районах.

Целесообразность использования солнечной энергии на объектах гражданского строительства определяется тем фактом, что около половины всего населения страны проживает на территории, где продолжительность солнечного сияния превышает 2000 ч/год. За счет солнечной энергии в этих районах может покрываться до 30 % суммарных годовых нагрузок отопления и горячего водоснабжения.

Немаловажным преимуществом гелиосистем является возможность их работы в режиме теплового насоса и преобразования тепловой солнечной энергии в низкопотенциальный холод.

Использование солнечной энергии на коммунально-бытовые нужды можно рекомендовать как для автономных, так и централизованных систем теплоснабжения. В обоих случаях гелиосистемы дублируются традиционными системами теплоснабжения. Одно из возможных решений — это сброс воды, нагретой в солнечных коллекторах, устанавливаемых на ограждающих конструкциях и крышах зданий многоэтажной застройки, в централизованную систему теплоснабжения.

В зарубежной строительной практике получили распространение наружные ограждающие конструкции, сочетающие в себе также и функции солнечных коллекторов. Теплоноситель (обычно воздух) воспринимает через прозрачную наружную поверхность солнечное тепло, используемое для нужд отопления или подогрева вентиляционного воздуха в зимнее время, а в летнее — для удаления тепла от нагреваемой солнцем поверхности здания.

Для использования в качестве источника низкотемпературного тепла для теплоснабжения возможны решения по сезонному накоплению тепла солнечной радиации в баках с водой и в специальных выемках, заполненных теплоемкими материалами.

Существенная доля тепловых нагрузок может быть покрыта за счет геотермальных вод. Некоторые решения систем геотермального теплоснабжения отработаны. Но их распространение вызывает затруднения, так как недостаточно решены вопросы создания дешевых термостойких и коррозионно-стойких материалов.

Для обогрева дома за счет тепла поверхностных слоев грунта применяют тепловые насосы. Их можно эффективно использовать для малоэтажных сельских домов. Внутреннее тепло поверхностных слоев грунта служит источником тепла, которое накапливается за лето.

Выпуск теплонасосных установок небольшой производительности осваивается отечественной промышленностью. Экономия топлива при тепловых насосах примерно 50% при замещении ими котельных на органическом топливе. Упомянутые системы можно отнести к нетрадиционным (см. гл. 1), хотя за рубежом они имеют достаточно широкое применение.

Экономично применение: сплошного аккумулирующего электроотопления по сравнению с получением тепла от мелких котельных; выборочного аккумулирующего электроотопления по сравнению с получением тепла от котельной на твердом топливе; электронагревателей аккумулирующего типа по сравнению с колонками на сжиженном газе и твердом топливе.

В случае существенного повышения теплозащиты наружных стен электрическое отопление дает снижение теплопотерь на 15% в отличие от водяного отопления. Экономически целесообразно применение электрического отопления в труднодоступных районах.

Параллельно с внедрением в строительство новых отопительно-вентиляционных систем необходимо планировать модернизацию систем отопления существующего жилого фонда. Для этого необходимы следующие основные мероприятия: автоматизация абонентских вводов — для этих целей кроме решений, аналогичных решениям для зданий нового строительства, можно широко использовать регулируемые элеваторы различных конструкций; организация пообъектного учета расхода тепла с целью создания стимула для его экономичного расходования; замена печного отопления в малоэтажных жилых домах системами квартирного водяного или электрического отопления; перевод теплоснабжения зданий с местных котельных на централизованное теплоснабжение (укрупненные котельных); изменение графика отпуска тепла в системах централизованного теплоснабжения с целью использования существующих систем отопления в качестве «фоновых» с дооборудованием зданий безынерционными электрическими доводчиками (двухкомпонентные системы).

Требования к системам отопления. В зависимости от архитектурно-планировочных решений здания, ориентации и режима работы помещения могут обслуживаться одной или несколькими системами отопления. Размещение нагревательных приборов и трубопроводов теплоносителя систем отопления следует предусматривать так, чтобы бесполезные потери тепла составляли не более 10% общего расхода тепла на отопление.

Магистральные трубопроводы прокладывают в подвалах, технических этажах, чердаках, подпольях или (при их отсутствии) от-

крыто над полом. Разводку магистральных трубопроводов устраивают пофасадной для возможности регулирования теплоотдачи нагревательными приборами.

Вертикальные участки однетрубных стояков прокладывают на расстоянии (150 ± 50) мм от грани оконного проема, горизонтальные — над полом на сварке. Допускается прокладка горизонтального участка под полом.

Нагревательные приборы не следует размещать в отсеках тамбуров, имеющих наружные двери. При устройстве тройных дверей с двумя тамбурами приборы размещают во внутреннем тамбуре.

Отопление лестничных клеток следует осуществлять с помощью рециркуляционных лестничных конвекторов типа КВ, размещаемых в нижней части лестничных клеток для зданий высотой до 12 этажей.

При наличии в помещении нескольких нагревательных приборов регулируемую арматуру устанавливают для части их так, чтобы теплоотдача регулируемых приборов составляла не менее 50% общей теплоотдачи приборов данного помещения. Для конвекторов с воздушными клапанами регулируемую арматуру на трубопроводах не предусматривают. Не регулируется теплопроизводительность приборов, размещаемых во вспомогательных помещениях (гардеробных, душевых, кладовых, санузлах) и в местах, где имеется возможность их замораживания.

Системы отопления, рекомендуемые для применения в жилых зданиях при их автоматическом регулировании, назначаются с учетом «Рекомендаций по применению средств автоматического регулирования систем отопления и горячего водоснабжения жилых зданий» (ЦНИИЭП инженерного оборудования. М., 1985).

Удельный расход тепла на отопление здания вычисляется путем деления тепловой нагрузки системы отопления $Q_{0}^{вт}$ на общую площадь здания F_0 , m^2 , определяемую в соответствии с требованиями СНиП «Жилые здания».

Тепловая нагрузка системы отопления рассчитывается по формуле

$$Q_{co} = 1,1 \left(Q_{\tau} + \sum_{i=1}^N Q_{инт}^* + \sum_{i=1}^N Q_{инт}^k - Q_6 \right), \quad (2.11)$$

где Q_{τ} — трансмиссионные потери тепла, Вт; $Q_{инт} = \sum_{i=1}^N Q_{инт}^k + \sum Q_{инт}^*$ — расход тепла на нагрев инфильтрирующегося воздуха в жилых помещениях и кухне, Вт; Q_6 — бытовые тепловыделения, Вт;

$$Q_{\tau} = q_{пл} F_{\phi} + q_{пт} F_{\phi} + 1,08 (t_{в} - t_{н}) \left/ \left(\frac{F_c - F_0}{R_c} + \frac{F_0}{R_0} + \frac{F_A}{R_A} (1 + 0,8N) h_{вх} \right) \right., \quad (2.12)$$

где $q_{пл}$, $q_{пт}$ — удельный тепловой поток через пол 1-го этажа и покрытие верхнего этажа, Вт/м²; F_a — площадь этажа по внутреннему обводу наружных стен, м²; t_n — температура воздуха в жилых помещениях, °C; t_n — температура наиболее холодной пятидневки, °C; F_c — площадь наружных стен здания брутто, м²; R_c — сопротивление теплопередаче стен, м²·°C/Вт; R_o — сопротивление теплопередаче окон, м²·°C/Вт; F_o — площадь проемов в здании, м²; F_d — площадь входной двери в лестничную клетку, м²; R_d — сопротивление теплопередаче входных дверей, м²·°C/Вт; N — количество этажей в здании; $h_{вх}$ — количество входов в здание.

Расчет теплотерь через перекрытия верхнего этажа жилых зданий с теплым чердаком выполняется по формуле

$$Q_{пт} = \frac{t_n - t_q}{R_q} F_q, \quad (2.13)$$

где t_n — температура воздуха в жилых помещениях, °C; t_q — температура в теплом чердаке, °C; R_q — сопротивление теплопередаче неутепленного чердачного перекрытия (над верхним этажом); F_q — площадь чердачного перекрытия, м².

Расход тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха на i -м этаже (Вт)

$$Q_{ин} = 0,28c \left(A_o G_{oi} \frac{F_o}{N} + A_c G_{ci} \frac{F_c - F_o}{N} \right) (t_n - t_n^B), \quad (2.14)$$

где c — удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°C); A_o , A_c — коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока; для окон и балконных дверей с раздельными переплетами $A_o = 0,8$, при спаренных переплетах $A_o = 1$; для стыков $A_o = 0,7$; G_{oi} — количество воздуха, поступающего в i -й этаж вследствие воздухопроницаемости окон, кг/м²·ч); G_{ci} — количество воздуха, поступающего в i -й этаж вследствие воздухопроницаемости стен, кг/(м²·ч).

Расход тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха в кухне i -го этажа определяется по формуле

$$Q_{ин}^* = 0,28c \left(A_o G_{oi} \frac{F_o}{4N} + A_c G_{ci} \frac{F_c - F_o}{4N} \right) (t_n - t_n^B), \quad (2.15)$$

Для жилых помещений i -го этажа эта величина определяется как максимальная из двух значений:

$$Q_{ин}^* = 0,28c \left[A_o G_{oi} \frac{3F_o}{4N} + A_c G_{ci} \frac{3(F_c - F_o)}{4N} \right] (t_n - t_n^B), \quad (2.16)$$

$$Q_{ин}^* = 0,28C_n \rho c (t_n - t_n^B) \frac{F_{ж}}{N}, \quad (2.17)$$

где C_n — расход удаляемого воздуха (м³/ч), не компенсируемый подогретым приточным воздухом, для жилых зданий; $C_n = 3$ м³/ч

на 1 м² общей площади жилых помещений; ρ — плотность наружного воздуха, кг/м³; $F_{\text{ж}}$ — жилая площадь здания, м²; $t_{\text{в}}^{\text{Б}}$ — температура воздуха по параметрам Б.

Учет тепла Q_6 на бытовые нужды производится по СНиП «Отопление, вентиляция, кондиционирование».

Удельный расход тепла для каждого типа здания должен определяться как функция от средней площади квартир. В проектах наряду с расчетными теплопотерями зданий следует указывать тепловой поток системы отопления, ($Вт$) определяемый по формуле *

$$Q_{\text{с.о.}} = Q_{\text{тп}} \beta_1 \beta_2 Q_{\text{л}}, \quad (2.18)$$

где $Q_{\text{тп}}$ — расчетные теплопотери отапливаемого здания; β_1 — коэффициент, учитывающий теплоотдачу дополнительной площади принимаемых к установке отопительных приборов за счет округления сверх расчетной площади:

Теплоотдача отопительных приборов, кВт . . .	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24
β_1	1,02	1,03	1,04	1,06	1,08

β_2 — коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери, вызванные размещением отопительных приборов у наружных ограждений:

Тип прибора	β_2
Радиатор чугунный секционный	1,02
» стальной панельный	1,04
Конвектор с кожухом	1,02
» без кожуха	1,03

$Q_{\text{д}}$ — дополнительные потери теплоты, связанные с остыванием теплоносителя в подающих и обратных магистралях, проходящих в неотапливаемых объемах (определяется по табл. 2.15).

Расчетный расход теплоносителя в стояках (ветвях) системы отопления (кг/ч)

$$G_{\text{ст}} = \frac{Q_{\text{ст}} \beta_1 \beta_2}{C \Delta t}, \quad (2.19)$$

где $Q_{\text{ст}}$ — суммарные теплопотери помещений, обслуживаемых стояком (ветвью) системы отопления; C — теплоемкость воды, кДж/(кг·°С); Δt — разность температур теплоносителя на входе и выходе из стояка (ветви). При предварительном расчете Δt рекомендуется принимать на 1°С меньше расчетного перепада температур теплоносителя в системе отопления.

* См.: Пособие по проектированию к СНиП «Жилые здания», раздел «Инженерное оборудование», М., Стройиздат, 1991.

Тепловой поток отопительного прибора

$$Q = Q_{\text{нп}} \left(\frac{\Theta}{70} \right)^{1+n} \left(\frac{M}{0,1} \right)^p \beta_3 \beta_4 b c \psi_1, \quad (2.20)$$

где $Q_{\text{нп}}$ — номинальный тепловой поток отопительного прибора; Θ — температурный напор, °C; n, p — показатели степени соответственно при относительных температурном напоре и расходе теп-

Таблица 2.15. Теплопередача 1 м изолированной трубы
(Вт/м) при условном диаметре D

Температура теплоноси- теля, °C	$D, \text{ мм}$										
	15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150
50	13	16	20	24	27	33	40	45	53	65	76
55	15	19	22	27	30	36	45	51	60	73	86
60	16	20	24	30	34	41	50	57	67	85	95
65	19	22	27	34	37	45	56	63	76	91	106
70	21	24	30	36	41	50	60	70	82	100	116
75	22	27	33	39	44	55	66	76	89	109	127
80	24	29	35	43	48	58	72	81	98	119	137
85	26	31	36	46	52	63	78	88	106	127	148
90	28	34	41	50	56	67	84	95	113	137	159
95	30	36	43	53	59	72	89	101	121	146	170
100	31	38	46	57	64	78	95	108	129	156	181
105	34	42	50	60	67	83	101	115	137	166	193
110	36	44	52	65	72	87	108	122	145	177	205
115	38	46	56	69	77	92	114	129	155	186	216
120	41	49	58	72	80	98	120	136	163	196	229
125	42	51	62	76	85	102	127	144	171	207	241
130	44	53	65	80	88	108	132	151	180	217	252
135	47	57	67	84	93	113	139	158	188	228	265
140	49	59	71	87	98	119	145	165	198	238	278

лоносителя; M — расход воды через отопительный прибор, кг/с; β_3 — безразмерный коэффициент, учитывающий число секций в радиаторе (только для чугунных секционных радиаторов); β_4 — коэффициент, учитывающий уменьшение теплового потока при движении теплоносителя по схеме «снизу вверх»; b — безразмерный коэффициент, учитывающий способ установки отопительного прибора; c — безразмерный коэффициент, учитывающий расчетное атмосферное давление; ψ_1 — поправочный коэффициент, учитывающий схему присоединения отопительного прибора и изменение показателя степени p в различных диапазонах расхода воды.

Значения $Q_{\text{нп}}, n, p, \beta_3, b, c, \psi_1$ следует принимать по справочникам, каталогам и др.

Автоматизация систем отопления. Автоматизация систем отопления находит все большее применение в жилищном

строительстве, она может обеспечить в среднем по стране не менее 10% экономии тепловой энергии.

При автоматизации регулирования на разных ступенях теплоснабжения можно получить ощутимый эффект. Количество ступеней регулирования, места установки регулирующих устройств выбираются в зависимости от принятой технологической схемы теплоснабжения и центрального отопления. Наибольшее распространение получило трехступенчатое регулирование: центральное — у генераторов тепла, местное — в пунктах преобразования энергоносителей. Центральное регулирование выполняется в соответствии с отопительным графиком, учитывающим сезон, время суток, рабочие и праздничные дни, прогноз погоды и т. п.

В последние годы начали применяться электронные вычислительные и управляющие машины, обеспечивающие оптимальные режимы работы всего оборудования ТЭЦ.

В настоящее время наиболее распространенным является абонентский отопительный ввод с водостройным элеватором и регулятором расхода РР, обеспечивающим регулирование до нижней отметки отопительного графика.

При изменении параметров теплоносителя в теплообменниках, смещения теплоносителей разных энергий на контрольно-распределительных, центральных и индивидуальных тепловых пунктах осуществляется местное регулирование. Чем ближе к потребителю по сетям теплоснабжения и отопления осуществляется местное регулирование и меньше группа потребителей, находящихся в одинаковых погодных условиях, тем более высокий комфорт создается у потребителя и больше экономия тепловой энергии.

С учетом экономических факторов в зависимости от технологических требований регулирование может осуществляться как путем изменения количества теплоносителя, подаваемого в нагревательные приборы в единицу времени, так и изменением температуры теплоносителя при постоянном расходе. При количественном регулировании, однако, трудно достичь разницы между наибольшим и наименьшим потреблением тепла. Кроме того, возникает неравномерность подачи теплоносителя близлежащим потребителям и удаленным от источника тепла. Распространен также смешанный способ количественно-качественного регулирования, при котором в зависимости от конкретных условий преобладает количественное или качественное регулирование.

В зависимости от поставленных задач и места установки датчиков с помощью последних производится стабилизация заданной для данных помещений температуры, так как датчики воспринимают изменение погодных условий и воздействуют на регулируемую систему.

Автоматизированный центральный тепловой пункт (ЦТП) оснащается двумя автоматическими регуляторами, один из которых регулирует температуру теплоносителя в зависимости от наруж-

ной температуры, а другой предназначен для поддержания постоянного расхода теплоносителя в квартальных сетях. Кроме этого ЦТП оснащается смесительным насосом (СН). Благодаря применению данной схемы исключается воздействие горячего водоснабжения на нормальную работу системы отопления. Поэтому имеется возможность регулировать расход тепла как в меньшую, так и в большую сторону. ЦТП, оборудованные автоматизированным смесительным устройством, дают возможность обеспечить необходимые режимы регулирования для разных групп зданий. Схемы устройств для отпуска тепла из ЦТП (рис. 2.18) являются экономичными. Регулирование теплового режима помещений осуществляется автоматически (рис. 2.19).

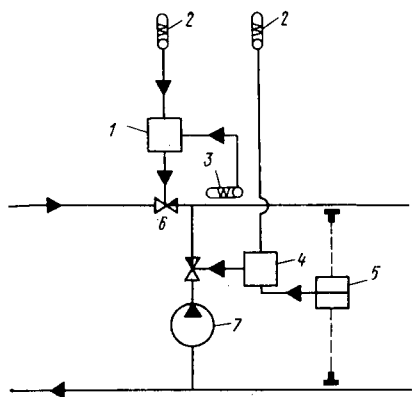


Рис. 2.18. Принципиальная схема смесительных автоматических регулируемых устройств (регулятор температуры установлен до насоса, регулятор насоса — на перемычке):

1 — регулятор температуры; 2 — датчики температуры наружного воздуха; 3 — то же, теплоносителя; 4 — регулятор расхода; 5 — датчик перепада давлений; 6 — клапан, 7 — смесительный насос

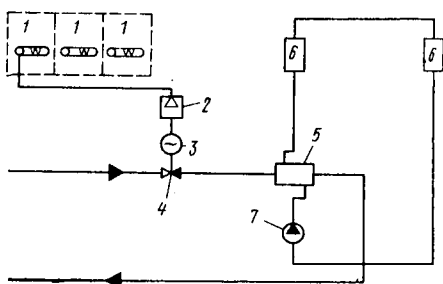


Рис. 2.19. Принципиальная схема пофасадного регулирования тепловых абонентских вводов:

1 — датчики температуры; 2 — измерительный мост с полупроводниковым усилителем; 3 — привод; 4 — поворотно-регулирующая заслонка; 5 — бойлер; 6 — нагревательный прибор; 7 — циркуляционный насос

Пофасадное регулирование можно осуществлять как по учету метеорологических воздействий, так и по отклонению от заданной температуры воздуха в помещениях, выходящих на один из фасадов.

Рекомендуемые схемы присоединения системы отопления с автоматическим регулированием даны на рис. 2.20 (а — независимое и б — зависимое присоединение системы отопления к наружной тепловой сети). В этой схеме расход тепла на отопление регулируется изменением количества воды, циркулирующей в системе. Такое решение рекомендуется применять в тепловых сетях с низко-температурной водой.

По схеме (рис. 2.20, в) устанавливается элеватор с уменьшенным диаметром сопла, рассчитанным на пропуск минимального расхода сетевой воды, достаточного для создания нужной циркуляции в системе отопления при сокращенном расходе тепла в ней. Дополнительный расход сетевой воды пропускается по обводной линии, на которой установлен регулирующий клапан. По второму способу (рис. 2.20, г) элеватор снабжается регулировочной иглой, которая, двигаясь внутри сопла, меняет расход сетевой воды.

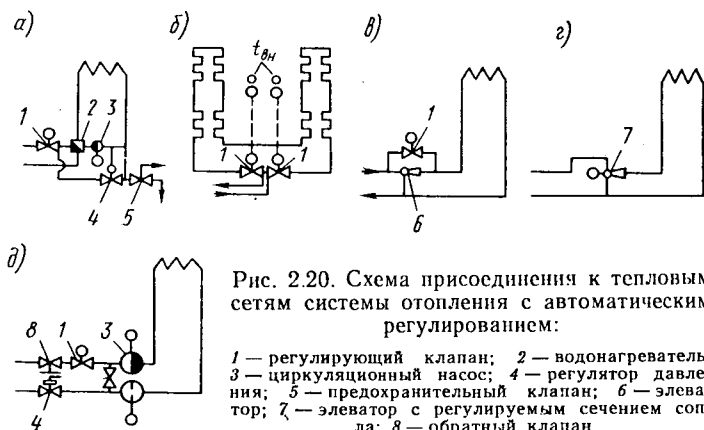


Схема с насосным смешением, требующая минимальных перепадов давлений на тепловых вводах, изображена на рис. 2.20, д. При этом в зависимости от условий присоединения насос может быть установлен на обратном или подающем трубопроводе, либо на перемычке между ними. Предпочтительнее первые два способа установки.

При присоединении систем отопления к тепловым сетям через элеватор следует применять смешанную схему установки водонагревателей. При пофасадном регулировании допустимо присоединение систем отопления обоих фасадов к одному общему насосу.

На рис. 2.21 показано присоединение системы отопления по зависимой схеме со смесительным насосом (левый фасад) и по независимой схеме через теплообменник (правый фасад). На подающих трубопроводах сетевой воды размещены клапаны $K-1$ и $K-2$, с помощью которых изменяется температура теплоносителя, циркулирующего в системе отопления. На обратных трубопроводах местной системы установлены клапаны $K-3$ и $K-4$, изменяющие расход воды в ней.

Проектирование энергоэкономичных зданий должно вестись с учетом необходимости обеспечения требуемых санитарно-гигиенических условий, оптимального теплового и воздушного режимов (ТВР). Анализ закономерностей изменения параметров микрокли-

мата в течение суток позволяет наметить такие режимы включения и выключения системы и изменения во времени их мощности, при которых сокращается потребление энергии. Режим прерывистого отопления должен быть организован таким образом, чтобы обеспечить поддержание заданной температуры в течение рабочей части суток. При этом температура воздуха t_v должна снижаться в нерабочее время. За счет понижения температуры воздуха в нерабочее время обеспечивается эффект экономии тепла при прерывистом отоплении.

Возможность прерывистого отопления состоит в том, что при отсутствии отопления в перерывах между включениями и значительном понижении t_v возможен ощутимый спад радиационной температуры в помещении, а следовательно, — снижение комфортности тепловой обстановки в нем. Для нейтрализации этого тепла может использоваться предварительный (перед началом работы) натоп, когда система работает с повышенной мощностью. Он осуществляется при воздушных системах отопления, и в этом смысле прерывистое отопление предпочтительнее, когда система отопления совмещена с системой вентиляции.

Одним из путей сокращения энергопотребления при оптимизации ВТР является ночное проветривание. В ночное время, когда температура наружного воздуха понижена, вентилирование может снизить температуру воздуха помещения и радиационную температуру помещения. При этом сокращается тепловая нагрузка на систему вентиляции или кондиционирования воздуха в рабочее время, что позволяет сократить воздухообмен в помещении, а следовательно, годовой расход тепла и электроэнергии системами.

Системы вентиляции. В здании вентиляция формирует температурные условия и отводит избыточное тепло. Она поддерживает оптимальные параметры воздуха, улучшает условия теплового комфорта, способствуя отводу избыточного тепла от орга-

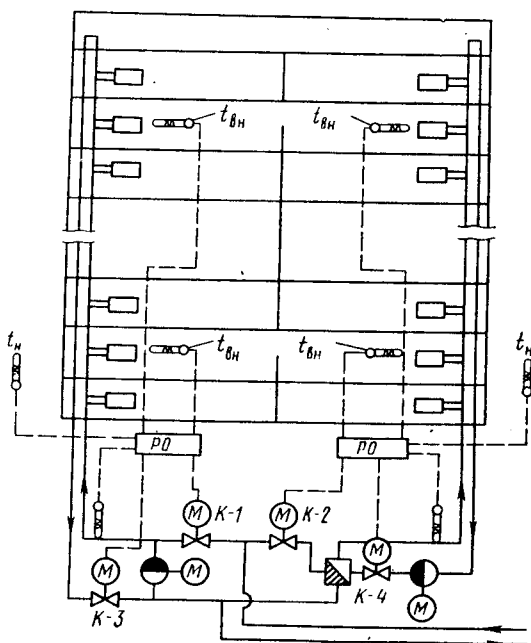


Рис. 2.21. Схема ИТП с автоматическим по-фасадным регулированием

низма, охлаждает поверхности ограждающих конструкций. Применение рациональных схем систем вентиляции в значительной мере определяется возможностью использования рациональных видов энергии.

Применяют следующие механические приточно-вытяжные системы вентиляции: централизованные — для многоэтажных и квартирные — для малоэтажных зданий. В ряде районов целесообразно устройство системы воздушного отопления (охлаждения), совмещенной с вентиляцией (см. выше). Важным резервом экономии энергии является утилизация тепла, удаляемого из помещений с воздухом (см. выше).

Экономии тепла в зданиях можно достичь при устройстве организованного естественного притока наружного воздуха через приточные регулируемые отверстия*, снижением кратности воздухообмена до мини-

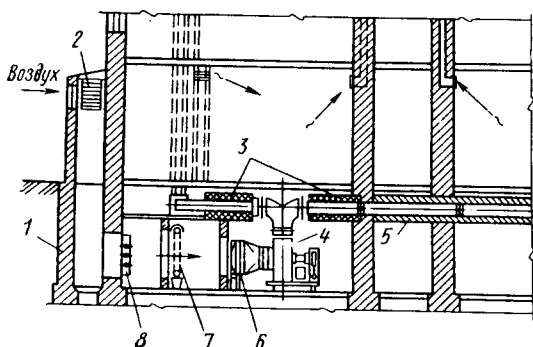


Рис. 2.22. Схема приточной вентиляции

мальной, при которой поддерживается удовлетворительный уровень загрязнения воздуха и не выпадает конденсат.

Находят все более широкое применение децентрализованные вытяжные и приточные вентиляционные системы, включаемые по мере необходимости. В ряде общественных зданий применяют различные сочетания централизованной и децентрализованной, естественной и механической вентиляции.

На рис. 2.22 показан пример устройства системы приточной вентиляции. Забор воздуха осуществляется через отдельно стоящую воздухозаборную шахту 1, которую изготовляют из кирпича, бетонных блоков и т. п. Воздухозаборная шахта имеет отверстие для входа воздуха, которое закрыто жалюзийной решеткой 2 или затянуто сеткой. Низ этого отверстия должен быть на высоте не менее 2 м от уровня земли. На входе наружного воздуха в вентиляционную камеру установлен утепленный воздушный клапан 8. Для очистки воздуха от пыли применяется фильтр 7, а для нагрева — калорифер (воздухонагреватель) 6.

Стенки камеры выполняют из кирпича, бетонных панелей, дерева, а также металла. От входа в здание до калориферов стенки утепляют. Воздух перемещается вентилятором 4 из вентиляцион-

* При вентиляционных устройствах, утилизирующих уходящее через наружные ограждения тепло. (см. выше).

ной камеры по приточному воздуховоду 5. На приточном воздуховоде за пределами помещения вентиляционной камеры установлены шумоглушители 3. От магистрального приточного воздуховода отходят отдельные ответвления к обслуживаемым помещениям. Выпуск воздуха в помещения осуществляется через воздухораспределители. Из противопожарных и санитарно-гигиенических соображений приточные каналы для каждого этажа следует предусматривать отдельными. Отклонения производительности систем естественной вытяжной вентиляции в пределах $\pm 30\%$ от нормативной не приводят к заметным изменениям в составе воздуха в помещениях.

В помещениях жилых и общественных зданий обслуживаемой зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола. В обслуживаемой зоне жилых и общественных зданий нормируемые метеорологические условия принимаются в соответствии со СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Как правило, в каждой квартире жилых зданий (за исключением районов IА, IБ, IГ и IVА) устраивают естественную вентиляцию — неорганизованный или организованный приток в каждое помещение через окна, форточки, клапаны и организованную вытяжку через вентиляционные клапаны из кухонь, ванных, уборных или совмещенных санузлов.

При децентрализованной подаче наружного воздуха в помещения жилых зданий через регулируемые приточные устройства, размещаемые в наружной ограждающей конструкции, допускается устройство отверстий не менее 100×100 мм в наружных стенах, снабженных регулирующими устройствами (рис. 1.4). При этом регулировка вентиляций осуществляется также через регулируемые вытяжные устройства, расположенные в кухне, ванной и санузле, либо с помощью индивидуальных вентиляторов, устанавливаемых в приточных отверстиях. Объем притока и вытяжки регулируется потребителем и назначается в соответствии со СНиПом. При механическом побуждении скорость движения воздуха в воздухоприемных каналах принимают равной 2...5 м/с, а в вытяжных шахтах — 1,5...8 м/с. Широко применяются приставные или подвесные воздуховоды. Они могут быть стальными, шлакогипсовыми, шлакобетонными, асбестоцементными, круглыми или прямоугольными. Вытяжную шахту сверху закрывает зонт для защиты от атмосферных осадков или дефлектор для усиления тяги.

Следует обеспечивать требуемые условия воздушной среды в рабочей зоне помещения и учитывать отсутствие застойных зон и архитектурно-строительные требования.

Достаточная равномерность потока в пределах помещения наблюдается при равномерной подаче воздуха с одной стороны и удалении с противоположной. Распространение имеют системы, где воздух подается пристенным или потолочными воздухораспределителями в верхнюю зону. В помещениях большой площади,

но небольшой высоты могут использоваться перфорированные подвесные потолки или панели, через которые выпускают приточный воздух.

При распределении больших количеств воздуха в обеденных залах, спортзалах и других помещениях применяют воздуховоды равномерной раздачи переменного сечения, но с отверстием постоянной высоты или сечения и с отверстием переменной высоты. Приточно-вытяжные устройства можно совмещать с электроосветительной аппаратурой, элементами архитектурного оформления, встроенной мебелью.

Для обеспечения рационального воздухообмена в зданиях необходимо учитывать следующие рекомендации: планировочные решения здания должны предусматривать минимальное число лифтовых, лестничных, санитарно-технических шахт, включенных в основной объем здания, их группировку. Обязательна установка закрывающихся дверей на пути максимальных воздушных потоков в здании у выходов из лестничных, лифтовых шахт и пр.

Для обеспечения благоприятных гигиенических условий и предотвращения излишних расходов тепла при естественной вентиляции следует предусматривать поэтажную установку дверей, отделяющих лестнично-лифтовой узел от коридоров или холлов, в которые выходят квартирные двери при высоте зданий 9—11 этажей; выносные лестнично-лифтовые узлы с открытыми переходами в основной объем здания для каждого этажа — при высоте зданий башенного типа 16 этажей и более.

При естественной вентиляции смена воздуха в помещениях происходит и при неплотности в ограждениях благодаря возникающей разности давлений снаружи и внутри помещений (неорганизованная вентиляция). Указанный воздухообмен зависит от случайных факторов — силы и направления ветра, температур снаружи и внутри здания и пр. Кроме того, неорганизованная вентиляция осуществима в небольшом объеме. Для обеспечения постоянного воздухообмена, требуемого по условиям поддержания чистоты воздуха в помещении, необходима организованная вентиляция.

Системы вентиляции, в которых воздух перемещается с помощью вентилятора, называются *системами с механическим побуждением*.

Если загрязненный воздух удаляется из помещения, то системы вентиляции называются *вытяжными*. Системы вентиляции, обеспечивающие подачу в помещение наружного воздуха, подогреваемого в холодный период года, называются *приточными*. *Приточно-вытяжной* называют вентиляцию, обеспечивающую организованный приток и удаление воздуха. В холодное время года приточный воздух подогревают. С целью сокращения эксплуатационных расходов на нагревание воздуха применяют системы вентиляции с частичной рециркуляцией, в которых к поступающему снаружи воздуху подмешивают внутренний.

Основными параметрами воздушной среды в помещениях здания являются температура, влажность, подвижность воздуха в обслуживаемой зоне, которые должны обеспечивать соответствующее гигиеническим требованиям состояние воздушной среды каждой квартиры.

Расчетное гравитационное давление для систем вентиляции с естественным побуждением (P_a) определяется по формуле

$$\Delta p = gh (\gamma_n - \gamma_v), \quad (2.21)$$

где h — вертикальное расстояние от центра оконного проема соответствующего этажа до устья вытяжной шахты; γ_n и γ_v — плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м^3 .

При естественной вытяжной вентиляции расчет сети каналов обычно начинают с ветви, для которой расчетное гравитационное давление имеет наименьшее значение — это каналы из помещений верхнего этажа здания. Прежде всего производят ориентировочный подбор сечений сети воздухопроводов исходя из допустимых скоростей движения воздуха по ним. Можно предварительно принять для систем с естественным побуждением в каналах верхнего этажа скорость $v = 0,5 \dots 0,8$ м/с, в каналах нижнего этажа и сборных каналах на чердаке 1 м/с, в вытяжной шахте 1 ... 1,5 м/с.

Для рассматриваемого случая вентиляционные каналы могут выполняться в виде вентиляционных блоков, прокладываться в толще стен, а также быть приставными и подшивными. На участках сети воздухопроводов по ориентировочно принятым размерам сечений определяют суммарные потери давления на трение, а также в местных сопротивлениях. Если сумма их на 10% менее расчетного давления, то данные сечения каналов принимаются как окончательные. Если их сумма на 10% более расчетного давления, делается перерасчет одного или нескольких участков воздуховода.

В случае каналов прямоугольного сечения следует определить соответствующее значение равновеликого диаметра воздуховода круглого сечения. При этом потери давления на трение равны потерям на трение в прямоугольном воздуховоде при той же скорости:

$$d_p = \frac{2ab}{a + b}, \quad (2.22)$$

где a и b — размеры прямоугольного канала, м.

В случае неметаллического воздуховода при расчете потерь давления на трение вводится поправка на шероховатость, учитывающая абсолютную эквивалентную шероховатость принятого материала. Коэффициенты местных сопротивлений определяют по таблицам справочников по отоплению и вентиляции. Как и в системах отопления, потери давления в местных сопротивлениях воз-

духоводов определяют в зависимости от скорости движения воздуха v (м/с) и суммы коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\beta$:

$$Z = \Sigma\beta \frac{v^2}{2} \gamma, \quad (2.23)$$

где γ — плотность воздуха, кг/м³.

В системах естественной вентиляции для увеличения располагаемого давления на устья вытяжных шахт устанавливают насадки-дефлекторы. Количество удаляемого воздуха W зависит от скорости ветра. Определив по справочникам скорость ветра v и приняв скорость в патрубке дефлектора $v_n = 0,2 \dots 0,4$ м/с по графикам находят отношение давлений и по ним вычисляют разрежение, создаваемое дефлектором.

При механической вентиляции расчет производят следующим образом: сечения воздуховодов выбирают так, чтобы обеспечить требуемый воздухообмен в каждом помещении. Для расчета составляют аксонометрическую схему системы. Схема делится на участки, т. е. отрезки воздуховодов постоянного сечения с неизменным расходом воздуха, постоянной конфигурации, из одного и того же материала. В системе механической вентиляции главным направлением является трасса до наиболее удаленной жалюзийной решетки. По рекомендуемой скорости v и заданному расходу W находят требуемое сечение для каждого участка воздуховода.

По справочным данным выбирают воздуховод стандартного размера круглого или прямоугольного сечения. Определив потери давления на трение по длине всех участков расчетного направления, а также в местных сопротивлениях, с учетом потерь давления в элементах вентиляционных установок находят величину давления, которую должен обеспечить вентилятор. Расчет завершается увязкой второстепенных направлений с основным. При невозможности увязки избыточное давление дросселируют с помощью диафрагм или шиберов.

В общественных зданиях применяют системы кондиционирования воздуха (СКВ) (рис. 2.23) для поддержания необходимой воздушной среды в помещениях. СКВ обеспечивает забор, транспортировку, распределение и удаление воздуха, его обработку, теплохолодообеспечение, энерго- и водоснабжение, сброс воды, автоматическое управление и использование вторичных ресурсов (ВЭР).

Установка кондиционирования воздуха (УКВ) осуществляет при необходимости нагревание или охлаждение, увлажнение или осушку воздуха, очистку от пыли, удаление (дезодорацию) или придание (одорацию) запаха, ионизацию, а также перемещение воздуха. К УКВ воздух поступает через воздухозаборные устройства (ВЗ), а затем через системы воздухораспределения (СВР) направляется в обслуживаемое помещение. Отработавший воздух через системы воздухоудаления (СВУ) от-

водится из помещения. В некоторых случаях отработавший воздух может быть направлен для повторного использования через систему рециркуляции воздуха (СРВ). Для подогрева воздуха в УКВ используется система теплоснабжения (СТС), получающая теплоту от местных или центральных источников.

Для обеспечения холодом используется система холодоснабжения (СХС). С целью снижения потребления теплоты или холода от внешних источников применяют системы утилизации теплоты (холода) — СУТХ. Источниками энергии в таких системах является

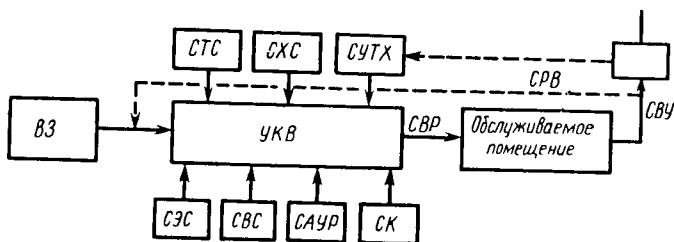


Рис. 2.23. Схема кондиционирования

удаляемый из помещений воздух, сбросная вода теплохолодильных установок, осветительная аппаратура и т. д. Система электроснабжения (СЭС) обеспечивает работу приводов вентиляторов, насосов, клапанов, приборов контроля и автоматики и др. Системы водоснабжения (СВС) и канализации (СК) предназначены для обслуживания элементов УКВ, в которых рабочей средой является вода. Для обеспечения заданных параметров воздушной среды в обслуживаемых помещениях, а также надежной и эффективной работы УКВ применяется система автоматического управления и регулирования (САУР).

Широкое распространение получили автономные бытовые кондиционеры оконного типа. Они имеют встроенную холодильную установку с воздушным охлаждением конденсатора. Движение воздуха в кондиционере обеспечивается малощумным вентилятором. Воздух поступает из обслуживаемого помещения; небольшое количество свежего воздуха может быть взято снаружи. Он используется для охлаждения конденсатора холодильной установки.

Интерес представляет изменение тепловлажного состояния воздуха при кондиционировании. Для этого используют аппараты двух типов: поверхностные теплообменники и аппараты непосредственного контакта. К поверхностным теплообменникам относятся воздухогреватели (калориферы) и воздухоохладители. В них теплохолодonoситель отделен от обрабатываемого воздуха стенкой трубы. Носителем теплоты или холода в этих аппаратах является вода, пар, растворы солей, антифризы, холодильные агенты.

Экология и вентиляция. Потребность в вентиляции гражданских зданий зависит от местных и временных факторов. Современные вентиляционные системы, особенно в жилых зданиях, плохо учитывают специфику помещений. Они часто работают по централизованному принципу. С другой стороны, низкое качество среды обитания приводит к ухудшению здоровья, снижению трудоспособности. На ухудшение среды обитания влияют многие факторы. Вопросы связи вентиляции с экологией подробнее освещены в прилож. 4.

Горячее водоснабжение. В настоящее время расход тепла на горячее водоснабжение в среднем по стране составляет примерно 20 % от расхода тепла на отопление. В перспективе с повышением уровня благоустройства жилого фонда этот показатель может увеличиться к 2000 г. в 2,5 ... 3 раза.

При современных схемных решениях систем горячего водоснабжения и оснащения их примитивными приборами бесполезные потери тепла в этих системах достигают 30 ... 40 %. Это объясняется отсутствием простейших регуляторов давления и температуры, приборов учета расхода горячей воды, а также бесшумных циркуляционных насосов. Их разработка и массовое промышленное производство — задачи, которые необходимо решить в ближайшие годы.

В среднесуточном расходе горячей воды 65 % ее используется на мойку посуды и стирку белья. В связи с этим представляется целесообразным снизить расходы тепла на эти нужды за счет понижения температуры горячей воды.

Совершенствование систем горячего водоснабжения существующих жилых и общественных зданий может быть осуществлено за счет проведения следующих мероприятий:

- внедрения водоразборных приборов и оборудования, обеспечивающих снижение расхода горячей воды на хозяйственные и бытовые нужды;

- применения эффективной тепловой изоляции трубопроводов;

- использования напорных аккумуляторов тепла с соответствующей тепловой автоматикой для стабилизации температуры горячей воды, подаваемой в сеть горячего водоснабжения;

- разработки новых типов водонагревателей и малоинерционных устройств для регулирования подачи теплоносителя в зависимости от температуры горячей воды;

- использования выпускаемых промышленностью новых типов регуляторов температуры «после себя» с целью сокращения и наиболее рационального распределения циркуляционных расходов в контурах систем горячего водоснабжения и повышения КПД водонагревателей;

- применения выпускаемых промышленностью регуляторов давления в системах централизованного горячего водоснабжения в зданиях до 5 этажей включительно, регуляторов для поэтажного ре-

гулирования напора в подводках к водоразборным приборам в зданиях высотой более 5 этажей.

применения водоразборной арматуры с аэрирующими насадками.

2.4. Совершенствование теплотехнических расчетов

Повышение тепловой эффективности жилых зданий экономически целесообразно, так как позволяет улучшать их тепловой и воздушный режим и снизить расход топлива на бытовое теплоснабжение. Вместе с тем необходимо совершенствовать нормы проектирования. Поэтому в СССР одним из направлений научных исследований в последние десятилетия является совершенствование нормирования теплотехнических требований к зданиям на основе новых подходов к теплотехническим расчетам.

В настоящее время в основу строительно-теплотехнических нормативов по расчету необходимого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий закладывается тот или иной уровень теплопотерь через эти конструкции. Принимаемый уровень теплопотерь (зависящий только от характера здания) для жилых и ряда категорий общественных зданий составляет: для пола нижнего этажа — $17,5 \text{ Вт/м}^2$, для перекрытия верхнего этажа — 35 , для наружных стен — 52 , для окон и других светопрозрачных конструкций — от 75 до 120 Вт/м^2 .

Существенно увеличиваются теплопотери (до 30%) зданий из-за повышенной воздухопроницаемости наружных ограждающих конструкций. Температура на внутренней поверхности панелей наружных стен в зоне стыков при учете воздухопроницаемости может быть значительно ниже, чем без ее учета. Известно, что значительное понижение температуры воздуха в жилых помещениях наблюдается в зимнее время у окон. В связи с этим следует рассматривать вопрос о нормировании величины внутреннего температурного перепада стыков стеновых панелей и окон с учетом их воздухопроницаемости.

Эксплуатируемые здания. Методика теплотехнического расчета эксплуатируемых зданий имеет свои особенности. Целесообразность повышения тепловой эффективности эксплуатируемых зданий рекомендуется выявлять поэтапно. На первом этапе проводится научно-техническая экспертиза расчетных теплотехнических данных проекта рассматриваемого жилого здания. Для каждого из конструктивных элементов здания (панели наружных стен, светопрозрачные ограждения, перекрытия над подвалами и т. п.) определяют основные расчетные теплотехнические характеристики $R_{0}^{ок}$, $R_{0}^{пр}$, $R_{0}^{тр}$, $R_{0}^{р*}$ с учетом действующих нормативных требований и оптовых цен на строительные материалы и изделия. Если на пер-

* Расшифровку некоторых индексов см. ниже в конце пособия.

вом этапе научно-технической экспертизы будет выявлена целесообразность дополнительного утепления ограждающих конструкций, то необходимо выполнить второй этап научно-технической экспертизы — определение фактического (в натуре) сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций здания — $R_0^{\text{ф}}$. При этом эксплуатационные расходы тепловой энергии определяются на основе опытных замеров (не менее 3...5 раз) в соответствии с действующими методиками и инструкциями с помощью приборов контроля отпуска и учета потребления тепловой энергии.

Вариантом оценки целесообразности ЭСМ может быть сравнение средневзвешенных величин проектных, фактических и требуемых термических и экономических характеристик основных конструктивных элементов жилых зданий. В процессе планирования мероприятий по повышению тепловой эффективности конструкций необходимо выполнить перерасчет теплопотерь здания с учетом проведенных энергосберегающих мероприятий и определить уменьшенную расчетную тепловую нагрузку на систему отопления.

Анализ расчетов позволяет сделать вывод о возможном изменении расчетной нагрузки на систему отопления здания в результате улучшения теплозащиты его основных конструктивных элементов.

Экономическую эффективность любых энергосберегающих мероприятий следует определять в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, а также дополнений к ним, отражающих особенности применения указанных мероприятий в практике проектирования, эксплуатации и капитального ремонта жилищного фонда СССР.

Все энергосберегающие мероприятия по улучшению теплозащитных свойств эксплуатируемых полносборных жилых зданий связаны с необходимостью осуществления единовременных и текущих затрат. Поэтому расходы на их реализацию следует соизмерять с результатами экономии тепловой энергии после внедрения указанных мероприятий.

В настоящее время подход к оценке теплозащиты мало- и многоэтажных зданий одинаков. Но поскольку здания разных типов и этажности теряют тепло в неодинаковой степени, целесообразно пользоваться другим критерием при определении тепловой эффективности зданий по их теплопотреблению, например показателем расхода тепла на отопление на 1 м² общей площади. Критерием оценки тепловой эффективности здания является также условный коэффициент теплопередачи здания $K = Q_0 / (\Delta t)$, где Q_0 — общие теплопотери здания (Вт), включая трансмиссионные и инфильтрационные, за вычетом бытовых тепловыделений. При этом удельный расход тепла, равный $Q_0 / F_{\text{оп}}$ (где $F_{\text{оп}}$ — общая площадь здания, м²), у малоэтажных и многоэтажных зданий одного типа должен быть одинаков. Но поскольку теплопотери малоэтажных

зданий по сравнению с многоэтажными выше примерно на 70%, тепловая защита малоэтажных домов должна быть больше на 70% однотипных многоэтажных.

При проектировании малоэтажных зданий следует назначать повышенную теплозащиту наружных ограждающих конструкций и выявлять экономически оптимальные варианты.

Нормирование теплотехнических характеристик наружных ограждений за рубежом осуществляют исходя как с экономической точки зрения, так и с позиции создания комфортных условий для проживания.

С 1 июля 1979 г. в Финляндии введены новые нормы на теплоизоляцию, которые применяются ко всем типам зданий с учетом коэффициентов теплопередачи стен и покрытий, окон и дверей, а также средних коэффициентов теплопередачи оболочки здания. По финскому стандарту коэффициенты теплопередачи для стен и покрытий зданий, смежных с наружным воздухом или необогреваемым пространством, колеблются от 0,23 до 0,35 Вт/(м²·°С), а у конструкций, соприкасающихся с грунтом, — 0,4 Вт/(м²·°С). В дальнейшем в Финляндии предполагается довести этот коэффициент для стен, перекрытий и покрытий до 0,2 Вт/(м²·°С), что является пределом при использовании минераловатных и синтетических материалов с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,032 \dots 0,036$ Вт/(м·°С). В финских нормах установлено, что коэффициенты теплопередачи оконных и дверных заполнений, отделяющих обогреваемые помещения от наружного воздуха или неотопливаемых помещений, не должны превышать для дверей 2,1, для вентилируемых окон 0,7.

Даже в условиях Скандинавских стран зимой через окна в здание попадает значительное количество тепла от солнечной радиации. Оно колеблется в зависимости от ориентации окон по странам света, а также от времени отопительного периода.

По строительным нормам Швеции 1978 г. площадь окон должна составлять примерно 15% площади полосы пола шириной 5 м, примыкающей к наружной стене, плюс 3% для остальной площади пола. В соответствии с требованиями шведских норм предельная величина воздухообмена, возникающего за счет инфильтрации, должна составлять 3 об/ч. При проектировании учитываются такие важные факторы, как наружные ограждения с минимальной воздухопроницаемостью, качество строительных работ и наличие воздухо непроницаемого материала для внешнего слоя ограждающих конструкций. Энергопотребление шведских сборных домов на основе древесины составляет 2,1 Вт/(м²·°С), тогда как в США, ФРГ и Франции энергопотребление аналогичных зданий в 1,5... 1,7 раза выше. Низкое энергопотребление шведских домов достигнуто благодаря высоким требованиям к предотвращению воздухопроницаемости стен, в том числе окон.

В соответствии с нормами коэффициент теплопередачи должен составлять не более $0,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$, а для перекрытий и покрытий $0,35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$. Требования регламентируют допустимую площадь остекления — 12% площади наружных стен при одинарном остеклении и 24% — при двойном.

Предусматривается двухстадийный подход к совершенствованию норм на теплоизоляцию: во-первых, повышение уровня стандартов, совместимое с существующей строительной практикой; вторая стадия требует времени для разработки достаточно высоких стандартов на будущее. На первой стадии предложены коэффициенты теплопередачи, равные 0,25 для покрытий, 0,40 для стен и $0,35 \text{ Вт}/\text{м}^2$ для полов. В 1985 г. эти величины снизились до 0,20 для покрытий, 0,25 для стен и 0,30 для полов.

Содержание и порядок проведения теплотехнического расчета. В процессе теплотехнического расчета аналитическим путем определяют: расчетное общее сопротивление R_0 ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$), а для панельных зданий и приведенное сопротивление теплопередаче $R_{0\text{пр}}$ наружного ограждения (без учета воздухопроницаемости стыков); тепловую инерцию конструкций и расчетную температуру наружного воздуха t_n ($^\circ\text{С}$); требуемое сопротивление теплопередаче $R_{0\text{тр}}$ ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$); экономически целесообразное сопротивление теплопередаче $R_{0\text{эк}}$ из условия минимума приведенных затрат.

При этом проверяется условие $R_{0\text{эк}} = R_0 \geq R_{0\text{тр}}$. Кроме того, проверяются теплозащитные свойства стыков (открытого типа с учетом воздухопроницаемости) и теплопроводных включений из условия невыпадения конденсата на их внутренней поверхности; обеспечивается нормируемый температурный перепад $\Delta t^{\text{н}}$ ($^\circ\text{С}$) между температурами внутреннего воздуха t_v и внутренней поверхности ограждения τ ($^\circ\text{С}$), определяемый из санитарно-гигиенических условий при расчетной температуре наружного воздуха. Далее определяются температура внутренней поверхности ограждения и теплоустойчивость наружных ограждений при строительстве (в южных районах при расчетной температуре июля $+21^\circ\text{С}$ и выше); обеспечивается соблюдение требований по ограничению воздухопроницаемости, защита теплоизоляционного слоя от влаги внутреннего воздуха; проверяется возможность образования конденсата на внутренней поверхности.

Для определения теплопотерь и нагрузки на отопление в панельных зданиях определяется общее сопротивление теплопередаче R_0 , приведенное с учетом воздухопроницаемости стыков. Теплотехнический расчет конструкций выполняется в такой последовательности: задаются массивностью конструкции; определяют расчетную зимнюю температуру наружного воздуха, требуемое сопротивление теплопередаче $R_{0\text{тр}}$, экономически целесообразное сопротивление теплопередаче $R_{0\text{эк}}$ из условия минимума приведенных затрат: принимают $R_0 = R_{0\text{эк}}$; определяют термические сопротивления $R_{\text{ут}}$ и толщину утепляющего (основного) слоя конструкции

δ_{yt} ; проверяют массивность, вычисляя тепловую инерцию конструкции D ; определяют приведенное сопротивление теплопередаче R_o^{np} , а также требуемые сопротивления теплопередаче стыка и толщину утепляющего вкладыша в стыке, температуру и R_o^{np} с учетом и без учета воздухопроницаемости*. Определяют удельные теплотери и сравнивают их с контрольными показателями расхода тепла на отопление. Новый метод нормативных расчетов см. в прилож. 5.

В перспективе будет занормирована методика расчета, состоящая в определении приведенного коэффициента теплопередачи здания (равного обратной величине сопротивления теплопередаче) и сравнении его с нормируемым значением.

При теплотехническом расчете окон и дверей выбирают сопротивление теплопередаче R_o и сравнивают его с требуемым сопротивлением теплопередаче R_o^{tr} , определяемым как большее по формуле (2.32) и по таблице СНиП «Строительная теплотехника».

Толщина утепляющего слоя (м)

$$\delta_{yt} = \left\{ R_o^{эк} - \frac{1}{\alpha_n} - \frac{1}{\alpha_n} - \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right) \right\} \lambda_{yt}, \quad (2.24)$$

где α_n — нормируемый (СНиП «Строительная теплотехника»), коэффициент теплоотдачи наружной поверхности; $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ — толщины и коэффициенты теплопроводности конструктивных слоев; λ_{yt} — коэффициент теплопроводности утепляющего слоя, определяемый по СНиП «Строительная теплотехника».

При расчете панельных зданий следует определять приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_o^{np} ($m^2 \cdot ^\circ C / Bt$), которое как с учетом, так и без учета сквозной воздухопроницаемости определяют по формуле

$$R_o^{np} = \frac{t_n - t_n}{(t_n - \tau_n^{np}) \alpha_n}, \quad (2.25)$$

где α_n — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности обычного ограждения с учетом зоны стыков, равный $7,8 Bt / (m^2 \cdot ^\circ C)$, или коэффициент теплопередачи внутренних (считая от вентилируемой прослойки) слоев вентилируемых ограждений.

Приведенная температура внутренней поверхности наружной стены как с учетом, так и без учета воздухопроницаемости определяется по формуле

$$\tau_n^{np} = \frac{\tau_{n,ст}^{np} F_{ст} + \tau_{n,г} F_{г}}{F_{ст} + F_{г}}, \quad (2.26)$$

где $F_{ст}$ — условная площадь влияния стыков, равная $\delta l_{ст}$; δ — толщина панели; $l_{ст}$ — длина стыка; $F_{г}$ — площадь стены (за исключе-

* В панельных зданиях.

нием оконных проемов), равная $F_{об}-F_{ст}$, где $F_{об}$ — общая площадь панели (за исключением оконных проемов).

Приведенная температура внутренней поверхности зоны стыка

$$\tau_{в.ст}^{пр} = \frac{\tau_{в.г} + \tau_{в.ст}}{2}, \quad (2.27)$$

где $\tau_{в.г}$, $\tau_{в.ст}$ — температура внутренней поверхности панели и в углу стыка;

$$\tau_{в.ст} = t_v - \frac{t_v - t_n}{R_{о.ст} \alpha_v}; \quad (2.28)$$

$$R_{о.ст} = \frac{(\delta_{пер} + \delta_z + \delta_p) 0,95}{\delta_{пер}/R_{о.пер} + \delta_z/R_{о.з} + \delta_p/R_{о.р}},$$

где $\delta_{пер}$ — половина толщины перекрытия или внутренней стены, м; δ_z — толщина зазора между перекрытием и ребром панели, м; δ_p — толщина обрамляющего ребра, м; $R_{о.пер}$, $R_{о.з}$, $R_{о.р}$ — сопротивление теплопередаче по оси перекрытия, зазору, обрамляющему ребру.

Температура внутренней поверхности по глади однослойных легкобетонных, деревянных, кирпичных и блочных стен

$$\tau_{в.г} = t_n + (t_v - t_n) \frac{(\exp b \cdot 0,12 R_x - 1) 0,99}{\exp b \cdot 0,12 R_o - 2}, \quad (2.29)$$

где b — переводной коэффициент из СИ в техническую систему; R_x — сопротивление теплопередаче конструкции от внутренней поверхности до наружной термической границы;

$$R_x = R_k + 1/\alpha_n, \quad (2.30)$$

где R_k — термическое сопротивление конструкции; α_n — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности.

Если $\Delta t_{факт} = t_v - \tau_{в} < \Delta t_{норм}$ (при $\Delta t_{норм} = 6^\circ\text{C}$), то для соблюдения условия $\Delta t_{факт} \geq \Delta t_{норм}$ требуется дополнительное утепление элементов строительных конструкций.

Приведенная температура внутренней поверхности стены с учетом окон определяется при расчете теплопотерь по формуле

$$\tau_v^{пр} = \frac{\tau_{в.с} F_{ст} + \tau_{в.г} F_{г} + \tau_{в} F_o}{F_{ст} + F_{г} + F_o}, \quad (2.31)$$

где $\tau_{в.с}$ — приведенная температура внутренней поверхности стен;

$$\tau_{в.с} = \left[t_v - \frac{t_v - t_n}{R_{оо} \cdot 8,7} \right] K_{\tau}.$$

Для окна без учета коробки коэффициент

$$K_{\tau} = (0,28 c W K_{оо})^{3/2} + 1,$$

с учетом коробки

$$K_{\tau} = 0,5 (0,28 c W R_{оо})^{3/2} + 1,$$

где R_{00} — приведенное сопротивление теплопередаче ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$) светопрозрачной конструкции без учета воздухопроницаемости.

Требуемое сопротивление теплопередаче стыка (окна) $R_{0,с}^{\text{TP}} (R_{0,о}^{\text{TP}})$ с учетом воздухопроницаемости определяется по формуле

$$R_{0,с}^{\text{TP}} = \frac{4}{cW} \ln \frac{A-1}{A - \exp(b)}, \quad (2.32)$$

где $A = (\tau_{\text{в}}^{\text{TP}} - t_{\text{н}}) / [n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})]$; n — коэффициент, равный 0,97 — для стыка, 0,96 — для окон; $\tau_{\text{в}}^{\text{TP}}$ — требуемая температура внутренней поверхности стыка или окна; для стыков она равна температуре точки росы, а для окна — 3°С ; W — допустимый (нормируемый) расход воздуха; через стык $0,5 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{ч})$; через окно $10 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; c — удельная теплоемкость $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С})$; b — коэффициент, равный для стыка — 0,02, для окна — 0,25.

Толщина утеплителя в стыке, исходя из требуемого сопротивления теплопередаче стыка, определяется по формуле

$$\delta_{\text{ут}} = \frac{\lambda_{\text{ут}} [a\delta - R_{0,с}^{\text{TP}} (b\delta + c\delta + \delta_{\text{пер}})]}{0,95 [R_{0,с}^{\text{TP}} (b + c) - a]}, \quad (2.33)$$

где $\lambda_{\text{ут}}$ — коэффициент теплопроводности утеплителя в стыке;

$$a = \delta_{\text{з}} + \delta_{\text{р}} + \delta_{\text{пер}}; \quad b = \frac{\delta_{\text{р}}}{R_{\text{оп}}}; \quad c = \frac{\delta_{\text{з}}}{R_{0,з}}$$

$$\delta = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + R_1 + R_2 + \dots + R_n;$$

$\delta_{\text{з}}$, $\delta_{\text{р}}$ — толщины элементов стыка (зазор, ребро); $\delta_{\text{пер}}$ — половина толщины внутренней стены или перекрытия; $R_{\text{оп}}$, $R_{0,з}$ — сопротивления теплопередаче элементов в сечениях по ребру, зазору и др. (кроме сечения по внутренней стене и перекрытию); $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{н}}$ — коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей; $R_1, R_2, \dots, R_n$ — термические сопротивления слоев в сечении по внутренней стене или перекрытию (за исключением утеплителя в стыке).

При проектировании оконных заполнений необходимо подбирать такие типы окон и способы герметизации, чтобы их воздухопроницаемость не превышала допустимой действующими теплотехническими нормами. Размеры световых проемов принимаются в соответствии с нормами естественной и искусственной освещенности.

Сопротивление паропроонианию материалов ограждающих конструкций R_n не должно быть менее требуемого, определяемого по СНиП «Строительная теплотехника».

В многослойных конструкциях для определения максимально возможного влажностного состояния материалов конструкций и

установления наиболее целесообразного расположения конструктивных слоев необходимо проводить расчет влажностного состояния по стационарному методу.

Имеется много методик теплотехнических расчетов энергоэкономичных и прогрессивных конструкций. Ниже для примера даны некоторые из них.

Теплотехнический расчет теплого чердака (пример по проекту К76 Киев-ЗНИИЭПа).

1. Определяем расход воздуха (кг/ч), поступающего на одну секцию теплового чердака:

$$G = m [G_{\text{кв}} + 17(v - 5) - 2,4(t_{\text{нб}} - 5)] , \quad (2.34)$$

где m — число квартир здания, соответствующих одной чердачной секции; $G_{\text{кв}}$ — расход воздуха на одну квартиру, кг/ч; v — скорость ветра, м/с; $t_{\text{нб}}$ — расчетная температура наружного воздуха по параметрам Б, °С:

$$G = 12,758 \text{ кг/ч.}$$

2. Определяем удельное тепловыделение трубопроводов, размещаемых на теплом чердаке, в расчете на 1 м² площади чердака, (Вт/м²):

$$q_{\tau} = 0,77n, \quad (2.35)$$

где n — число этажей зданий;

$$q_{\tau} = 0,77 \cdot 10 = 7,7 \text{ Вт/м}^2.$$

3. Определяем значения сопротивлений теплопередаче: для перекрытия между верхним этажом здания и теплым чердаком

$$R_0^{\text{пер}} = 0,23 + R_{\text{к}}^{\text{пер}}, \quad (2.36)$$

для покрытия теплого чердака

$$R_0^{\text{пок}} = 0,16 + R_{\text{к}}^{\text{пок}} + R_{\text{с}}, \quad (2.37)$$

для наружной стены теплого чердака

$$R_0^{\text{ст}} = 0,158 + R_{\text{к}}^{\text{ст}}, \quad (2.38)$$

где $R_0^{\text{пер}}$, $R_{\text{к}}^{\text{пок}}$, $R_{\text{с}}$, $R_{\text{к}}^{\text{ст}}$ — термическое сопротивление собственно ограждающих конструкций соответственно перекрытия, покрытия, снежного покрова (0,086) и стен, м²·°С/Вт;

Подставив значения, имеем:

$$R_0^{\text{пер}} = 0,44 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}; \quad R_0^{\text{пок}} = 0,954 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}; \quad R_0^{\text{ст}} = 0,688 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

4. Определяем усредненное значение температуры воздуха в теплом чердаке, °С:

$$t_{\text{ч}} = \frac{\left(0,788cG + \frac{F^{\text{пер}}}{R_0^{\text{пер}}}\right)t_{\text{вен}} + \left(\frac{F^{\text{пок}}}{R_0^{\text{пок}}} + \frac{F^{\text{ст}}}{R_0^{\text{ст}}}\right)t_{\text{нб}} + q_{\tau}F^{\text{пер}}}{0,278CG + \frac{F^{\text{пер}}}{R_0^{\text{пер}}} + \frac{F^{\text{пок}}}{R_0^{\text{пок}}} + \frac{F^{\text{ст}}}{R_0^{\text{ст}}}}, \quad (2.39)$$

где c — теплоемкость воздуха, принимаемая равной 1 кДж/(кг·°С); $t_{\text{вен}}$ — температура воздуха, поступающего на теплый чердак, равная температуре возду-

ха под потолком помещений и принимаемая на 1°C выше расчетной температуры воздуха жилых комнат, $^{\circ}\text{C}$; $F_{\text{пер}}$, $F_{\text{пок}}$, $F_{\text{ст}}$ — площади соответственно перекрытия между верхним этажом и теплым чердаком, покрытия, наружных стен теплового чердака, м^2 .

После подстановки значений получаем

$$t_{\text{ч}} = 11,55^{\circ}\text{C}.$$

5. Определяем минимальную температуру воздуха в угловой зоне наружных стен:

$$t_{\text{ч}}^{\text{мин}} = t_{\text{вен}} - 3,54 (t_{\text{вен}} - t_{\text{ч}}) \frac{r}{\sqrt{F_{\text{пок}}}} = 8,33^{\circ}\text{C}, \quad (2.40)$$

где r — максимальное удаление угловой зоны наружных стен от ближайшего вентиляционного блока, м.

6. Определяем значения температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций теплового чердака:

для перекрытия между верхним этажом здания и теплым чердаком

$$\tau_{\text{пр}}^{\text{пер}} = t_{\text{ч}} + \frac{0,115}{R_{\text{пер}}} (t_{\text{вен}} - t_{\text{ч}}); \quad (2.41)$$

для покрытия теплового чердака

$$\tau_{\text{пр}}^{\text{пок}} = t_{\text{ч}} - \frac{0,115}{R_{\text{пок}}} (t_{\text{ч}} - t_{\text{нб}}); \quad (2.42)$$

для наружной стены теплового чердака

$$\tau_{\text{пр}}^{\text{ст}} = t_{\text{ч}} - \frac{0,115}{R_{\text{ст}}} (t_{\text{ч}}^{\text{мин}} - t_{\text{нб}}). \quad (2.43)$$

Среднеарифметическое значение температур внутренней поверхности перекрытия и покрытия:

$$t_{\text{ср}}^{\text{пов}} = 0,5 (\tau_{\text{пр}}^{\text{пер}} + \tau_{\text{пр}}^{\text{пок}}). \quad (2.44)$$

Соответственно получаем

$$\tau_{\text{пр}}^{\text{пер}} = 13,5^{\circ}\text{C}; \quad \tau_{\text{пр}}^{\text{пок}} = 7,51^{\circ}\text{C}; \quad \tau_{\text{пр}}^{\text{ст}} = 6,56^{\circ}\text{C}; \quad t_{\text{ср}}^{\text{пов}} = 10,5^{\circ}\text{C}.$$

Расчет системы вертикального проветривания (на примере экспериментального проекта для г. Севастополя). Проветривание жилых помещений предусматривается через специальную вентиляционную шахту, расположенную в центральной части здания (см. рис. 2.1).

Расчет выполняется для естественного побуждения под действием гравитационного давления при разности температур наружного и внутреннего воздуха более 5°C и скорости ветра менее 2 м/с.

Площадь поперечного сечения шахты определяется по формуле

$$F_{\text{ш}} = \sqrt{\frac{AB}{A-B}}, \quad (2.45)$$

где

$$A = (\gamma_n / \gamma_v)^2 F_v^2; \quad (2.46)$$

$$B = \frac{VK}{3600\mu} \frac{1}{2qz_o^{\text{ш}} (\gamma_n / \gamma_p - 1)}. \quad (2.47)$$

Здесь γ_n — плотность наружного воздуха, кг/м³; γ_v — плотность внутреннего воздуха, кг/м³; F_v — общая площадь вентиляционных отверстий в стене шахты, м². Принимаем размер вентиляционного отверстия на каждом этаже равным 0,6 × 0,25 м; V — объем всех проветриваемых помещений, м³; K — кратность обмена воздуха, принимается равной 10; μ — коэффициент расхода воздуха, проходящего через вентиляционные отверстия ствол шахты и фонарное устройство; $z_o^{\text{ш}}$ — расстояние от центра расчетного (условного) выходного отверстия шахты до центра выходного отверстия в фонарном устройстве, м;

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{в.о} + \xi_{с.ш} + \xi_{ф.у}}}, \quad (2.48)$$

где $\xi_{в.о}$ — коэффициент местного сопротивления вентиляционного отверстия; $\xi_{с.ш}$ — коэффициент местного сопротивления ствола шахты; $\xi_{ф.у}$ — коэффициент местного сопротивления фонарного устройства;

$$z_o^{\text{ш}} = z_2/2 + z_3, \quad (2.49)$$

где z_2 — расстояние от нижнего до верхнего вентиляционного отверстия, м (см. рис. 2.1); z_3 — расстояние от верхнего отверстия до выходного отверстия шахты, м.

Для исключения обратных воздушных потоков в квартирах, расположенных на верхних этажах дома, определяется расстояние между нейтральной плоскостью и центром условного вентиляционного отверстия. При этом необходимо обеспечить условие

$$L > z_1 + z_2,$$

где L — отметка нейтральной плоскости, м; z_1 — расстояние от нулевой отметки до нижнего вентиляционного отверстия, м; z_2 — расстояние от нижнего до верхнего вентиляционного отверстия, м.

Расчет открытого чердака. При теплотехническом расчете открытого чердака следует исходить из условия недопустимости выпадения конденсата на холодной внутренней поверхности покрытия при соблюдении теплового, влажностного и воздушного балансов чердачного помещения. Необходимый воздухообмен чердака определяется (при нормативном расходе вытяжного воздуха вентиляции здания) расчетом притока наружного воздуха по условию баланса влаги:

$$G_n = G_v \frac{d_v - d_p}{d_c - d_n}, \quad (2.50)$$

где G_n , G_v — расход наружного и вентиляционного воздуха, поступающего на чердак, приведенный к 1 м² покрытия, кг/(м²·ч); d_n , d_v — влагосодержание наружного и вентиляционного воздуха, г/кг; d_p — расчетное (насыщающее) влагосодержание воздуха.

При этом определяется действительная температура воздуха в чердаке:

$$t_q = \frac{R_o^n R_o^{nep} C (G_n t_{вен} + G_n t_n) + R_o^n t_v + R_o^{nep} t_n}{R_o^n R_o^{nep} C (G_v + G_n) + R_o^n + R_o^{nep}}, \quad (2.51)$$

где R_o^n , R_o^{nep} — сопротивление теплопередаче чердачного покрытия и перекрытия, м²·°C/Вт; C — теплоемкость воздуха; $t_{вен}$ — температура воздуха, поступающего в чердак из вентиляционных каналов, °C; t_n , t_v — температура наружного и внутреннего воздуха, °C.

Соответствующая температура внутренней поверхности покрытия

$$\tau_n = \frac{t_q - t_n}{\alpha_v R_o^n}, \quad (2.52)$$

где α_v — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности покрытия, Вт/(м²·°C);

Принимая τ_n за точку росы, расчетное влагосодержание воздуха d_p , при котором происходит выпадение конденсата, можно рассчитать влагосодержание воздуха в чердаке:

$$d_q = \frac{G_v d_v + G_n d_n}{G_v + G_n}, \quad (2.53)$$

где d_q должно быть не больше расчетного, в противном случае расчет повторяется до совпадения значений расчетного и действительного влагосодержания.

Площадь вентилируемых отверстий на 1 м длины наружных стен

$$F_0 = \frac{BG_n}{3600 \gamma_n V_n}, \quad (2.54)$$

где B — ширина здания, м; V_n — скорость ветра, м/с.

Скорость движения воздуха в отверстии определяется выражением

$$V_0 = V_n \sqrt{(K_n - K_p) / \Sigma \xi}, \quad (2.55)$$

где K_n , K_p — аэродинамические коэффициенты на наветренной и подветренной сторонах здания; $\Sigma \xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений воздушного потока в отверстии.

В начале расчета предварительно принимается приближительная температура воздуха в чердаке и соответствующее ей расчетное влагосодержание воздуха. Приведенный расчет не дает возможности достаточно полно учесть воздухораспределение по объему открытого чердака. В связи с этим ниже представлены методы расчета (воздушного поля) таких чердаков с учетом многомерности воздушных потоков.

Опишем теплоперенос внутри чердака, имеющего входные и выходные наружные отверстия, а также поступление теплого отработанного воздуха из вентиляционной системы. Считая, что все отверстия находятся в плоскости симметрии чердака, сам чердак в продольном сечении имеет прямоугольную форму, течение воздуха внутри чердака имеет, в основном, стационарный и ламинарный характер при умеренных скоростях. Применим для описания процесса теплопереноса модель плоского течения идеальной несжимаемой жидкости (рис. 2.24).

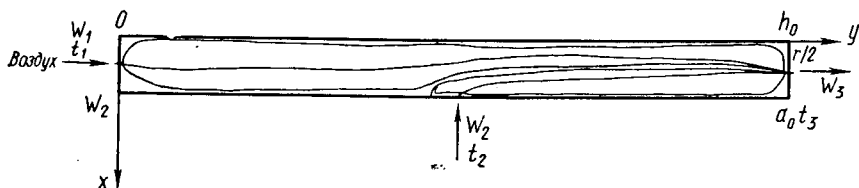


Рис. 2.24. Расчетная схема открытого чердака

Источник и сток воздуха считаем точечными с расходом W_i . При этом $W_i > 0$ для источника, $W_i < 0$ для стока воздуха. Из условия сохранения массы воздуха получаем

$$\sum_i W_i = 0. \quad (2.56)$$

Условие непротекания воздуха через стенки принимает вид

$$d\vec{v} = dn = 0. \quad (2.57)$$

Функция тока жидкости $s(x, y)$ удовлетворяет уравнению Лапласа

$$\Delta s = 0, \quad (2.58)$$

где $s(x, y) = c$ — линия тока жидкости; $v(x, y)$ — скорость касательная к линии тока.

Уравнение стационарного теплопереноса имеет вид

$$a\Delta t - (\vec{v} \cdot \text{grad})t = 0, \quad (2.59)$$

где $a\Delta t$ — кондуктивный член, $(\vec{v} \cdot \text{grad})t$ — конвективный член.

Так как для воздуха коэффициент температуропроводности $a = \lambda c \rho$ достаточно мал, то кондуктивный член в уравнении (2.59) можно учитывать только в той области, где $|\vec{v}| \approx 0$. В остальной области течения можно считать, что теплоперенос имеет, в основном, конвективный характер, т. е. температура сохраняется вдоль линий тока. Так как воздух вытекает из двух точечных источников, температура которых считается постоянной, то вся область течения разбивается на две подобласти вокруг каждого источника. Температура воздуха, вытекающего из источника, остается почти постоянной во всей подобласти, окружающей данный источник.

Вдоль границы этих двух подобластей имеем скачок температуры, фактически вдоль этой границы возникает пограничный слой поперечного кондуктивного теплопереноса. Толщина этого слоя имеет порядок $a/|\vec{v}|$.

Рассмотрим чердак с длиной $a_0 = 30$ м, высотой $h_0 = 2$ м, шириной $b_0 = 12$ м. Пусть расход вытекающего теплого воздуха $W_2 = 2000$ м³/ч, температура его $t_2 = 20^\circ\text{C}$. Для холодного поступающего воздуха $W_1 = 500$ м³/ч, $t_1 = -40^\circ\text{C}$. Тогда для выходящего воздуха

$$W_3 = -(W_1 + W_2) = -2500 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.60)$$

температура его

$$t_3 = (t_1 W_1 + t_2 W_2) / (W_1 + W_2) = 8^\circ\text{C}. \quad (2.61)$$

Берем источники и сток посередине соответствующих сторон прямоугольника, т. е. $a_1 = 0$, $h_1 = h_3 = h_0/2 = 1$ м, $a_2 = a_0/2 = 15$ м, $a_3 = a_0 = 30$ м.

Введем безразмерные переменные:

$$x = h/(2h_0), \quad y = a/(2h_0), \quad (2.62)$$

тогда
$$f(z) = \sum_i [\eta \beta_i^2 - \ln(\cos 2\pi \beta_i - \cos 2\pi z) + 4 \sum_{m=1}^{\infty} q^{2m} \cos 2m\pi z \times \\ \times \cos 2m\pi \beta_i / (m(1 - q^m))] W_i / (2\pi); \quad \text{здесь } q = \exp(-\pi\tau), \quad \tau = \\ = a_0 / (h_0 \beta_1) = 0,25, \quad \beta_2 = 0,5 + 0,25i\tau, \quad \eta = -\Theta'''(0) / (\Theta'(0) \cdot 6); \quad \Theta_1 - \\ \text{функция Якоби; } \operatorname{Im}[f(z)] = s(x, y) - \text{функция тока. Скорость} \\ v(z) = f'(z);$$

$$f'(z) = \sum_i W_i [\sin 2\pi z / (\cos 2\pi \beta_i - \cos 2\pi z) - \\ - 4 \sum_{m=1}^{\infty} q^{2m} \sin 2m\pi z \cos 2\pi \beta_i / (1 - q^{2m})].$$

Найдем точку, где $v(z) = 0$. В ней начинается граница раздела

двух подобластей. В районе этой точки теплообмен имеет кондуктивный характер: $v(z)=0$ при $f'(z)=0$. Так как $\tau=a_0/h_0=15$ и $q=\exp(-15\pi) \sim 10^{-20}$ очень мало, то $z=0,5+ij$,

$$\text{где } y=0,25\tau - \frac{1}{2\pi} \ln \frac{W_1+W_2}{W_1} = \frac{a_0}{4h_0} - \frac{1}{2\pi} \ln \frac{W_1+W_2}{W_1}.$$

Отсюда следует, что точка смещения находится на большей стороне прямоугольника на расстоянии $d = \frac{h_0}{\pi} \ln \frac{W_1+W_2}{W_2} = 1,02$ м от источника теплого воздуха по направлению к источнику холодного воздуха.

Рассчитаем скорость на продольной оси симметрии чердака, т. е. при $x=0,25$. Здесь при $0 \leq y \leq 0,25\tau$

$$\left| \sum_{m=1}^{\infty} q^{2m} \sin 2mnz \cdot \cos 2m\pi\beta_i / (1 - q^{2m}) \right| < 1, 1\sqrt{q} \sim 10^{-10}, \quad (2.63)$$

поэтому

$$f'(z) = \sum_i W_i [\sin 2\pi z / (\cos 2\pi\beta_i - \cos 2\pi z)] = \operatorname{ch} 2\pi y \left(W_1 \operatorname{ch} \frac{\pi\tau}{2} + \right. \\ \left. + iW_3 \operatorname{sh} 2\pi y \right) / \left[\operatorname{sh} 2\pi y \left(\operatorname{sh} 2\pi y + i \operatorname{ch} \frac{\pi\tau}{2} \right) \right], \quad (2.64)$$

$$|v|^2 = \operatorname{ch}^2 2\pi y \left(W_1^2 \operatorname{ch}^2 \frac{\pi\tau}{2} + W_3^2 \operatorname{sh} 2\pi y \right) / \left[\operatorname{sh}^2 2\pi y \left(\operatorname{sh}^2 2\pi y + \operatorname{ch}^2 \frac{\pi\tau}{2} \right) \right].$$

В центре, т. е. при $y=0,25$ и $x=0,25$,

$$|v(zy)| = \frac{1}{h_0 b_0} \times \sqrt{(W_1^2 + W_3^2)/8}.$$

В нашем примере $|v(zy)| = 1,04$ см/с,

$$v(zy) = [-W_2 + i(2W_1 + W_2)] / (4h_0 b_0),$$

т. е. продольная компонента скорости $(2W_1 + W_2) / (4h_0 b_0)$ (в примере — 0,87 см/с), поперечная компонента $-W_2 / (4h_0 b_0)$ (в примере — 0,58 см/с).

При $x=0,25$ и $0,25\tau < y \leq 0,5\tau$

$$|v|^2 = \operatorname{ch}^2 2\pi y_1 \left(W_3^2 \operatorname{ch}^2 \frac{\pi\tau}{2} + W_1^2 \operatorname{sh}^2 2\pi y_1 \right) / \left[\operatorname{sh}^2 2\pi y_1 \times \right. \\ \left. \times \left(\operatorname{sh}^2 2\pi y_1 + \operatorname{ch}^2 \frac{\pi\tau}{2} \right) \right],$$

здесь $y_1 = 0,5\tau - y$.

Рассчитаем скорость на поперечной оси симметрии чердака, т. е. при $y=0,25\tau$, $0 \leq x \leq 5$:

$$v(x) 2h_0 b_0 = -W_2 \sin 2\pi x / 2 (1 + \cos 2\pi x) + i(W_1 + W_2 / 2).$$

Отсюда продольная компонента скорости на поперечной оси симметрии равна $[W_1 + W_2/2]/(2h_0b_0)$, т. е. постоянна. Поперечная компонента равна $-W_2 \sin 2\pi x/4h_0b_0(1 + \cos 2\pi x)$.

Схема расчета открытого чердака. Исходные данные: длина чердака a_0 (м), высота чердака h_0 (м), глубина чердака b_0 (м); расход втекающего теплого воздуха W_2 (м³/ч), его температура $-t_2$ (°C), расход поступающего холодного воздуха $-W_1$ (м³/ч), его температура t_1 (°C).

1. Расход вытекающего воздуха

$$W_3 = W_1 + W_2, \quad (2.65)$$

его температура

$$t_3 = (t_1 W_1 + t_2 W_2)/(W_1 + W_2). \quad (2.66)$$

2. Скорость воздуха в точке (a, h) определяется следующим образом:

а) вычисляем $x_1 = 0,5 - h/(2h_0)$ и $y = a/(2h_0)$, $\tau = a_0/h_0$,

$$\beta_1 = 0,25, \quad \beta_2 = 0,5 + 0,25i\tau, \quad \beta_3 = 0,25 + 0,5i\tau,$$

если $x_1 > 0,25$, то принимаем $x = 0,5 - x_1$, иначе $-x = x_1$;

б) строим комплексное число $z = x + iy$;

в) если $x_1 \leq 0,25$, то вычисляем

$$f'(z) = \sin(6,28z) [W_1/(\cos(6,28\beta_1) - \cos(6,28z)) + W_2/(\cos(6,28\beta_2) - \cos(6,28z)) - W_3/(\cos(6,28\beta_3) - \cos(6,28z))]/3600;$$

если $x_1 > 0,25$, то вычисляем

$$f'(z) = \sin(6,28z)/W_1/(\cos(6,28\beta_1) - \cos(6,28z)) + W_2/(\cos(6,28\beta_2) - \cos(6,28z)) - W_1/(\cos(6,28\beta_3) - \cos(6,28z))/3600;$$

г) компоненты скорости, м/с:

при $x_1 \leq 0,25$

$$v_h = -\operatorname{Re}[f'(z)]/(2h_0b_0), \quad v_0 = -\operatorname{Im}[f'(z)]/(2h_0b_0),$$

при $x_1 > 0,25$

$$v_h = -\operatorname{Re}[f'(z)]/(2h_0b_0), \quad v_0 = \operatorname{Im}[f'(z)]/(2h_0b_0).$$

Вопросы для самопроверки

1. Каковы региональные особенности проектирования энергоэкономичных гражданских зданий? 2. Приведите примеры оптимальных объемно-планировочных решений с точки зрения экономии тепла зданий. 3. В чем особенности дома с атриумом? 4. Приведите пример энергоэкономичного решения школы. 5. Каковы региональные особенности проектирования? 6. Какие с точки зрения экономии тепла технические решения стен, стыков и окон вы можете назвать? 7. Каковы конструктивные особенности теплого чердака? 8. Раскройте принципы работы автоматизации систем отопления. 9. В чем особенности теплотехнического расчета стен, учитывающего воздухопроницаемость?

**ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ**

В главе рассмотрены основы методов тепловых расчетов и проектирования дополнительной теплозащиты и других энергосберегающих мероприятий, повышающих тепловую эффективность гражданских эксплуатируемых зданий, приводятся технические решения элементов зданий:

3.1. Состояние проблемы

В последние годы в нашей стране начата реализация долгосрочных программ, направленных на дальнейшее улучшение технической эксплуатации, ремонта, модернизации и рационального использования существующего фонда. В этой области расходуются до 20% топливно-энергетических ресурсов страны. Для решения этой задачи необходимо проведение энергосберегающих мероприятий при капитальном ремонте.

В настоящее время разрабатываются научно обоснованные нормы теплопотребления эксплуатируемых зданий, в соответствии с которыми целесообразность энергосберегающих мероприятий по утеплению зданий может быть оценена путем сравнения величин фактического и нормативного теплопотребления системами отопления.

При решении вопроса о целесообразности повышения тепловой эффективности эксплуатируемых зданий важное значение приобретает экономический расчет. Как правило, он должен быть подтвержден расчетом оптимального влагораспределения для обеспечения требуемых санитарно-гигиенических условий у внутренней поверхности ограждающей конструкции, а также ее долговечности.

Утепление панелей наружных стен с целью доведения уровня их расчетной теплозащиты до нормативных требований рекомендуется осуществлять двумя способами — снаружи здания или изнутри, в зависимости от указанных выше особенностей их теплофизических свойств и конструкций наружных стен, отделки их лицевой стороны, технических и материальных возможностей региона.

Если дополнительная теплоизоляция размещается с внутренней стороны стены (т. е. со стороны помещения), то возможно нарушение влажностного режима стены. Для улучшения физической функции стены необходимо размещение дополнительной теплоизоляции на ее наружной стороне. При этом сопротивление па-

ропроницаанию этого слоя, а также слоя наружной облицовки должно быть меньше сопротивления до утепления.

К достоинствам утепления стен изнутри относятся: выборочное производство ремонтных работ; круглогодичное производство ремонтных работ; возможность применения большого разнообразия эффективных теплоизоляционных материалов; теплоизоляция не нуждается в защите от атмосферных воздействий.

Недостатками являются: приближение зоны конденсации к внутренней поверхности конструкций; необходимость борьбы с увлажнением конструкций; необходимость в некоторых случаях выселения жильцов; сокращение жилой площади (незначительное).

Достоинствами утепления стен снаружи являются: улучшенные влажностный и тепловой режимы конструкции; механизация ремонтно-строительных работ; более интенсивная сушка материала панели и соответственно более высокие теплозащитные свойства (за исключением режимов с повышенной влажностью); снижение температурных нагрузок на стены; проведение строительных работ без выселения жильцов; защита наружных стен от вредного воздействия атмосферной влаги; возможность обновления фасада здания; повышение теплозащиты без уменьшения жилой площади; отсутствие возможности появления мостиков холода.

К недостаткам относятся: необходимость сплошного утепления; а не выборочного, в зависимости от технического состояния; сезонность выполнения некоторых видов ремонтно-строительных работ; изменение внешнего вида фасадов здания; необходимость принятия серьезных мер по защите слоев теплоизоляции от атмосферных воздействий.

Такие вопросы, как применение дополнительных рядов остекления, целесообразность ремонта систем теплоснабжения, установка утилизаторов-теплообменников и другие, должны решаться в соответствии с величиной приведенных затрат на ремонт и сроком окупаемости.

Необходимо особое внимание уделять ремонту стыков, так как теплопотери через них достигают 20% и более. На стадии экспертизы эксплуатационных качеств зданий следует проводить выборочный контроль сквозной воздухопроницаемости стыковых соединений в соответствии с ГОСТ 25831—83. Энергосберегающие мероприятия должны предусматривать утепление стен, полов первых этажей, чердаков, окон, систем вентиляции, тепло-, водо- и электроснабжения. В первую очередь следует осуществить мероприятия, не требующие больших капитальных вложений — уплотнение оконных и дверных притворов, утепление входных дверей, оборудование дверей автоматическими приборами закрывания, наладку систем отопления, оснащение тепловых пунктов измерительной и регулирующей аппаратурой и т. д.

3.2. Оценка целесообразности утепления эксплуатируемых зданий

СНиП «Строительная теплотехника» содержит требования к теплофизическим свойствам ограждающих конструкций (сопротивлению теплопередаче, теплоустойчивости, воздухопроницанию, паропроницанию) и к показателю теплоусвоения полов, которые должны соблюдаться при проектировании новых и реконструируемых зданий различного назначения. Их нормирование производится с целью обеспечения необходимых санитарно-гигиенических условий проживания с учетом возможностей в отношении расхода как строительных материалов для изготовления ограждающих конструкций, так и топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) для отопления зданий.

Фактические затраты на отопление эксплуатируемого фонда весьма велики и значительно превышают нормативные как из-за некачественного изготовления ограждений (в результате чего их фактическое сопротивление теплопередаче на 20...25% ниже проектного), так и недостаточно высоких нормативных требований к теплозащите.

В настоящее время нормы расхода тепловой энергии на отопление 1 м² общей полезной площади жилых зданий за отопительный период определяются по формуле

$$Q = \frac{q_F^* (t_{\text{в}} - t_{\text{ср.о}}) 24 N_o n}{(t_{\text{в}} - t_{\text{но}}) 10^6}, \quad (3.1)$$

где $t_{\text{в}}$ — усредненная расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых помещений, °С; $t_{\text{ср.о}}$ — средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С; $t_{\text{но}}$ — расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С; N_o — продолжительность отопительного периода, дни; n — переводной коэффициент в СИ.

Внутри каждого района нормы расхода тепла на отопление для разных городов могут значительно различаться между собой (10...20%). Ниже приведены минимальные нормы расхода тепловой энергии в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Указанные в табл. 3.1 значения предназначены для оценки резервов экономии топлива и энергии.

Средние (с учетом структуры жилого фонда) значения нормированного расхода теплоты на отопление 1 м² общей площади приведены в табл. 3.2.

Этими нормами можно пользоваться только при расчетах теплотребления крупными теплотребителями (регионом, областью, отдельным городом).

* q_F — см. с. 74.

3.3. Энергосберегающие мероприятия (ЭСМ)

Методы оценки целесообразности проведения энергосберегающих мероприятий. Вопрос о повышении тепловой эффективности эксплуатируемых зданий целесообразно рассматривать, если теплозащита несущих ограждающих конструкций не соответствует нормативным экономически целесообразным требованиям; показатели фактического теплопотребления здания ниже нормативных значений; фактическая теплозащита $R_{o\phi}$ ниже требуемой санитарно-гигиеническими условиями.

Таблица 3.1. Нормы расхода тепловой энергии в жилищно-коммунальном хозяйстве

Название союзной республики	Расход тепловой энергии	
	на отопление жилых зданий, млн. Вт/тыс. м ²	на отопление и вентиляцию общественных зданий, млн. Вт/тыс. м ²
РСФСР	252,53	51,62
Казахская ССР	255,55	52,55
Эстонская ССР	238,61	48,14
Латвийская ССР	221,44	42,9
Белорусская ССР	219,7	39,09
Литовская ССР	211,82	41,06
Украинская ССР	196,62	37,12
Молдавская ССР	172,3	33,3
Армянская ССР	170,64	39,06
Киргизская ССР	162,05	36,66
Узбекская ССР	122,5	23,0
Азербайджанская ССР	119,36	72,62
Грузинская ССР	114,49	21,69
Таджикская ССР	103,94	19,84

При экспертизе проектных решений необходимо определять приведенное сопротивление теплопередаче здания R_{o}^{np} . Его сравнивают с приведенным экономически целесообразным $R_{o}^{эк}$ и требуемым $R_{o}^{тр}$ сопротивлениями теплопередаче.

Под значением приведенного сопротивления теплопередаче в данном разделе понимается значение сопротивления теплопередаче, рассчитанное с учетом теплопроводных включений и нормируемой воздухопроницаемости стыков.

В этом случае при определении нагрузки на отопление теплопотери через стыки за счет воздухопроницаемости не учитываются. Приведенное сопротивление теплопередаче R_{o}^{np} ограждающих конструкций как с учетом сквозной воздухопроницаемости (определяется при расчете общих и удельных теплопотерь), так и без учета ее, а также все остальные теплотехнические параметры следует определять по методике, приведенной в § 2.4.

Определение основных расчетных теплотехнических характеристик (по проекту рассматриваемого здания) рекомендуется выполнять для всех элементов здания в соответствии со СНиП «Строительная теплотехника», $R_{0\text{эк}}$ обычно определяется из условия минимума приведенных затрат, которые вычисляются последовательно, начиная с Π_1 — для конструкции первоначальной толщины, т. е.

$$\Pi_1 = \frac{11,3 \cdot 10^{-4} (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер}}) C_{\tau}}{R_{01}^{\text{np}}}, \quad (3.2)$$

Т а б л и ц а 3.2. Средняя норма расхода теплоты на отопление 1 м² общей площади жилых зданий, млн. Вт/год

Районы РСФСР	Город			Село		
	1980 г.	1985 г.	1990 г.	1980 г.	1985 г.	1990 г.
Восточно-Сибирский	0,363	0,350	0,339	0,493	0,493	0,492
Дальневосточный	0,350	0,336	0,322	0,494	0,500	0,500
Уральский						
Западно-Сибирский	0,333	0,322	0,312	0,456	0,420	0,452
Калининградская область	0,233	0,223	0,212	0,351	0,350	0,348
Волго-Вятский	0,303	0,293	0,284	0,423	0,422	0,420
Северный	0,338	0,302	0,313	0,473	0,474	0,472
Поволжский	0,283	0,274	0,263	0,405	0,403	0,400
Центральный	0,255	0,251	0,245	0,407	0,406	0,404
Северо-западный	0,235	0,232	0,227	0,396	0,364	0,394
Северо-Кавказский	0,227	0,219	0,210	0,275	0,274	0,271
Итого	0,289	0,282	0,274	0,401	0,400	0,398

где $t_{\text{в}}$ — расчетная температура внутреннего воздуха; $t_{\text{от.пер}}$ — средняя температура отопительного периода; C_{τ} — стоимость тепловой энергии; R_{01}^{np} — приведенное сопротивление теплопередаче конструкции первоначальной толщины с учетом нормируемой воздухопроницаемости;

$$\Pi_2 = \frac{11,3 \cdot 10^{-4} (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер}}) C_{\tau}}{R_{02}^{\text{np}}}, \quad (3.3)$$

где R_{02}^{np} — приведенное сопротивление теплопередаче конструкций фактической толщины плюс дополнительный слой утеплителя минимальной толщины с учетом нормируемой воздухопроницаемости;

$$\Pi = \frac{11,3 \cdot 10^{-4} (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер}}) C_{\tau}}{R_{0\text{н}}^{\text{np}}}, \quad (3.4)$$

где $R_{оп}^{пр}$ — приведенное сопротивление теплопередаче конструкции фактической толщины плюс дополнительный слой утеплителя толщиной $\delta_n = (\delta_\phi + \delta_{min} + \delta_n)$ с учетом нормируемой воздухопроницаемости.

После того как на основе анализа приведенных затрат будет определено $R_{оэк}$, выполняется сопоставительный анализ $R_{оэк}$, $R_{о\phi}$, расчетного значения приведенного сопротивления теплопередаче по проектным данным $R_{опр}$.

Если $(R_{оэк})_{пр} > R_{опр} \leq R_{отр}$; $R_{оэк} > R_{опр} \geq R_{отр}$; $(R_{оэк}) \leq R_{опр} < R_{отр}$, следует провести выборочную экспертизу зданий в натуре для определения их фактических характеристик.

Если $(R_{оэк})_{пр} > (R_{о\phi})_{пр} \leq R_{отр}$; $(R_{оэк})_{пр} > (R_{о\phi})_{пр} \geq R_{отр}$; $(R_{оэк})_{пр} \leq (R_{о\phi}) < R_{отр}$, рекомендуется дополнительное утепление здания.

Величина (расчетная) слоя дополнительного утепления

$$\delta = R_{доп.ут}^{эк} \lambda_{ут}, \quad (3.5)$$

где $\lambda_{ут}$ — коэффициент теплопроводности материала, принятый для дополнительного утепления конструкции, Вт/(м·°C).

При наличии нормативных расходов (удельных) теплотребования Q_n (Вт/м²) общей площади жилых эксплуатируемых домов различных типов оценка целесообразности проведения ЭСМ может быть выполнена при сравнении значений $R_{\phi ор}$ и $R_{опр}$, где $R_{\phi ор}$ — фактическое или расчетное сопротивление теплопередаче,

$$R_{опр}^{н} = \Delta t_\phi / Q_n, \quad (3.7)$$

где Δt_ϕ — фактический температурный перепад между температурами внутреннего и наружного воздуха.

Если $R_{\phi ор} \leq R_{опр}$, то следует проводить ЭСМ.

Мероприятия по повышению тепловой эффективности зданий разнообразны и ниже они рассматриваются для различных элементов зданий.

Крыши. Выбор энергосберегающих мероприятий для крыш и покрытий эксплуатируемых жилых зданий зависит от конструктивных решений крыш, которые бывают бесчердачные совмещенной или раздельной конструкции, чердачные с холодным или теплым чердаком, рулонной или безрулонной кровлей. Для *бесчердачных* крыш рекомендуется переустройство их в чердачные с холодным или теплым чердаком, в чердачные с теплым чердаком; неветилируемых в вентилируемые; утепление крыш инъектированием вспененных пластмасс.

Для *чердачных* крыш, в первую очередь, рекомендуется обеспечить нормальный температурно-влажностный режим, при котором не происходит подтаивания снега и образования сосулек и наледей. При наличии наледей и сосулек необходимо установить источники поступления тепла в чердачное помещение, которыми могут быть: недостаточная, отсыревшая или некачественная теп-

теплоизоляция чердачного перекрытия; неудовлетворительная теплоизоляция трубопроводов отопления или горячего водоснабжения, воздухооборудов, расширительных баков, вентиляционных шахт, канализационных стояков или других элементов оборудования дома, расположенных в чердачном помещении; недостаточная вентиляция чердачного помещения.

В процессе предпроектных инженерных изысканий на здании с чердачной крышей (с холодным чердаком) выявляют фактическую толщину насыпного утеплителя. При несоответствии ее расчетным значениям следует увеличить толщину утеплителя до нормы.

Теплоизоляцию чердачных перекрытий устраивают из рыхлых засыпок или плитных материалов и укладывают между балками или по верху настилов, защищают коркой из пористого глиняного или цементного раствора. Для дополнительного утепления рекомендуются только легкие материалы: керамзит, минеральная вата, минеральный войлок, эффективные полимерные материалы, разрешенные органами пожарного и санитарного надзора к применению в строительстве.

Стены. В процессе проектирования дополнительного утепления наружных стен рекомендуется при назначении материала утеплителя, его расположения и толщин слоев, а также устройстве пароизоляции исходить из условий недопущения накопления влаги в годовом цикле в толще конструкции стены.

Принципиальные схемы технических решений утепления зданий приведены на рис. 3.1.

При утеплении наружных стен изнутри проводятся следующие подготовительные работы: вскрытие полов вдоль утепляемых стен, снятие обоев или краски, просушка или ремонт сырых мест, вскрытие промерзающих стыков; при необходимости — сверление отверстий и установка пробок для крепления теплоизоляции. Перед утеплением стен снаружи производят подготовку поверхности фасада: удаляют грязь, при необходимости сверлят отверстия и устанавливают крепежные изделия.

Утепление изнутри рекомендуется применять в такой последовательности: на внутреннюю поверхность стеновой панели устанавливают теплоизоляционный слой, пароизоляцию (в случае необходимости, которая определяется расчетом) и затем отделочные слои. При соответствующем расчетном обосновании рекомендуется применять пенополиуретановые или другие плитные теплоизолирующие материалы, которые в зависимости от конкретных условий могут устанавливаться либо вплотную к кладке, либо с отступом от нее на 30 мм, создавая воздушную прослойку. Способы применения плитного утеплителя зависят от материала плит и их размеров.

Пароизоляция в конструкции дополнительного утепления назначается по расчету. Рекомендуется применять пленку полиэти-

леновую, паронепроницаемую окраску за 2 раза синтетическими эмалями и т. п.

При утеплении наружных стен изнутри толщина дополнительного слоя утеплителя не должна превышать расчетную. Пароизоляционный слой (при необходимости его применения) наносится после теплоизоляционного. Утепляющий слой необходимо заводить на откос оконного блока до коробки.

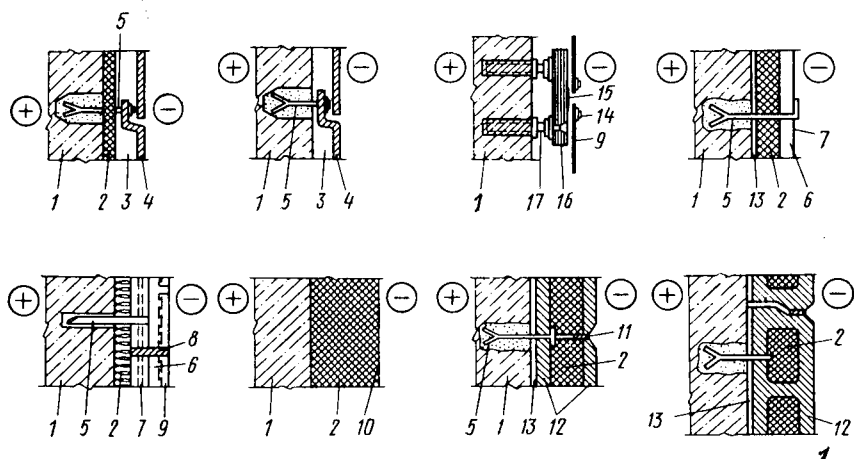


Рис. 3.1. Схемы технических решений утепления зданий:

1 — наружная стена; 2 — теплоизоляционный слой; 3 — воздушная прослойка; 4 — декоративный экран; 5 — анкер из коррозионно-стойкой стали, заделанный в стену; 6 — штукатурный слой; 7 — сетка штукатурная на арматурном каркасе; 8 — деформационный шов, заполненный герметиком; 9 — облицовочная плита; 10 — покраска кремний-органической краской; 11 — гернит с мастикой; 12 — экструзионная плита; 13 — фактурный слой; 14 — шуруп; 15 — закладной дюбель; 16 — доска основания; 17 — распорный дюбель

Утепление напыляемой теплоизоляцией из полимерных или иных материалов имеет ряд преимуществ — монолитность покрытия, отсутствие швов и мостиков холода, механизация производства работ, простота выполнения, устойчивость к вибрации и сотрясениям. Обязательным является согласование технологии производства работ с органами пожарного и санитарного надзора, а строительные материалы должны быть допущены к применению в жилых зданиях органами Минздрава и МВД СССР.

Устройство дополнительной теплоизоляции стен с наружной стороны стен жилых зданий (см. рис. 3.1) и конструктивное выполнение этого мероприятия зависят от применяемых материалов, которые систематизированы в две основные группы. *Первая группа* — это жесткие плиты (полимерные или иного происхождения). Помимо высоких теплозащитных свойств они не подвержены усадке и поэтому в местах соединения не образуются мостики холода. Вследствие небольшой плотности крепление плит не представляет

трудностей. Однако эта группа материалов нуждается в защите от атмосферных воздействий (штукатурка, специальные покрытия, различные экраны — асбоцементные, металлические и т. п.). Вторая группа — это теплозащитные покрытия, наносимые на эксплуатируемые здания промышленными методами (традиционная штукатурка, пенополиуретан, перлитцементная штукатурка и т. п.).

Наружная дополнительная теплоизоляция должна иметь противопожарные пояса, выполненные из соответствующих материалов высотой не менее 10...15 см и толщиной, соответствующей толщине утепляющего слоя конструкции. Расположение указанных поясов допускается через этаж жилого здания.

Утепление радиаторных участков. Через радиаторные участки потери тепла значительно больше, чем через соседние участки стены. Для уменьшения теплопотерь эффективным средством является прикрепление к поверхности радиаторного участка металлических листов (алюминий, сталь оцинкованная и т. д.), имеющих волнистую поверхность, обращенную к радиатору, и слой эффективного утеплителя (например, полистирола или пенополиуретана) толщиной 2...3 см, обращенный к наружной стене (см. рис. 3.1). Экономия тепла также достигается в результате окраски внутренней поверхности радиаторных участков стены алюминиевым лаком.

Стыковые соединения. Повышение тепловой эффективности стыковых соединений (рис. 3.2) заключается в восстановлении их водо- и воздухозащитной способности, т. е. в проведении повторной изоляции (утепления) стыковых соединений. Работы по ремонту стыков выполняют с применением полимерных герметизирующих и уплотняющих материалов в теплое время года и в сухую погоду.

Материалы, применяемые для изоляции стыков, и условия их нанесения (установки) должны отвечать требованиям действующих ГОСТов и ТУ.

Перед дополнительным утеплением необходимо произвести обследование состояния стыковых соединений ремонтируемого дома как снаружи, так и изнутри жилых помещений. Выявленные дефекты фиксируются на схемах фасадов дома. По результатам осмотра определяется объем предстоящих работ.

Уплотнение рекомендуется производить смоляной паклей, антисептированной пористыми резиновыми прокладками (ПРП) или другими уплотняющими материалами, а также с применением вспенивающегося пенополиуретана (ППУ) или пористых уплотняющих прокладок. При использовании пенополиуретанов необходимо соблюдать технологию их нанесения. Запрещается нанесение этих материалов, если наружная температура воздуха ниже -10°C — для однокомпонентного ППУ и ниже $+10^{\circ}\text{C}$ — для двухкомпонентного ППУ.

Стыковые соединения должны утепляться и изолироваться в случаях, когда температура их внутренней поверхности ниже допустимой, а сквозная воздухопроницаемость выше, если имеет место водопроникание стыков (протечка).

Работам по повторной изоляции ремонтируемых стыков должны предшествовать ремонтные работы, просушка и очистка поверхностей.

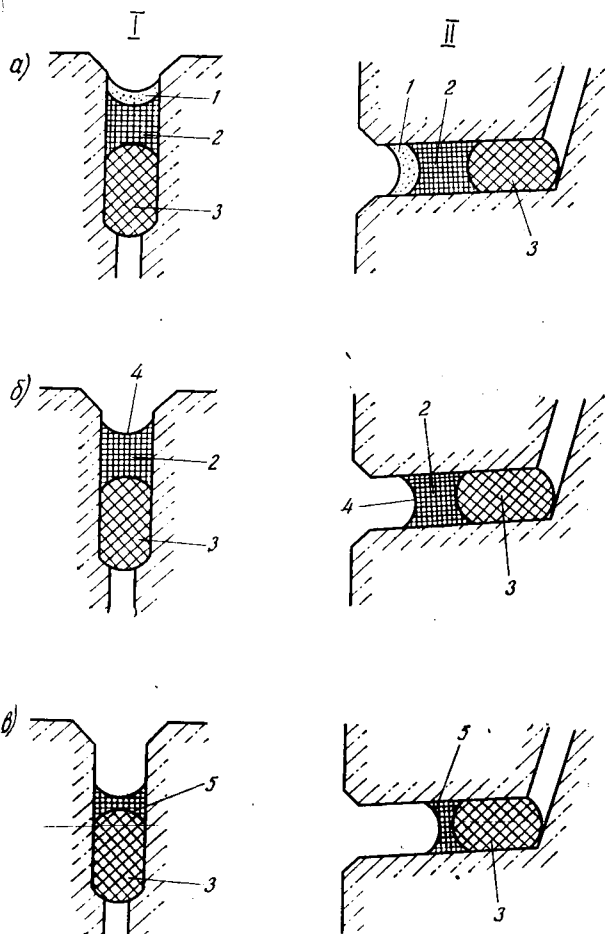


Рис. 3.2. Расположение изолирующих материалов в устьях стыков:

I — вертикальных; *II* — горизонтальных; *а* — стыки с не отверждающимися мастиками, защищенными полимерцементными растворами; *б* — то же, покрытыми водозащитными красками; *в* — стыки с отверждающимися мастиками; *1* — полимерцементный раствор; *2* — не отверждающаяся мастика; *3* — уплотняющая прокладка; *4* — ПВХ, бутадионстирольные и кумаронокаучуковые краски; *5* — отверждающиеся мастики

Ремонт закрытых стыков (восстановление водо- и воздухозащитной способности), как правило, следует выполнять с применением тех же видов изолирующих материалов, что были применены ранее при устройстве этих стыков.

Уплотняющие прокладки (рис. 3.2), устанавливаемые заново в стыках, должны быть обжаты на 25...50% диаметра (ширины) их поперечного сечения, для чего указанные размеры устанавливаемых в стыки прокладок следует выбирать так, чтобы они превышали ширину стыкового зазора не менее чем на 25%.

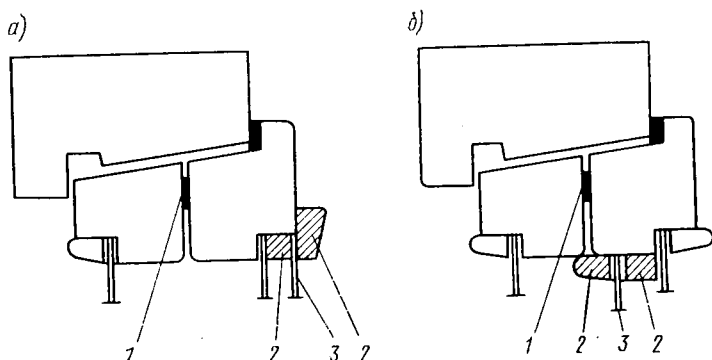


Рис. 3.3. Варианты усиления теплозащиты окон путем установки дополнительных стекол:

1 — уплотняющая прокладка; 2 — штапик; 3 — дополнительное стекло

Световые проемы. В зависимости от состояния деревянных элементов окон и балконных дверей, выявленного в процессе инженерных изысканий в доме, подлежащем ремонту, проект ремонта может предусматривать: полную замену оконных блоков и блоков балконных дверей на новые; частичный (выборочный) ремонт деревянных элементов окон и балконных дверей (как правило, в нижней их части); мероприятия по повышению теплозащитных свойств окон и балконных дверей; мероприятия по увеличению их сопротивляемости воздухопроницанию.

Наиболее распространенный способ повышения теплозащитных свойств окна заключается в увеличении числа воздушных прослоек в остекленной его части. Технические решения, обеспечивающие увеличение числа воздушных прослоек в окнах с двойным остеклением путем установки дополнительного ряда стекла во внутреннем переплете с внутренней или наружной стороны основного стекла, приведены на рис. 3.3, а, б для окон со спаренными и с отдельными переплетами.

В окнах, в которых в процессе измерений выявлена эксфильтрация воздуха, особенно в районах с сильными ветрами на заветренных фасадах и верхних этажах зданий повышенной этажности,

в целях снижения возможности образования инея и наледей на внутренней поверхности наружного стекла рекомендуется (в окнах с раздельными переплетами) устанавливать дополнительный ряд стекла в наружном переплете с внутренней стороны основного стекла.

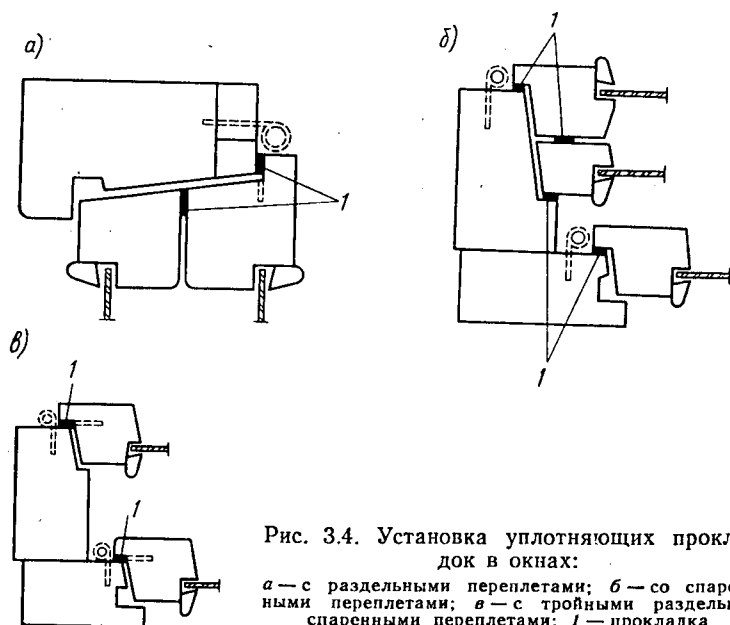


Рис. 3.4. Установка уплотняющих прокладок в окнах:

а — с раздельными переплетами; *б* — со спаренными переплетами; *в* — с тройными раздельно-спаренными переплетами; 1 — прокладка

В районах с продолжительной полярной ночью рекомендуется в отопительный период повышать теплозащиту окна, разделяя воздушную прослойку на две путем размещения между стеклами полиэтиленовой пленки или наиболее эффективной в теплотехническом отношении полупрозрачной металлизированной пленки (пленка ПЭТФ и ПЭТФ модифицированная — ДАФ).

Требуемое сопротивление воздухопроницанию окна обеспечивается изготовлением или ремонтом деревянных элементов окна, гарантирующим допускаемые ГОСТом величины зазоров в притворах створных элементов окон, уплотнением этих зазоров эластичными прокладками и выполнением воздухопроницаемых фальцев остекления — на двойном слое замазки и т. п.

Прокладки следует применять пенополиуретановые стандартные. В случае их отсутствия используют прокладки из губчатой резины или полшерстяного шнура при условии обеспечения ими допустимой воздухопроницаемости окон.

До установки уплотняющих прокладок в окнах и балконных

дверях должен быть выполнен ремонт и остекление переплета, врезаны или отремонтированы приборы, окончательно окрашены деревянные элементы окон и завершена их просушка.

Уплотняющие прокладки устанавливают по всему периметру открывающихся элементов окон и дверей (створок, полотен, форточек, фрамуг, клапанов и пр.) в обязательном порядке в притворах внутреннего переплета, в окнах любой конструкции и дополнительно (если требуется по расчету) в окнах с отдельными переплетами в притворах среднего и наружного переплетов (рис. 3.4).

Другие элементы зданий (лоджии, тамбуры, подвалы и т. п.). Перед проведением мероприятий по утеплению балконов лоджий и эркеров, приведением их в технически исправное состояние необходима проверка: правильности заделки в стены; уклона от здания, обеспечивающего отвод воды; исправности гидроизоляции пола. Недопустимы глухие ограждения балконов, так как они способствуют образованию застоя мокрого снега, наледи и грязи. При наличии протечек через балконные устройства, вызываемых недостаточной гидроизоляцией стыка между балконной плитой и панелью стены, обратным уклоном балконной плиты, отсутствием гидроизоляции, неудовлетворительным состоянием порога и сопряжений нижней обвязки дверной коробки, следует произвести устранение протечек.

Следует предусматривать переустройство одинарного входного тамбура в двойной. Целесообразно утепление прокладками притворов входных дверей в подъезды, квартиры и входов на чердак.

В целях предупреждения появления сырости в конструкциях подвальных и полуподвальных помещений, а также технических подполий необходимо фундаменты и стены подвалов защитить от поверхностных вод. Для этого территория двора должна иметь уклон не менее 0,2% в сторону водоотводных лотков или водоприемников. Фундаменты и стены подвалов должны быть защищены от намокания водой при протечках труб водопровода, канализации и теплофикационной сети путем заведения гидроизоляционного слоя на стены на высоту примерно 15 см.

В проемах подвалов и технических подполий следует устранять остекление в сочетании с управляемыми жалюзийными решетками для обеспечения заданного воздухообмена и утеплять все проходящие в них сети отопления и горячего водоснабжения, утеплять перекрытия над подвалом, проездами и в зонах переохлаждения (около вентиляционных решеток).

Устраивать внутреннюю гидроизоляцию следует так, чтобы гидроизолирующий слой располагался по поверхности стены, обращенной в сторону помещения. В качестве гидроизоляции могут быть применены: покрытие (флюатирование) раствором кремнефтористого магния; окраска маслом, парафином, калийным мы-

лом, а также битумными эмульсиями; штукатурка стен подвалов цементными растворами с добавками (хлорное железо и др.), торкретирование внутренней поверхности стен подвалов, например стеклоцементом и т. п., облицовка внутренней поверхности подвальных стен облицовочными керамическими плитками.

Системы теплоснабжения. Показателем эффективности отопления является наличие постоянного температурного режима во всех жилых помещениях отапливаемого здания. Этот режим является результатом действия таких факторов, как состояние наружных ограждающих конструкций данного помещения (особенно оконных проемов и балконных дверей) и работа отопительных (нагревательных) приборов.

В основном все системы отопления жилых зданий обеспечиваются тепловой энергией через тепловые сети от внешних источников — тепловых электростанций (ТЭЦ) и котельных различной тепловой мощности. Нормальная работа систем отопления может быть обеспечена в том случае, если режим источников теплоты и тепловых сетей будет согласован с режимом работы потребителей. Для этого необходимо создать расчетные условия. К ним относятся температура воды (соответствующая текущей температуре наружного воздуха) и расчетный расход циркулирующей воды, который при современных графиках регулирования должен быть практически постоянным на всем протяжении отопительного периода.

Для измерения параметров теплоносителя, поступающего в тепловой пункт, он должен иметь: термометры для измерения температуры воды, поступающей из сети в систему отопления и выходящей из нее; расходомер — для замера расхода теплоносителя (горячей воды), поступающего на тепловой пункт из тепловой сети.

Для снижения температуры в большинстве тепловых сетей подаваемой воды в тепловом пункте системы устанавливается водяной насос (элеватор), в котором происходит смешение горячей воды с обратной водой из системы отопления. При температуре воды в тепловой сети 150°C и в системе отопления 95 и 105°C необходимые коэффициенты смешения в элеваторе соответственно составляют 2,2 и 1,3. Чтобы получить такие коэффициенты смешения, в тепловом пункте перед элеватором должна быть обеспечена необходимая разность напоров между подающим и обратным трубопроводами, которая помимо коэффициента смешения зависит также от расчетной потери напора в самой системе отопления.

Если указанные выше условия для нормальной работы системы отопления обеспечены, эффективность ее работы может быть приблизительно определена по температуре обратной воды из системы путем сравнения ее среднесуточного значения с расчетным температурным графиком. Превышение температуры над графиком, как правило, указывает на перегрев помещения, но понижение ее мо-

жет быть как следствием недогрева, так и завышенной установленной поверхности нагрева отопительных приборов.

Нормальное функционирование системы отопления рекомендуется обеспечивать прежде всего правильным (расчетным) распределением теплоносителя (горячей воды) по стоякам и отопительным приборам системы отопления. Главным условием для этого является гидравлическая устойчивость системы. Такая устойчивость может быть достигнута либо при проектировании и монтаже системы, либо при последующей наладке после монтажа. Расчетное распределение теплоносителя по стоякам должно обеспечиваться за счет выбора правильного соотношения между потерями напора в стояках и разводящей сети: чем это соотношение больше, тем устойчивее сеть. В наиболее массовом типе систем для жилых зданий — в настоящее время однотрубных вертикальных — это соотношение рекомендуется иметь в пределах 2...3. Поэтому предпочтение должно отдаваться системам секционным с небольшим радиусом действия.

Распределение теплоносителя по стоякам в условиях эксплуатации целесообразно оценивать по температурам обратной воды из стояков. Равномерность температур указывает на достаточную устойчивость системы в этом отношении. Расход теплоносителя в системе при проверке должен быть близким к расчетному. В однотрубных системах отопления, как правило, применяются унифицированные стояки, поэтому в зависимости от тепловой нагрузки стояка перепады температур в них могут быть несколько разными.

Для индивидуального регулирования каждый отопительный прибор должен иметь надежный запорно-регулирующий кран (при конвекторах — клапан для регулирования по воздуху). При централизованном теплоснабжении и подаче теплоносителя в системы отопления в целях экономии тепловой энергии целесообразно автоматическое регулирование. Для повышения его эффективности целесообразно пофасадное регулирование систем отопления. Его следует выполнять по отклонению регулируемой величины (температуре воздуха в жилых помещениях по принципу компенсации наружных возмущающих воздействий) с коррекцией по отклонению внутренней температуры в жилых помещениях.

Число датчиков температуры воздуха в жилых помещениях должно быть не менее четырех на каждом фасаде здания. Их устанавливают в квартирах второго этажа при системах отопления с верхней подачей теплоносителя и в квартирах второго, среднего и верхнего этажей — при остальных системах отопления.

Для сокращения потерь теплоты систем горячего водоснабжения жилых зданий следует применять эффективную изоляцию стояков, проложенных в каналах санитарно-технических кабин, разводящих и магистральных трубопроводов в подвалах и на

чердаках зданий. В целях уменьшения потерь воды при избыточном давлении в системе устанавливаются регуляторы давления «после себя» на подающем трубопроводе за подогревателем горячего водоснабжения.

Для жилых многоэтажных зданий, присоединяемых к закрытой тепловой сети через индивидуальные тепловые пункты, рекомендуется применять системы горячего водоснабжения с естественной циркуляцией.

Экономические показатели от внедрения мероприятий по повышению эффективности работы систем теплоснабжения (отопление и горячее водоснабжение) оцениваются, как правило, величиной годового экономического эффекта:

$$\mathcal{E}_{го} = C - E_n K_{доп}, \quad (3.8)$$

где C — экономия эксплуатационных расходов в результате внедрения мероприятий данного раздела; E_n — нормативный коэффициент экономической эффективности; $K_{доп}$ — капитальные затраты на мероприятия.

Повышение эффективности работы системы отопления. Принципы неудовлетворительной работы систем отопления делятся на три группы.

К первой группе относятся факторы, связанные с работой источника тепла — котельной.

Вторая группа причин: 1) значительное отклонение от проекта при монтаже; 2) несоответствие поверхности нагрева отопительных приборов, предусмотренных проектом и фактически установленных в натуре; 3) изменение схемы присоединения приборов к разводящим магистралям (проектом предусматривается компоновка нагревательных приборов группами с использованием наиболее простой гидравлически устойчивой проточной схемы с последовательным подсоединением приборов по ходу теплоносителя); 4) изменение мест установки нагревательных приборов, вызванное частичной перепланировкой помещений; 5) значительное увеличение количества запорно-регулирующей арматуры на подводках к приборам в отличие от проекта, где арматура рассчитана на группу приборов, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления системы.

Влияние этих причин на работу системы отопления заключено в изменении расчетного расхода воды, циркулирующей в элементах системы, и соответственно изменении гидравлического сопротивления этих элементов, приведшего к полной разбалансировке системы.

Третья группа причин — невозможность регулировки и наладки системы, обычно выполняемых, для достижения расчетных гидравлических и тепловых режимов нагревательных приборов. Она вызвана скрытой прокладкой магистральных приборов в недоступных подпольных каналах, а стояков — в штробах стен и

отсутствием каких-либо регулирующих устройств на ответвлениях магистралей.

Рекомендации по нормализации работы системы отопления.

Автоматическое регулирование отпуска теплоты.

Рекомендуется устройство в зданиях двухступенчатого автоматического регулирования отпуска теплоты на отопление.

Первая ступень регулирования — автоматизация узлов тепловых вводов с использованием электронных регуляторов для систем отопления — учитывает максимальное количество факторов, влияющих на воздушно-тепловой режим здания в целом.

Индивидуальное регулирование отопительных приборов является второй ступенью автоматического управления отпуском теплоты и стабилизации воздушно-теплового режима. При этом производится корректировка режимов отпуска теплоты, устанавливаемых предыдущей ступенью управления.

На первой ступени автоматического регулирования учитывается несоответствие поверхности нагрева отопительных приборов температурному перепаду в тепловой сети, тепловая устойчивость здания, дополнительное поступление теплоты от солнечной радиации, тепlopоступления от людей и электрооборудования, а также определяется необходимость подачи дополнительной тепловой энергии при ветре.

Автоматическое регулирование системы отопления на вводе обеспечивает защиту помещений от перегрева в теплый период при температуре наружного воздуха выше $2...4^{\circ}\text{C}$, когда теплосеть работает не по отопительному графику, а обеспечивает нормальную работу системы горячего водоснабжения (точка излома температурного графика). Защита помещений от перегрева в теплый и переходный периоды необходима при использовании котельной как источника теплоснабжения из-за повышенных в эти периоды температур теплоносителя, вызванных отсутствием в котельной автоматического регулирования отпуска тепла в зависимости от температуры наружного воздуха.

Автоматическое регулирование систем отопления по методу регулирования отпуска теплоты должно быть комбинированным: по возмущению (изменению температуры наружного воздуха) и отклонению регулируемого параметра (температуры) воздуха в контролируемых помещениях. Этот метод реализуется путем поддержания заданного температурного графика в системе отопления, соответствующего наружным метеоусловиям. Температурный график устанавливается в зависимости от регламентируемой подачи теплоты, учитывающей теплотехнические характеристики системы отопления и особенности воздушно-теплового режима здания. Одно из основных достоинств этого метода заключается в удобстве монтажа и эксплуатации устройств автоматического регулирования.

Проект автоматизации тепловых узлов может быть разработан с использованием: «Рекомендаций по применению средств автоматического регулирования систем отопления и горячего водоснабжения жилых зданий ЦНИИЭП инженерного оборудования» (1985 г.); «Типовых узлов автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов для жилых и общественных зданий ЦНИИЭП инженерного оборудования» (1986 г.).

Наиболее приемлемой из предложенных в этих работах функциональных схем является схема с использованием электронного регулирующего прибора для системы отопления Т48М-2. Он позволяет регулировать отпуск теплоты на отопление путем изменения разности температур воды в подающем и обратном трубопроводах при постоянном расходе воды или только температуры в подающем или обратном трубопроводе в зависимости от температуры наружного воздуха, т. е. служит для реализации отопительного графика и дополнительно регулирует отпуск теплоты в зависимости от температуры внутри помещений, усредненной по нескольким (до 8) датчикам температуры, т. е. регулирование с автокоррекцией по температуре наружного воздуха и усредненной температуре воздуха внутри помещений с отдельной установкой коэффициентов автокоррекции для температур выше и ниже заданной.

Прибор Т48М-2 комплектуется термометрами сопротивления марки ТСМ-0879 для измерения температуры воды и марки ТСМ-1079 для измерения температуры воздуха.

В качестве исполнительного устройства рекомендуется использовать клапан типа 25 и 940нж с электроприводом ЕСПА. Работа прибора заключается в преобразовании температуры, воздействующей на датчики, в электрические сигналы управления электроприводом клапана. Исполнительное устройство (клапан) устанавливается на подающей линии узла управления системой отопления.

Указанные приборы обеспечивают работу с внешним программным устройством, проверку функционирования с помощью контрольного разъема, сигнализацию подачи команд на исполнительный механизм, сигнализацию обрыва цепей датчиков и запрещение команд при обрыве, возможность дистанционного подключения.

При использовании электронного регулирующего прибора Т48М-2 система отопления работает плавно без скачков, несмотря на то, что регулятор выдает команды через определенный интервал времени.

Устройство автоматического регулирования системы отопления на вводе требует монтажа в помещении теплового узла горизонтальной линии длиной 2,0...2,5 м для электрифицированного клапана с обвязкой и установку щитов управления. Ширина помещения теплового узла должна быть принята с учетом норм произ-

водства монтажа, ремонта и эксплуатации, а ширина проходов между оборудованием и строительными конструкциями составлять не менее 0,7 м.

Условия для оборудования рассматриваемых в данной работе зданий системами автоматического регулирования не равнозначны. При реконструкции системы отопления необходимо изыскать возможность выделения в здании помещения площадью 4...5 м² для размещения в нем узла управления системой отопления и средств автоматики.

Для применения можно использовать регуляторы температуры РЛ-2010 фирмы Dantoss (Дания). Эти регуляторы предназначены для поддержания температуры воздуха в отапливаемом помещении путем изменения расхода теплоносителя через отопительный прибор системы водяного отопления.

Принцип действия регулятора основан на зависимости объема твердого наполнителя термосистемы от температуры регулируемой среды. Регулятор состоит из термосистемы и регулирующего органа. Термосистема ограничена крышкой, с помощью которой производится настройка регулятора на температуру воздуха в отапливаемом помещении от 18 до 25°C. Поворот крышки ограничивается съемными настроечными штифтами, позволяющими производить фиксацию заданной температуры, ограничивать верхний и нижний диапазоны уставок, ограничить максимальную температуру воздуха.

Регулятор работает следующим образом. При повышении температуры воздуха в отапливаемом помещении увеличивается объем термочувствительного элемента, что приводит к перемещению штока датчика температуры к прикрытию клапана. Уменьшение расхода теплоносителя вызывает снижение температуры воздуха в помещении. При понижении температуры воздуха объем термочувствительного элемента уменьшается, возвратная пружина отжимает клапан, что увеличивает расход теплоносителя и приводит к повышению температуры воздуха в помещении.

Индивидуальные регуляторы температуры должны быть установлены в помещениях на подводках к отопительным приборам или группе приборов.

Натурные испытания автоматизированных систем отопления с двухступенчатым регулированием, проведенные различными организациями, показали бесспорную эффективность этого метода. Однако установлено, что автоматизация может дать ожидаемый результат, если будут выполнены следующие мероприятия: произведена наладка тепловой сети и систем отопления; на источнике теплоснабжения будет поддерживаться заданный температурный график; налажена служба эксплуатации и ремонта средств автоматического регулирования.

При несоблюдении указанных условий автоматизация может привести только к дополнительным затратам.

Наладка тепловой сети и систем отопления. Регулирование тепловых сетей является первым этапом наладочных работ. Задача регулирования состоит в том, чтобы в работающей тепловой сети достигнуть расчетных гидравлических и тепловых режимов и нормального теплоснабжения всех подключенных зданий.

Как часто бывает, системы отопления разрегулированы, температурные перепады в ветвях системы неодинаковы, прогреваемость отопительных приборов недостаточна (часть приборов не работает). Регулировка или наладка после окончания монтажа отопительных систем иногда не производится.

После реконструкции систем отопления рекомендуется проводить наладку систем в следующем порядке: 1) полностью открыть всю запорно-регулирующую арматуру на вводах, магистралях, ветках, стояках и у нагревательных приборов; 2) заполнить всю систему водой, проверить ее заполнение по показаниям манометров у ввода; 3) выпустить воздух из всех воздухоудаляющих устройств; 4) соответствующим образом прикрывая запорно-регулирующую арматуру на тепловом вводе и ответвлениях от магистрали, довести температуру обратной воды до требуемой.

Замеры температур на вводе и ветках производятся термометрами, гильзы которых должны находиться в потоке воды, или термощупами. По окончании первого регулирования проверяется работа всей системы в целом, и в случае необходимости проводится повторное полное регулирование в той же последовательности, как и первое.

Наладка работы системы считается законченной после того, как будет достигнут равномерный прогрев всех отопительных приборов с допустимыми отклонениями в температурном перепаде $\pm 20\%$.

При выполнении наладочных работ должна составляться техническая документация, фиксирующая; 1) состояние системы к моменту начала любой стадии наладки; 2) температуру воздуха (наружного и в помещениях), параметры теплоносителя; 3) дефекты системы — как те, которые подлежат немедленному устранению, так и те, которые можно устранить по окончании данной стадии наладки; при наличии в системе дефектов, не позволяющих производить наладку, последняя производится после их устранения.

По окончании каждой стадии наладки наладочной группой составляется краткий отчет о выполненной работе. К отчету должны быть приложены все протоколы и акты, составленные во время осмотра, наладки и эксплуатационного испытания, а также акт об окончании любой стадии наладки, составленный совместно с заказчиком. В этом акте должны быть указаны результаты осмотра, наладки или эксплуатационного испытания и дефекты системы с указанием способов их устранения.

Эксплуатация систем отопления. Для поддержания в исправном состоянии системы отопления необходимо проводить своевременный осмотр и ремонт, обход системы осуществлять по графику не реже одного раза в две недели в течение отопительного сезона. При обходе проверяют затяжку болтов всех фланцевых соединений, состояние спускных и воздушных кранов и вентилей, выпускают воздух из системы, проверяют состояние контрольно-измерительных приборов (термометров, манометров).

Дефекты, которые не могут быть устранены без отключения системы, но не представляющие непосредственной опасности для надежной эксплуатации, заносят в журнал ремонтов для ликвидации в период ближайшего останова или ремонта. Дефекты, которые могут вызвать аварию системы, устраняют немедленно.

Для предупреждения сверхнормативных гидравлических потерь в системе проводят регулярную промывку и очистку трубопроводов.

Для предотвращения внутренней коррозии трубопроводов и сильного заводуживания системы производят подпитку деаэрированной водой из магистралей теплосети Мосэнерго. Содержание кислорода в воде не должно превышать 0,05 мг/кг.

Систематический контроль за утечками теплоносителя производят в зависимости от величины подпитки. При утечке теплоносителя, превышающей установленные нормы, принимают срочные меры к обнаружению места утечки и устраняют неплотности.

В соответствии с «Правилами механической эксплуатации» среднегодовая утечка из системы теплоснабжения не должна превышать в 1 ч 0,25% объема воды в системе. Для устранения сверхнормативных потерь теплоты необходимо своевременно восстанавливать разрушенную изоляцию трубопроводов. Систематически требуется проверка состояния утепления отапливаемых зданий (чердаков, лестничных клеток, подвалов), а также уплотнения притворов окон и дверей.

Утилизация тепла. В числе энергосберегающих мероприятий, направленных на экономию ТЭР в эксплуатируемых полнотелых жилых зданиях, рекомендуется учитывать достижения отечественного и зарубежного научно-технического прогресса.

Рекомендуется повышение теплозащитных свойств ограждающих конструкций жилых зданий применением с наружной стороны утепленных экранов с вентилируемыми прослойками и вентиляционных устройств, утилизирующих уходящее трансмиссионное тепло. В этом случае модернизация эксплуатируемых жилых зданий может быть осуществлена путем применения утепляющего экрана с прослойкой между ним и основной наружной стеной так, чтобы она сообщалась с атмосферой и помещением с помощью отверстий в экране и стене (рис. 3.5, а). При этом толщина экрана,

прослойки и стены, размеры отверстий и каналов должны определяться расчетом и обеспечивать необходимый воздухообмен помещения и температуру приточного воздуха.

Вариантом, способствующим решению вышеупомянутых задач, является применение вентилируемых клапанов окон (см. гл. 1). Конструкция клапана должна быть такой, чтобы обеспечить поступление необходимого для воздухообмена помещения воздуха с достаточным его нагревом (рис. 3.5, б).

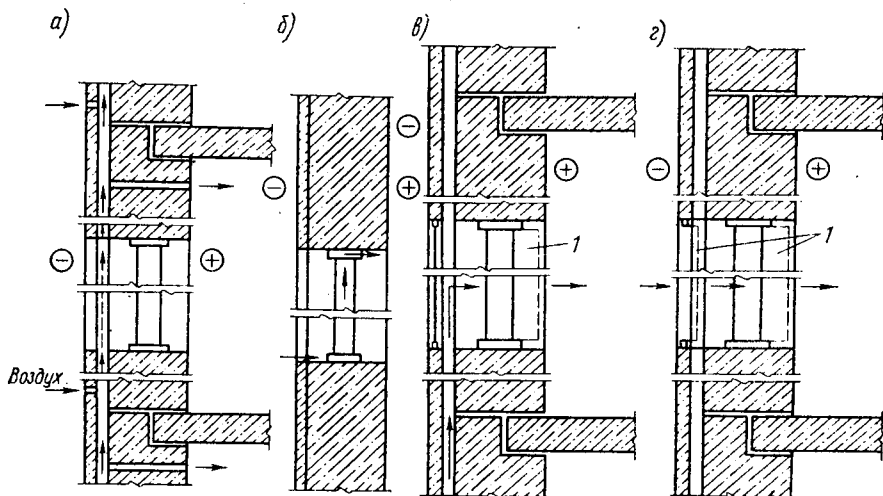


Рис. 3.5. Принципиальная схема проветривания помещений при вентилируемых и неветилируемых наружных ограждениях с утепленными экранами:
1 — клапан открыт

Представляется возможным решение по утеплению здания экраном с выполненным в нем заранее (перед монтажом или после него) заполнением светового проема с одинарным (либо двойным) остеклением. Если окно, расположенное в экране, закрыто (рис. 3.5, а), то проветривание помещения может идти через воздушную прослойку и открытое внутреннее, имевшееся ранее окно. Если окно (в летнее время), расположенное в экране, открыто (рис. 3.5, г), то проветривание осуществляется через имевшееся ранее окно и расположенное в экране.

В качестве одного из средств повышения теплозащитных качеств в светопрозрачных ограждениях рекомендуются теплозащитные экраны. Для установки снаружи могут применяться жалюзи и деревянные ставни. При установке жалюзи на окно с двойным спаренным переплетом его теплозащита увеличивается почти на 20%; если то же окно закрыть ставнями, то почти вдвое.

Большая часть теплоты при отоплении (20 ... 50%) расходуется на вентиляционную систему.

Как известно, в зданиях воздухообмен может осуществляться методом естественной или искусственной вентиляции. Механической системой вентиляции оснащаются новые многоэтажные жилые дома во многих странах.

Ограничить потребление теплоты в ночное время в жилых домах, оборудованных механической системой вентиляции, можно путем отключения вентиляционного оборудования в определенные часы с помощью реле времени. Удаляемый системой вентиляции воздух содержит большое количество теплоты, которое можно извлечь и использовать для нагрева приточного воздуха. О способах утилизации тепла из вытяжного воздуха сказано выше в гл. 1.

Вопросы для самопроверки

1. Из каких условий определяется целесообразность утепления стен гражданских зданий? 2. Как оценивается необходимость проведения энергосберегающих мероприятий? 3. Какова последовательность выполнения теплотехнического расчета? 4. Приведите примеры технических решений по утеплению наружных стен. 5. Объясните преимущества утепления стен снаружи. 6. Что должен предусматривать проект утепления световых проемов? 7. Перечислите энергосберегающие мероприятия для систем теплоснабжения. 8. Дайте схему решения наружных стен с утилизацией уходящего через них тепла,

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

ЭНЕРГОАКТИВНЫЕ ГРАЖДАНСКИЕ ЗДАНИЯ

ГЛАВА 4

ОСНОВЫ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В данной главе приводятся сведения по архитектурно-строительному проектированию гражданских энергоактивных гелиозданий с использованием нетрадиционных возобновляемых источников энергоснабжения. Рассматриваются факторы естественной окружающей природной среды, их значение для повышения степени энергоснабжения, критерии повышения энергетического баланса здания с учетом природно-климатических условий различных регионов СССР. Дается классификация систем солнечного энергоснабжения гелиозданий; характеризуются пассивные, активные, следящие гелиоэнергосистемы.

4.1. Нетрадиционные возобновляемые источники энергоснабжения зданий

Использование возобновляемых нетрадиционных источников энергии обеспечивает значительное снижение расхода органического топлива (угля, нефти, газа) и уменьшает загрязнение окружающей среды обитания человека.

В нашей стране получает все более широкое распространение использование первичных природных (солнце, ветер) и вторичных источников энергии для обеспечения энергоснабжения жилых и общественных зданий: систем горячего водоснабжения и охлаждения зданий, освещения, вентиляции, кондиционирования воздуха и др.

К первичным природным нетрадиционным источникам энергии относятся солнечная радиация, энергия ветра, теплота воздуха, вод (в том числе подземных термальных), геотермальная (грунта земли). Вторичными источниками энергии могут служить биомасса естественных и перерабатываемых отходов (теплота сжигаемого мусора, бытовых отходов и производства, в том числе сельскохозяйственного), сбрасываемое тепло электро- и атомных станций, промышленного и сельскохозяйственного производства.

В настоящее время наибольшее практическое использование по сравнению с другими нетрадиционными источниками получает солнечная энергия.

Солнечная энергия для обогрева зданий использовалась еще в Древней Греции и Риме. А в наши дни работы по применению солнечной энергии для отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования воздуха жилых и общественных зданий ведутся во многих странах мира. Использование энергии Солнца в нашей стране осуществляется преимущественно путем создания установок горячего водоснабжения жилых и общественных зданий: квартирных домов, общежитий, пансионатов, детских учреждений, лечебных, спортивных, административных зданий и др. Системы солнечного отопления и охлаждения действуют на экспериментальных объектах.

Энергия Солнца используется во всем мире как один из важнейших источников экономии ископаемых топливных ресурсов.

В СССР и за рубежом (в США, Канаде, Швеции, Финляндии и др.) в последние годы построены десятки типовых и экспериментальных жилых и общественных зданий с утилизацией солнечного тепла. Опыт из эксплуатации показывает возможность широкого их внедрения на территории нашей страны, в том числе в районах, расположенных выше 56° с. ш.

Специалисты отмечают, что внедрение гелиосистем, а также ветроагрегатов наиболее эффективно в малозаточной застройке, особенно в сельской местности, где теплоснабжение в основном децентрализованное и отказ от недостаточно эффективных традиционных источников теплоты позволяет получить максимальную экономию топлива. Это особенно важно при социальном переустройстве сельских поселков и увеличении потребности в энергоснабжении.

Аккумулируемая солнечная энергия помимо обеспечения различных видов энергоснабжения дает также возможность баланса требуемой комфортной температуры в помещениях зданий. Однако следует иметь в виду, что сохранение комфортного баланса энергии в помещениях обеспечивается при тщательном контроле устройства систем отопления и естественной вентиляции, а также элементов соединений, ликвидации «мостиков холода» в конструктивных элементах, соответствующем выборе строительных материалов и т. п. (см. выше в первом разделе).

Для оптимизации энергетического баланса гражданских зданий весьма перспективно применение комплексных интегральных систем, сочетающих энергию Солнца, ветра, геотермальную и других возобновляемых природных энергоисточников.

В целях преобразования низкопотенциальной тепловой энергии окружающей среды и сбросов в тепло более высокого потенциала, а также регулирования теплового комфорта помещений в гражданских зданиях в СССР и за рубежом получает распро-

странение использование тепловых насосов различных систем. Это содействует поиску таких способов обогрева помещений зданий, которые позволили бы быстро изменить температуру любого помещения по желанию находящегося в нем человека, обеспечивая тепловой комфорт.

Тепловой комфорт характеризуется физиологическим состоянием человека, при котором центральная нервная система получает наименьшее количество внешних раздражений, а механизмы терморегуляции (сосудистая система, потоотделение и др.) испытывают наименьшее напряжение. Одновременно осуществление

Таблица 4.1. Гигиенические требования к тепловому режиму помещений в различных климатических районах (по рекомендациям Киевского НИИ общей и коммунальной гигиены)

Параметры	Сезон	Климатический район			
		I	II	III	IV
Температура воздуха, °C	Зима	21...22	18...20	18...19	17...19
	Лето	23...24	23...24	25...26	25...26
Влажность воздуха, %	Зима	30...45	30...45	35...50	35...50
	Лето	35...50	35...50	30...60	30...60
Подвижность воздуха, м/с	Зима	0,08...0,1	0,08...0,1	0,08...0,1	0,08...0,1
	Лето	0,08...0,1	0,08...0,1	0,08...0,1	0,08...0,1
Температура внутренней поверхности ограждающих конструкций, °C	Зима	21	18	18	18
	Лето	26	26...27	28	28

всех остальных физиологических функций благоприятствует отдыху и восстановлению сил организма. Влияние климатических условий на микроклимат и типологию гражданских энергоактивных зданий имеет наиболее важное значение. В табл. 4.1 приведены гигиенические требования к тепловому режиму жилых помещений в различных климатических районах.

Нормативы зимней температуры (°C) помещений массового жилища в разных странах составляют:

в СССР: в районах с умеренным климатом — 18; в северных районах — 20; в Польше — 18 ... 20; ЧСФР — 18; Венгрии — 20; в Швеции — 18 ... 22; Норвегии — 20; 21 ... 21; Нидерландах — 20 ... 22; Франции — 18; ФРГ — 18 ... 20; США — 22; Швейцарии — 18 ... 20.

Факторы естественной окружающей природной среды и их влияние на повышение степени солнечного энергоснабжения. Большое влияние на энергетический баланс энергоактивных гражданских зданий с солнечным энергообеспечением оказывают естественные природные факторы окружающей среды. К их

числу относятся: инсоляция и солнечная радиация, аэрация, рельеф местности, водоемы, озеленение.

Инсоляция и солнечная радиация. *Инсоляция* — облучение земной поверхности, а также всех располагаемых на ней строительных объектов прямой и рассеянной солнечной радиацией. При инсоляции предметы освещаются в горизонтальной, вертикальной и наклонной плоскостях, а при солнечной радиации объект не только освещается, но и нагревается. Облучение помещений солнечными лучами и естественное освещение — важные компоненты микроклимата помещений жилых и общественных зданий. Естественный свет повышает тонус физиологических процессов в организме, влияет на его жизнедеятельность. Для достаточного бактерицидного эффекта необходимо инсолировать жилые помещения не менее 3 ч в день. Обычное одинарное оконное стекло пропускает при этом ультрафиолетовое излучение (35—45% потока).

Расхождения между суточными дозами бактерицидного облучения, обеспечивающего гибель бактерий различно ориентированных помещений, в значительной мере зависят от широты и солнечного склонения в районе строительства здания.

Солнечная радиация — поток излучения солнца, включающий световые видимые и невидимые ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Бывает солнечная радиация прямая (при непосредственном облучении поверхности) и рассеянная (отраженная).

Количество теплоты, обеспечиваемой солнечными лучами, неодинаково как для различных регионов нашей страны, так и всего земного шара. Оно зависит от высоты стояния Солнца над горизонтом, продолжительности дня, географической широты, состояния атмосферы, наличия или отсутствия водных пространств и озеленения.

Если инсоляция обеспечивает проникновение бактерицидно действующих солнечных лучей, необходимых для здоровья человека в микроклиматическом комфорте помещений зданий, то солнечная радиация, имеющая огромное значение для энергоактивности зданий, может вызвать их излишний перегрев.

Рациональная комплексная оценка эффективности инсоляции с учетом солнцезащитных и светорегулирующих средств при наличии факторов свето- и теплотехники, аэрации, типологии, эргономики, экономики и др.

Рациональное использование энергии Солнца достигается благоприятной ориентацией здания по странам света (рис. 4.1), а также применением солнцезащитных средств (см. приложение 2).

Аэрация и проветривание. К факторам энергии окружающей среды наряду с инсоляцией и солнечной радиацией относятся также состояние воздушной среды: температура и влажность наружного воздуха, скорость ветра и др. Рациональное

использование их дает возможность снизить температуру на $1,7^{\circ}\text{C}$.

Направление и скорость ветра существенно изменяют тепловой режим здания, что следует учитывать при планировке помещений. Со стороны господствующего направления зимних ветров целесообразно предусматривать защитные экраны (холмы, возвышенности, зеленые насаждения). Желательно, чтобы направление зимних ветров совпадало с продольной осью зданий. Дверные проемы лучше размещать с южной или восточной стороны. Это обеспечивает уменьшение тепловых потерь зимой.

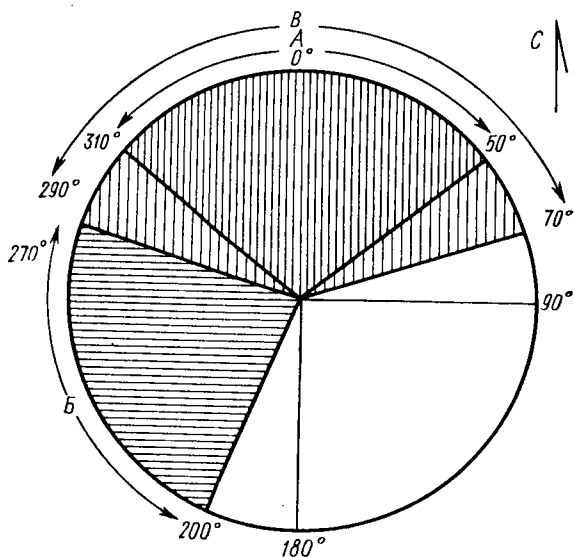


Рис. 4.1. Сектор ограничения ориентации жилых помещений:

А — по условиям инсоляции; Б — по условиям перегрева (в III и IV климатических районах); В — по скорости ветра

Например, в местности, где преобладают западные ветры (Московская обл.), юго-восточные стороны зданий будут нагреваться интенсивнее, хотя количество солнечных лучей, попадающее на нее и на юго-западную сторону, примерно одинаково. При этом следует иметь в виду, что воздушный режим помещений гражданских зданий формируется из непосредственной фильтрации наружного воздуха через щели в оконных и дверных проемах с учетом разности температур наружного и внутреннего воздуха.

Степень проветривания зависит также от растительности участка строительства, так как форма зеленых насаждений оказы-

вает влияние на характер воздушного потока. Например, кроны лиственных деревьев создают препятствия (ветровые тени) на пути воздушного потока. Ветровые тени зависят в значительной степени также от геометрических характеристик здания, высоты и длины наветренного фасада, ширины здания и его ориентации, формы крыши (рис. 4.2). Например, для одноэтажных зданий с односкатной крышей высокую часть ее размещают на подветренном фасаде здания.

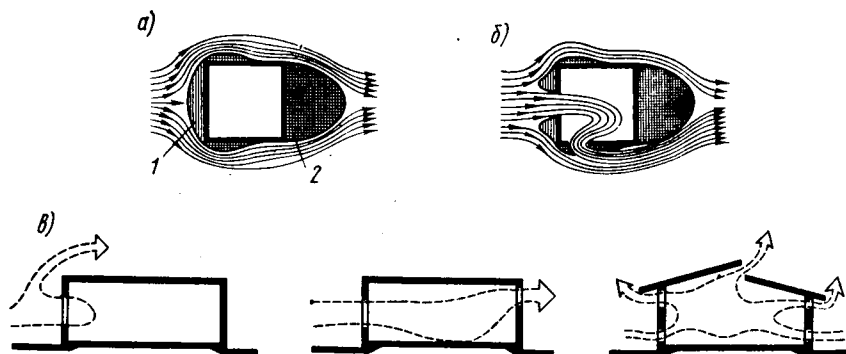


Рис. 4.2. Аэрация зданий:

а — зона высокого 1 и низкого 2 давлений перед зданием и за ним (по Риду); б — инерция воздушного потока; в — аэрация здания под воздействием ветра

Рельеф местности и водоемы. *Топография* оказывает значительное влияние на выбор участка, так как местность с вогнутым рельефом обычно холоднее по сравнению с соседними участками. Холодный воздух тяжелее теплого и он перемещается со склонов на плоские равнины. Естественные или искусственно созданные препятствия для стока холодного воздуха могут оказать содействие на распределение ночных температур.

Для строительства гражданских зданий наиболее целесообразно использовать склоны холмов крутизной до 30° . Дороги при этом трассируют без нарушения естественных форм рельефа местности, а здания на горном ландшафте имеют минимальное число уступов фундаментов.

Местные природные условия оказывают влияние на величину единовременных и эксплуатационных затрат и в случаях неблагоприятных характеристик создают существенное их увеличение. Например, при значительных уклонах местности (5 ... 12%) строительные затраты возрастают на 2 ... 7, а эксплуатационные — на 2 ... 10%, при больших уклонах затраты увеличиваются. Низкая несущая способность грунтов, подземные выработки, мокрые грунты увеличивают затраты на строительство на 8 ... 9%. Наи-

большее увеличение затрат вызывают противооползневые и противоселевые инженерные мероприятия — строительные на 20 ... 40 и эксплуатационные — на 10 ... 55%. Однако освоение для застройки неблагоприятных территорий создает возможность сохранения земельных угодий. В каждом конкретном случае сопоставляют оценку этих факторов и выявляют экономически наиболее обоснованные варианты решений.

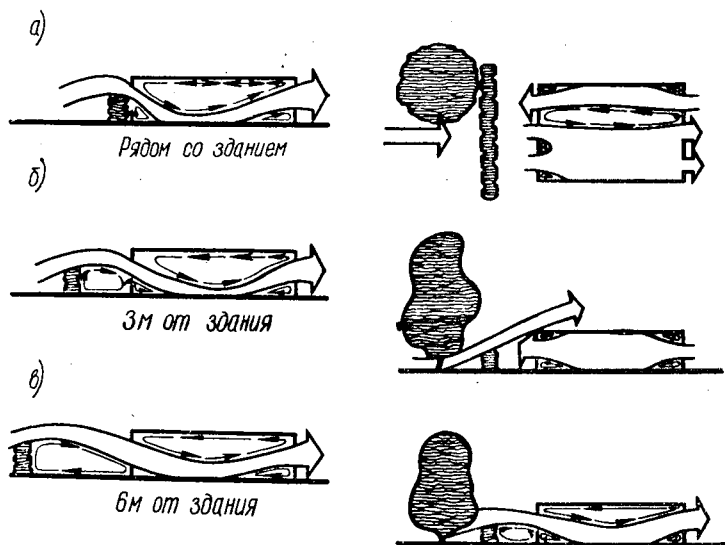


Рис. 4.3. Влияние зеленых насаждений на эффективность их проветривания:

а — в зависимости от расположения кустарника вдоль одноэтажного здания; *б* — деревья напротив здания; *в* — то же, в 6 м от здания

Водоемы естественные и искусственные способствуют уменьшению температуры на участке на 2°C .

Благоустройство. Благоустройство дорог и проездов, пешеходных дорожек с устройством покрытий из тепломехких материалов или грунтовых дорог и площадок вместо асфальтированных снижает температуру на 1°C . Путем полива территории или применения водоразбрызгивающих установок также можно улучшить микроклимат участка.

Озеленение. Озеленение территории участков строительства жилых и общественных зданий оказывает также большое влияние на рациональное использование прямой и отраженной солнечной радиации. Правильно выполненное озеленение деревьями, кустарниками и травой по отношению к зданиям уменьшает продолжительность инсоляции и может снизить температуру солнечной зоны на 4°C и более (рис. 4.3). При этом следует учитывать

изменение длины падающей тени в течение дня, в разное время года (рис. 4.4).

Зеленые насаждения различного функционального назначения — общего пользования (парки, сады, скверы и др.), участков общественных зданий, микрорайонных садов-дворов, индивиду-

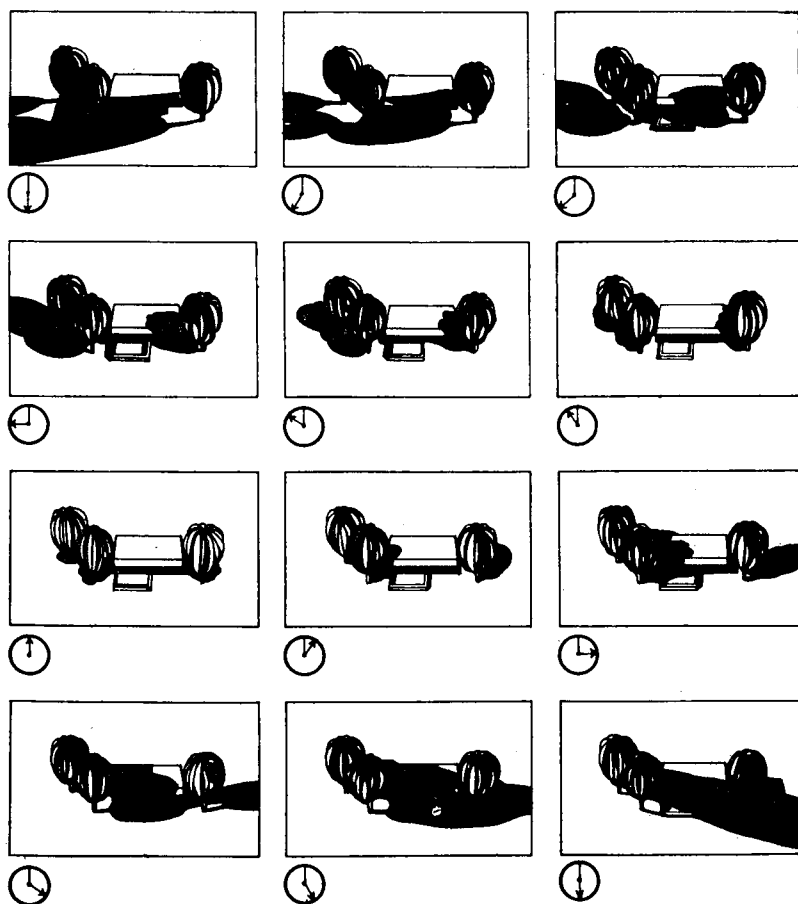


Рис. 4.4. Изменение длины падающей тени от озеленения летом в течение дня

ального пользования (озеленение приусадебных участков), специального назначения (ветрозащитные, противозерозийные и др.) — образуют комплексные многофункциональные системы, регулирующие экологические, микроклиматические и другие особенности района.

Озеленение непосредственно участка — объекта застройки оказывает особо большое влияние на использование лучистой энергии солнца для энергоснабжения зданий. Следует учитывать также их роль в качестве пространствообразующих структурных элементов, активно участвующих в композиции архитектурной застройки в сочетании с естественным природным ландшафтом окружающей среды.

Каждый прием — дисперсный, периферийного или центрального озеленения населенных мест влияет на микроклимат города или жилой зоны малого поселка.

При выборе и размещении озеленения участков следует учитывать: размер кроны дерева, удаленность от здания, густоту посадки, характер озеленения (вертикальное, горизонтальное, газоны).

4.2. Критерии повышения энергетического баланса здания

Энергетический баланс гражданского здания с солнечным энергообеспечением зависит от ряда сопутствующих факторов, связанных как с параметрами окружающей среды участка строительства, так и строительными параметрами самого здания.

Выбор участка и размещения здания. При выборе участка для возведения энергоактивного гражданского здания необходимо учитывать такие рассмотренные ранее факторы, как инсоляция и освещенность, направление и скорость ветра, топография и рельеф местности, наличие естественных и искусственных водоемов, озеленение участка. Размещение здания на участке с учетом ориентации его по сторонам горизонта и других рассмотренных выше факторов (ветры, рельефы и др.) оказывает большое влияние на его солнечное энергоснабжение.

Ориентация зданий на конкретном участке зависит от совокупности факторов, топографии участка, наличия водоемов и растительности, характеристики и высоты над уровнем моря. Рациональная ориентация окон по сторонам света дает возможность снизить или увеличить поступление теплоты через ограждающие конструкции.

Правила ориентации зданий, играющие огромную роль в проектировании объемно-планировочного решения гелиоздания, были сформулированы еще в древние времена Сократом, который считал, что в доме, ориентированном на юг, солнечные лучи проникают внутрь дома зимой, а летом путь солнца выше крыш, так что имеется тень; если затем построить чердак с южной стороны, чтобы взять зимой солнечное тепло, то для помещений северной стороны зимой снизится холод. Эти правила справедливы и сегодня — устраиваемые на южной стороне гелиоприемники повышают аккумулирующие качества энергоактивности зданий.

В санитарных нормах и правилах по инсоляции жилых и общественных зданий, а также жилой территории населенных мест существуют следующие требования: обеспечить в теплый период года (с марта по сентябрь) не менее 3 ч в день непрерывное прямое солнечное облучение помещений и территории жилой застройки, ограничить (при надобности) прямое солнечное облучение помещений и территории жилой застройки в районах СССР, расположенных южнее 50° с.ш. При этом инсоляция должна быть обеспечена не менее чем в одной жилой комнате — в одно-, двух- и трехкомнатных квартирах; не менее двух комнат — в четырехкомнатных квартирах. В ряде зарубежных стран с умеренным климатом приняты аналогичные нормативы.

Таблица 4.2. Рекомендуемая и допустимая ориентация помещений согласно гигиеническим требованиям (по данным С. И. Ветошкина, Н. М. Данцига)

Помещения	Южнее 50° с. ш.		Севернее 50° с. ш.	
	рекомендуемая	допустимая	рекомендуемая	допустимая
Спальни, детские и общие комнаты	Ю	ЮВ	Ю, ЮВ	ЮЗ
Столовые, гостиные, кабинеты	Ю, ЮВ	В, СВ, СЗ	Ю, ЮВ, В	СВ, В

Для условий нашей страны севернее 50° с.ш. желательно ориентировать комнаты на юг, юго-восток и восток, а южнее 50° с.ш. — на юг и юго-восток (табл. 4.2).

Предпочтительность южной стороны горизонта объясняется хорошей инсоляцией комнат зимой и в переходные сезоны. Так, в южных районах страны, где летом возможен перегрев помещений, при южной ориентации солнце почти не проникает в помещение, его почти отвесные лучи легко задерживаются ограждающими или выступающими частями дома. Однако чрезмерная ориентация на юг может ограничить градостроительную «маневренность» зданий.

У нас в стране нормами проектирования жилых зданий не допускается северная ориентация квартир, в которых все комнаты выходят на одну сторону дома (см. рис. 4.1). Это вызвано тем, что северные фасады домов в холодную половину года совсем не облучаются солнцем, а летом получают немного утренних и вечерних «скользящих» лучей, почти не проникающих в помещения. В южных районах страны помещения, в которых все комнаты выходят на одну сторону, нельзя обращать на запад и юго-запад в связи с возможным чрезмерным их перегревом. Ведь квартиры, обращенные на восток, юго-восток и даже на юг ин-

солируются в первую половину дня, когда наружный воздух прогрет еще незначительно. Помещения, обращенные на западную и юго-западную части горизонта, облучаются во вторую половину дня, когда температура воздуха максимальная.

Как показывают исследования специалистов, максимальное количество солнечной энергии на средней географической широте 50° падает на вертикальную поверхность стены в феврале, марте и апреле (а не летом). Количество солнечной энергии в январе почти идентично жаркому июлю, а в марте в 1,5 раза больше. Например, в январе при температуре воздуха -15°C в связи с прямым углом падения лучей поверхность стены, специально окрашенной в черный цвет со слоем стекла на ее поверхности, нагревается до 35%.

Рекомендуемая ориентация помещений гражданских зданий, проектируемых для IV климатического района, приведена ниже:

<i>Тип усадебного дома</i>	<i>Ориентация</i>
Одноквартирный	Без ограничений
Блокированный рядовой	Широтная *, меридиональная **
Блокированный крестообразный	Без ограничений
Блокированный террасный	Широтная; меридиональная

<i>Тип здания с входом из общего коммуникационного узла</i>	<i>Ориентация</i>
Секционный	Широтная; меридиональная
Коридорный с двусторонним коридором	Меридиональная
Коридорный с односторонним коридором	Широтная; меридиональная
Галерейный	Широтная

- * Продолжная ось здания располагается в широтном направлении.
 ** То же, по меридиану.

Объемно-планировочное решение здания. Применение гелиосистемы активно влияет на объемно-планировочную структуру гражданских зданий.

Оптимальная форма гелиоздания должна обеспечивать минимум тепlopотуплений в помещения летом и содействовать минимальным тепlopотерям зимой. Поэтому естественно, что объемно-планировочное решение здания должно изменяться в зависимости от климатического района строительства.

Проектируя гелиоздание, следует стремиться к рациональной архитектурно-планировочной организации, сокращению периметра наружных стен, компактной форме плана, увеличению протяженности южного фасада здания в I и II климатических районах,

размещая здесь основные отапливаемые помещения и присоединяя остекленные пространства летних помещений.

Горизонтальная поверхность (плоская крыша) по сравнению с вертикальными стенами получает в среднем в 2 ... 3 раза больше солнечной радиации. Помещения, ориентированные на юг, с большими окнами следует защищать от перегрева путем применения солнцезащитных устройств (козырьки, размещаемые над окнами, потолок лоджии, жалюзи, отражающие солнечные лучи). В зимний период, когда Солнце не поднимается высоко, защитные устройства не препятствуют проникновению солнечных лучей в помещения.

В III и IV климатических районах целесообразно объемно-планировочное решение малоэтажных жилых зданий осуществлять с внутренним двором — а т р и у м о м при максимальном сокращении площади пола, размещении помещений поперек здания с целью организации сквозного проветривания и раскрытия атриумной композиции и т. п.

Во влажных районах целесообразна форма зданий в виде узкого, вытянутого параллелепипеда, что способствует нейтрализации высокого давления водяного пара. Для снижения термического воздействия окружающей среды рационально блокировать отдельные здания, располагая их в ряд в виде протяженных параллелепипедов или единых массивных блоков, а также повышать этажность зданий.

В жарких сухих районах со значительными внешними тепловыми воздействиями целесообразно создавать массивы больших объемов зданий, что дает возможность использовать преимущества тепловой инерции.

Наиболее рационально проектировать здания кубической формы или слегка вытянутые с узким корпусом в направлении оси восток-запад.

Для жилых и особенно общественных зданий целесообразно применение пространственных покрытий (см. рис. 6.7).

Несущий осто́в здания. Основной принцип проектирования гелиодома — максимальное совмещение функций конструктивных и ограждающих элементов с функциями элементов солнечной системы. Определение требований необходимого комфорта и эффективности потребления энергии зданием зависит от свойств его светонепроницаемого осто́ва, термического сопротивления, термической мощности и термического отражения (рис. 4.5). Взаимодействие между ними и другими элементами здания — важный резерв сохранения энергии. При этом возможно выделить два вида резервов сохранения энергии в здании: увеличивающие термическое сопротивление структуры здания и изменяющие тепловую мощность и термическое отражение. Для этой цели весьма важно также рациональное решение планировки, интерьера здания, конструкции стен и покрытий.

Структура несущего остова здания, решение его конструктивно-планировочных элементов, параметры микроклимата помещений, типы систем энергоснабжения — необходимый комплекс мероприятий, который должен учитываться при проектировании гелиозданий.

Аккумулируемая солнечная энергия дает возможность баланса требуемой комфортной температуры в помещениях, а также может обеспечивать другие виды энергоснабжения здания: освещение, вентиляцию, кондиционирование воздуха.

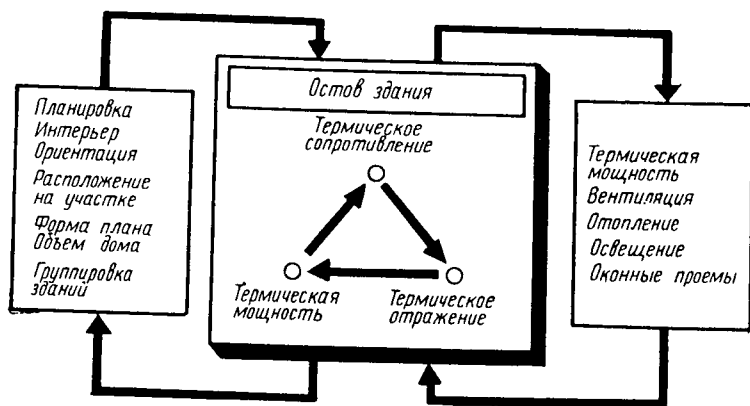


Рис. 4.5. Факторы энергетического баланса в конструктивно-планировочной структуре здания

В конструкции сооружений зданий следует уделять большое внимание применению средств повышения энергоактивности покрытий и стеновых ограждений гелиозданий.

При конструировании покрытий целесообразно снижение уклона крыши, а также использование строительных материалов, повышающих отражающую способность кровли и способствующих максимальной аккумуляции солнечных лучей. В конструкциях стен рекомендуется предусматривать значительные плоскости остекления оконных проемов и применять материалы, увеличивающие коэффициент отражения поверхности стеновых ограждений.

В интерьере следует стремиться к рациональному размещению систем инженерного оборудования, что повышает эффективность энергоснабжения зданий. Особого внимания требует устройство входных узлов и оконных проемов.

Группировка зданий. Группировка жилых домов с солнечным обеспечением дает возможность перераспределения тепла в зависимости от потребностей каждой структурной единицы-потребителя. При проектировании гелиокомплексов жилых и общественных зданий рационально предусматривать: централизованную

систему энергообеспечения для компактного комплекса с коллективными обслуживаемыми территориями, а при отдельном расположении общественного центра и застройки индивидуальными домами — при каждом доме. Среди солнечных коллекторов различного типа особенно рационально оборудование гелиотермической установки плоскими водяными коллекторами с термосом-накопителем, а также использование системы отражающих зеркал.

Учет природно-климатических условий различных регионов СССР. Учет природно-климатических факторов оказывает большое влияние на степень использования солнечной радиации здания в северных районах. При этом следует ориентироваться на использование национальных традиций архитектурно-планировочных решений застройки северных и южных районов с учетом экономии тепла и обеспечения оптимальных условий микроклимата жилища.

Под вертикальными окнами зданий нужно устанавливать солнцезащитные устройства (сплошные или решетчатые козырьки из асбестоцемента, перфорированного железобетона, дерева или алюминия).

При проектировании объектов необходимо предусматривать мероприятия по защите зданий от действия солнечной радиации, так как затраты электроэнергии на их вентилирование летом весьма велики. Снижение перегрева в теплый период года достигается за счет окраски крыш и стен. Тепловой эффект на светлой поверхности зависит от температуры наружного воздуха, а не от угла падения солнечных лучей, как это имеет место на поверхности, окрашенной в темные тона. В холодных районах цвет кровли и стен выбирают темный, а на юге — светлый.

Комфорт помещений зданий определяется соответствием архитектурно-планировочного решения природно-климатическим особенностям района, строительства с учетом местных народных традиций.

В районах *Крайнего Севера*, характеризующихся условиями холодного и сухого континентального климата, при объемно-планировочных и конструктивных решениях зданий следует учитывать температурно-влажностный, ветровой и радиационный режимы, снег, вечную мерзлоту и др. Здесь целесообразны компактные жилища, при этом рекомендуется увеличивать ширину корпуса домов, объединять через шлюз-тамбур хозяйственные постройки с основным отапливаемым объемом жилища. Необходимо предусматривать утепление пола первого этажа, применять окна с тройным остеклением и двойными притворами и др.

Однако наличие значительного поступления тепла от прямой и отраженной солнечной радиации дает возможность использовать солнечную энергию для теплоснабжения гражданских зданий, поскольку среднее количество тепла, поступающее от суммарной солнечной радиации, является достаточным. Как показы-

вает практика, в районах, расположенных выше 56° с. ш. в нашей стране и за рубежом (США, Аляска, Швеция, Финляндия), может успешно осуществляться утилизация солнечного тепла.

Исследования, проводимые в СССР Якутским филиалом СО АН СССР и ЛенЗНИИЭП, показали, что угол наклона солнечных коллекторов 60° к горизонту обеспечивает максимальное восприятие солнечной энергии с марта по октябрь.

Схема системы солнечного теплоснабжения для малоэтажного многоквартирного дома северных районов СССР приведена на рис. 4.6. В баках-аккумуляторах тепла запроектированы теплообменники из стальных труб, взаимодействующие с контуром плоских солнечных коллекторов, устанавливаемых на южном скате крыши. Трубы теплообменников заполнены 60...70%-ным водным незамерзающим раствором пропиленгликоля. Циркуляция теплоносителя в коллекторах производится электронасосом автоматически. Тепловые баки-аккумуляторы размещены в центральной части дома.

В условиях жаркого климата

Солнце создает огромные термические ресурсы: суммарная месячная температура исчисляется сотнями, а суммарная годовая — тысячами градусов. Поэтому вопрос применения «экологически чистой» неисощимой солнечной энергии для отопления жилых и общественных зданий, нагрева воды, кондиционирования воздуха весьма актуален. Однако в условиях жаркого климата с палящим действием солнечных лучей, с прогреванием воздуха до температуры $60...70^\circ\text{C}$, а почвы до 80°C имеющаяся активная солнечная радиация, засоленность почвы, высокая сейсмичность, пыльные бури, зной пустыни создают дополнительные трудности в организации благоприятной жизненной среды. Поэтому проектирование объемно-планировочных решений гелиозданий в экстремальных условиях районов с жарким климатом обуславливается как обеспечением максимального использования солнечной радиации, так и одновременной изоляцией помещений зданий от солнечного перегрева.

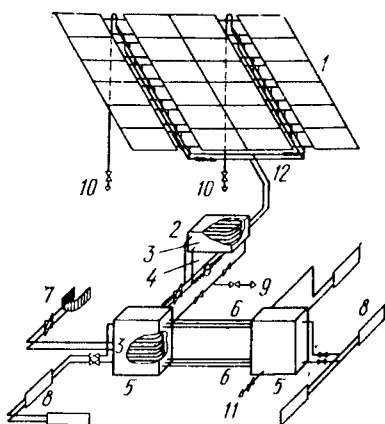


Рис. 4.6. Принципиальная схема системы солнечного теплоснабжения для экспериментального многоквартирного жилого дома в поселке Маган Якутской АССР:

1 — плоские солнечные коллекторы; 2 — бак подогрева бытовой воды; 3 — теплообменник; 4 — циркуляционный насос; 5 — тепловой бак-аккумулятор; 6 — соединяющиеся трубы; 7 — регистр в отопительной печи; 8 — отопительный прибор; 9 — горячая вода; 10 — гидравлический пуск; 11 — водослив; 12 — теплоизоляция

При этом учитывают наряду с климатическими факторами (солнечная радиация, влажность, облачность и др.) также географическую широту местности, топографические условия, влияние природного окружения.

Таблица 4.3. Мероприятия по улучшению микроклимата жилищ в условиях южных районов

Наименование мероприятия	Гигиеническая оценка	Удорожание 1 м ² площади квартиры, %
Благоустройство и озеленение территории	Снижение температуры в помещении на 1,5...2°C и увеличение относительной влажности на 15...20%*	2...7
Сквозное проветривание	Снижение температуры на 3°C при ночном проветривании; улучшение воздухообмена и увеличение скорости движения воздуха на 0,5 м/с	1...2
Регулируемые солнцезащитные устройства на окнах и лоджиях	Снижение температуры на 3...4°C; снижение радиации	3,3
Снижение этажности жилых домов с 4, 5 до 1, 2 этажей	Снижение температуры на 4...6°C при соответствующем озеленении и благоустройстве участка	10...12
Увеличение высоты этажа	Снижение температуры на 0,2...0,4°C; увеличение объема воздуха в помещении	2,5 (при увеличении высоты на 20 см)
Искусственное охлаждение помещений	Снижение температуры на 5...8°C и более	1,5...6

* Снижение температуры в помещениях дано в сравнении с температурой, которая устанавливается в жилищах при соблюдении естественного режима эксплуатации и которая на 2°C выше среднесуточной наружной температуры.

В районах с жарким климатом в архитектурно-планировочной организации помещений следует предусматривать в целях защиты от солнечной радиации соответствующую ориентацию по сторонам света, сквозное или угловое проветривание квартир, солнцезащитные архитектурные средства в светопроемах, устройство летних помещений, озеленение и др. (табл. 4.3). Целесообразно также использовать строительные материалы ограждений с высокими теплоизолирующими свойствами, а также вентилируемые конструкции.

Основным критерием, определяющим объемно-планировочные параметры гелиозданий, является соотношение между площадью поверхности гелиоприемника и отапливаемым объемом (или общей площадью зданий), при котором обеспечивается теплоснабжение. При расчете площади гелиоприемников на отопление, горячее водоснабжение, а также поверхности радиационных охла-

дителей определяют суммарные площади гелиоприемной поверхности.

Угол наклона гелиоприемников проектируют соответственно широте местности; их располагают на южной стороне здания.

КиевЗНИИЭП предложено рациональное решение односемейного дома с теплоаккумулирующим ядром, являющимся в холодный период года источником тепла, а в жаркий — служащим для охлаждения жилых помещений. Это ядро одновременно выполняет функцию сейсмостойкой несущей конструкции. Жилые помещения группируют вокруг этого ядра в двухъярусную структуру (рис. 4.7, 4.8).

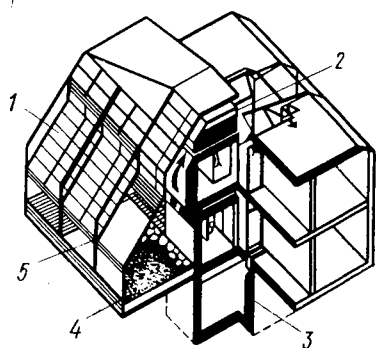


Рис. 4.7. Аксонометрический разрез гелиоздания для IV климатического района:

1 — гелиоприемник; 2 — бак-аккумулятор; 3 — аккумулирующее ядро; 4 — оранжерея; 5 — солнцезащита

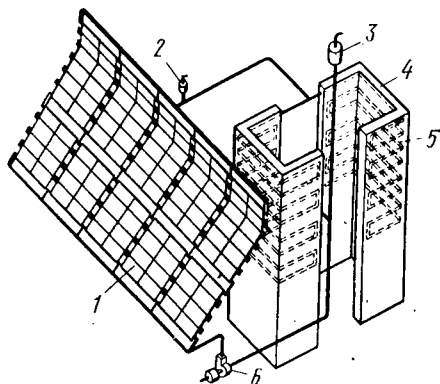


Рис. 4.8. Схема системы гелиотеплоснабжения и радиационного охлаждения (для IV климатического района):

1 — гелиоприемник-радиатор; 2 — воздухо-сборник; 3 — расширительный бак; 4 — аккумулирующее ядро; 5 — змеевик; 6 — насос

Рациональна организация зимнего сада-оранжереи, примыкающего к южной стене дома с наружным ограждением в виде витража с двойным остеклением; циркуляция воздуха обеспечивает комфортный влажностный режим помещения.

4.3. Системы солнечного энергоснабжения жилых и общественных зданий

Классификация энергосистем. Освоение солнечной энергии в проектировании и строительстве гражданских зданий осуществляется в двух аспектах: использование теплофизических свойств самого здания для накопления и хранения тепла (пассивные системы); создание специальных технологических устройств в пределах здания, преобразующих энергию Солнца в тепловую или электрическую (активные системы).

Первый аспект известен с древнейших времен в народной традиционной архитектуре. Например, в южном жилище сознательно развиваются качества объемно-планировочного и конструктивного решения дома в целях улучшения его микроклимата: устройство массивных стен, плоской крыши, группировка помещений вокруг замкнутого внутреннего двора и др. Второй аспект получил распространение в современном строительстве, обусловленном ускоренным ростом научно-технического прогресса на уровне высокого развития инженерного оборудования зданий. Классификация систем использования солнечной энергии приведена на рис. 4.9.

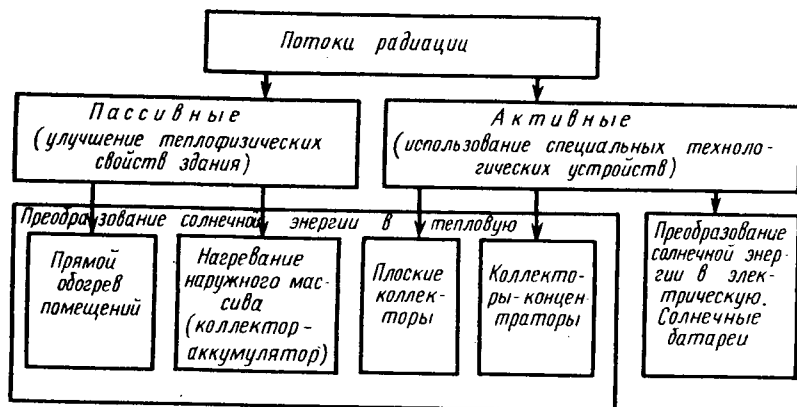


Рис. 4.9. Классификация систем использования солнечной энергии:

Каждая из солнечных энергосистем, соответственно называется пассивной или активной, т. е. совокупности устройств и элементов, обеспечивающих потребности жилых и общественных зданий в энергоснабжении, включает три основных элемента: приемник солнечного тепла (коллектор), хранилища тепла (аккумуляторы) и систему распределения тепла внутри здания.

Для преобразования солнечной энергии в тепловую применяют конструкции (гелиоприемники) с применением стеклянных или пластиковых поверхностей, в которых используется явление «парникового эффекта», т. е. свойство стекла задерживать тепловое инфракрасное излучение, тем самым повышал температуру внутри объема, ограждаемого стеклом. Однако применение только пассивных или активных систем не всегда целесообразно.

В целях уменьшения теплопотерь и снижения энергетических потребностей здания целесообразно использование интегральных систем, сочетающих прогрессивные качества пассивных и активных

систем. Характеристика пассивных и активных энергосистем дана в табл. 4.4.

Пассивные энергосистемы. В пассивных системах используется непосредственное нагревание строительных элементов за счет теплоты, поступающей от прямой солнечной радиации, без при-

Таблица 4.4. Характеристика пассивных и активных энергосистем

Тип гелиоздания	Тип системы солнечного энергоснабжения	Характеристика планировочных и технических мероприятий	Приемы организации солнечного энергоснабжения
<i>Пассивные системы</i>			
Здания традиционной конструкции (без специальных устройств)	Солнечные окна, оранжереи, фонари верхнего света	Ориентация основных помещений на южный фасад; широтно-вытянутый план	Планировочные мероприятия. Термоизоляция. Остекление термального массива большой площади. Вспомогательная энергетическая система. Естественная конвекция воздуха
Здания с трансформированными конструктивными элементами	Стена-коллектор (аккумулятор); термопруды	Минимум северных фасадов, размещение вспомогательных помещений на северной стороне здания	Планировочные мероприятия. Термоизоляция. Массивные ограждения. Термальный массив. Вспомогательная энергосистема. Естественная конвекция воздуха
<i>Активные системы</i>			
Здания со специальными устройствами в их структуре	Плоские коллекторы (водяные и воздушные) аккумуляторы	Компактность объема; размещение коллекторов на южном скате крыши или на южной стене	Наличие специальных аккумуляторов тепла: емкости с водой при водяном отоплении; емкости с гравием при воздушном отоплении
Здания с отдельно стоящими устройствами	Плоские коллекторы, концентраторы, аккумуляторы	Компактность объема. Дома обычного типа без ограничений, связанных с использованием солнечного отопления	Наличие бойлеров, специальной системы разводки тепла. Механическое побуждение при разводке тепла

менения технических средств. Пассивные отопительные солнечные системы рассчитаны на аккумулирование солнечного тепла в массивных конструкциях зданий естественным образом — через окна, обращенные на юг. Экономия энергии при этом на основе пассивной системы солнечного отопления за рубежом составляет

25 ... 30%, а в перспективе может быть доведена до 50%. Однако они зависят от погодных условий.

К числу компонентов этих систем относятся: освещение помещений прямыми солнечными лучами; нагревание воды в резервуарах, расположенных в верхней части здания; использование трубопроводов, проложенных по наружным поверхностям стен, освещаемых солнцем; использование систем, в которых аккумуляторами тепловой энергии служат заполнения оконных проемов, жалюзийные устройства, наружные стены здания и покрытия, а также термосифонные системы вентиляции для охлаждения воздуха в калориферах.

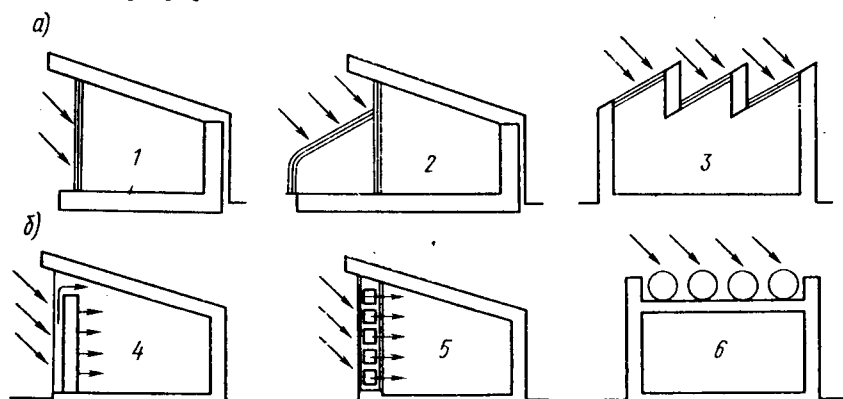


Рис. 4.10. Типы коллекторов пассивных систем:

а, б — внутренний (пол, потолок, камин) и наружный (совмещенный с коллектором) термальные массивы: *1* — солнечные окна; *2* — тепличные устройства; *3* — прозрачная крыша-коллектор; *4* — массивная стена со стеклянной облицовкой; *5* — контейнеры с водой за стеклянной облицовкой; *6* — термопруды

В пассивных системах коллекторами и аккумуляторами являются наружные ограждения зданий, которые обладают повышенной теплоемкостью (рис. 4.10).

Преобразование солнечной энергии в тепловую может быть осуществлено непосредственным обогревом солнечными лучами и накоплением тепла в массивном наружном ограждении, аккумулирующем это тепло и постепенно возвращающим его в помещение. К системам, использующим непосредственный обогрев помещений, относятся исторически возникшие традиционные типы солнцеприемников: солнечные окна, теплицы, оранжереи, фанари верхнего света.

Основными методами пассивного солнечного отопления широко распространенными на практике, являются: прямое солнечное нагревание; метод остекленной массивной стены; метод присоединенного солнечного пространства.

Прямое солнечное нагревание — простой и дешевый метод. Его рационально осуществлять через большие окон-

ные проемы с двойным или тройным остеклением; при этом солнечные лучи нагревают стены и пол помещения; целесообразна большая площадь герметичной стеклянной поверхности окна. Во избежание «солнечного дискомфорта» (перегрева помещений) лучи солнца с помощью специальных жалюзи могут быть направлены (отражены) в потолок.

Применение наружной массивной стены, окрашенной в черный цвет, покрытой двойным или тройным остеклением, обеспечивает равномерную отдачу солнечного тепла помещению. Однако небольшие оконные проемы затемняют интерьер, количество получаемой энергии меньше по сравнению с прямым солнечным нагреванием помещений. Массивная стена может одновременно выполнять шумозащитные функции.

Метод присоединенного солнечного пространства характеризуется устройством с южного фасада дома пристройки-солярия (оранжереи) со сплошным остеклением, выполняющей роль аккумулятора солнечного тепла, передачу которого в помещения регулируют открыванием дверей. Здание может иметь произвольную ориентацию при использовании интерьера с зимним садом и верхнего света в покрытии. Метод весьма теплоэффективен. В результате «парникового эффекта» температура за остеклением резко повышается. Избыточное тепло поглощается массой пола, стен, камина — пассивных аккумуляторов, которые в ночное время отдают накопленное тепло в помещение.

Активные энергосистемы. Активные системы использования энергии Солнца, называемые *энергоактивными* или *гелиоконструкциями*, совмещают с наружными ограждениями зданий. В активных солнечных отопительных системах теплоноситель перекачивается насосом. Типы элементов активных систем приведены на рис. 4.11. Их проектируют в виде панелей более крупных ограждающих элементов стен или покрытий, поглощающих, аккумулирующих или отражающих солнечные лучи, с целью отопления здания, получения горячей воды и др. Совмещение их с элементами стен, покрытий, а также балконов и светопрозрачных ограждений дает возможность создания гелиоконструкций.

Конструктивное решение гелиоконструкции может быть различным: нерегулируемым или с регулируемым термическим сопротивлением и аккумуляцией солнечной энергии.

Солнечный коллектор, включающий в свой состав теплоэлемент и теплоноситель, предназначен для непосредственного восприятия солнечных лучей, а также передачи тепловой энергии в аккумулятор или потребителю (рис. 4.12).

Коллекторы могут быть плоские, трубчатые и фокусирующие. Трубчатые коллекторы изготавливают из труб стальных, алюминиевых и др. Коллекторы попеременно воспринимают солнечную энергию в течение дня. Оптимальный угол накло-

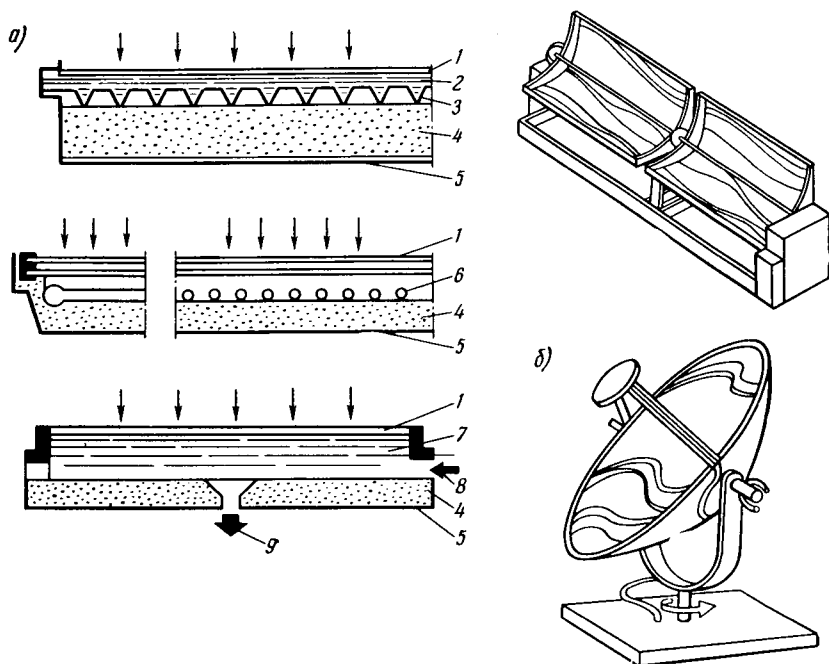


Рис. 4.11. Типы элементов активных систем:

а — конструкции плоских коллекторов; *б* — концентраторы линейный и сферический; *в* — гелиостат: 1 — остекление; 2 — поток воды; 3 — пластина-поглотитель; 4 — утеплитель; 5 — конструкция; 6 — поглотитель — металлические трубы с водой; 7 — поток воздуха; 8 и 9 — холодный и теплый воздух

на определяют в зависимости от широты местности и характера солнечной радиации.

Для диффузной радиации оптимальное положение коллектора — горизонтальное, для прямой — угол наклона принимается равным широте местности плюс $10...15^\circ$. В курсовом проекте угол может быть принят от 45 до 70° . Практически площадь коллектора может быть равна половине площади пола здания. Точные размеры плоскости коллектора можно определить по методике С. Заколей*.

Плоские коллекторы наиболее просты в изготовлении и экономичны; при устройстве в них различных теплоэлементов, передающих теплоту, теплоносителем служит воздух или жидкость. Их выполняют из пленки или пластикового листа черного цвета. Плоские солнечные коллекторы наиболее распространены в энергоактивных гелиозданиях. Действие их основано на «пар-

* См.: Заколей С. Солнечная энергия в строительстве, М., 1981.

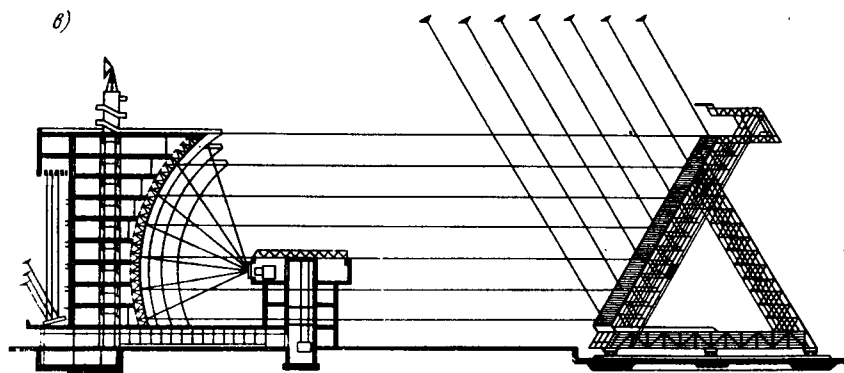


Рис. 4.11. Продолжение

никовом эффекте», возникающем в связи со свойством стекла пропускать коротковолновые солнечные лучи и задерживать длинноволновое тепловое излучение облучаемых конструкций. Применяются также гелиоприемники-панели (см. рис. 6.5).

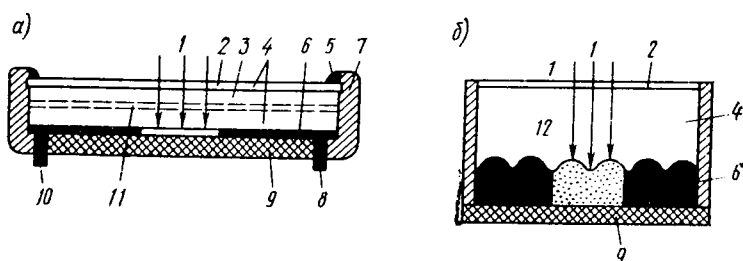


Рис. 4.12. Солнечный коллектор:

а — принципиальная схема; б — теплопоглощающие элементы солнечных коллекторов с жидким теплоносителем (поперечный разрез); 1 — солнечное излучение; 2 — наружное стекло; 3 — внутреннее стекло; 4 — слой воздуха; 5 — теплопередающий элемент; 6 — уплотнительная прокладка; 7 — корпус коллектора; 8 — обратный трубопровод; 9 — теплоизолирующий слой; 10 — подающий водопровод; 11 — плоский теплопередающий элемент; 12 — теплопередающий элемент из черного волнистого листа

Для преобразования воспринимаемой энергии солнца в тепловую и сохранения ее используют гелиоустановки, состоящие из коллекторов, устройств теплопередачи и тепловых аккумуляторов. В южных районах вместо коллекторов можно применять сложные устройства в составе кондиционеров с параболическими отражателями или линзами.

Солнечные коллекторы в системе наружных ограждающих конструкций могут быть расположены на скатных или плоских покрытиях, в наружных стенах, в ограждениях балконов, лоджий или соляриев, в оконных проемах или фонарях верхнего света, на

цоколе или ниже его, в окрестностях здания — автономный коллектор (рис. 4.13).

Гелиоздания могут быть с воздушным, водяным или смешанным отоплением.

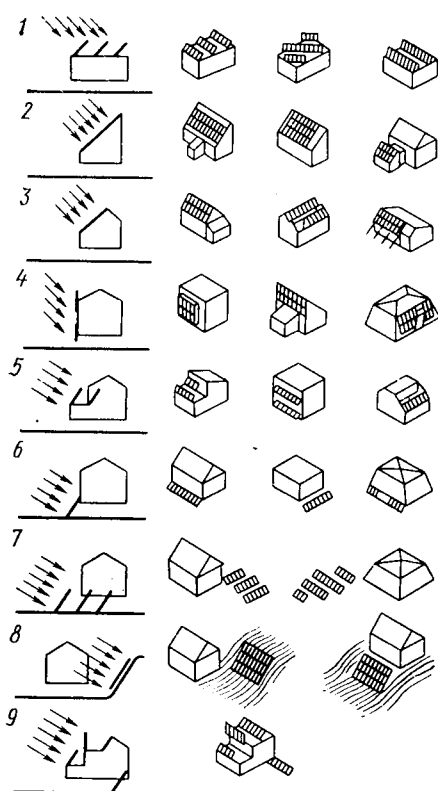


Рис. 4.13. Основные типы солнечных коллекторов в зависимости от их размещения в малэтажных зданиях: 1 — монтируемые на плоской крыше; 2 — монтируемые на односкатной крыше; 3 — то же, на двускатной крыше; 4 — вертикальные и наклонные на стенах; 5 — балконные и на лоджиях; 6 — цокольные; 7 — наземные; 8 — наземные на склонах рельефа; 9 — комбинированные

К фокусирующим коллекторам относятся концентрирующие устройства, позволяющие значительно повысить температуру теплоносителя по сравнению с плоскими коллекторами, однако емкость их слишком высока и они преобразуют лишь прямую солнечную радиацию, в то время как плоские коллекторы преобразуют также диффузную солнечную радиацию. Наибольшая эффективность концентраторов — в климате с высокой радиацией и большим количеством солнечных дней.

Простейшим концентрирующим устройством служат плоские зеркала, расположенные под углом к основному теплоприемнику, как и все остальные типы отражателей, используемых в солнечных системах. Линейные концентраторы имеют отражающую поверхность, изогнутую в одном направлении. Излучение фокусируется в рефлексирующей трубе, покрытой прозрачной пленкой в целях уменьшения теплопотерь. Теплоносителем является жидкость, точка кипения которой выше предполагаемой температуры в коллекторе. Сферический концентратор имеет форму полусферы, в фокусе которой находится поглотитель. Жидкость-теплоноситель переносит тепло в аккумулятор.

Концентратор может быть закреплен неподвижно или перемещаться в соответствии с движением Солнца. С помощью концентраторов и гелиостатов создаются высокотемпературные системы.

Для хранения тепла в активных системах используют специальные емкости, где в качестве аккумулирующих материалов ис-

пользуют воду, бетон, гравий, коллектор, аккумулятор и отапливаемые помещения связывают системой воздухопроводов или трубопроводов. Водяные аккумуляторы обычно применяют в сочетании с водяными или жидкостными коллекторами, гравийные — с воздушными.

Экспериментально применяют химические аккумуляторы, использующие «скрытую теплоту» некоторых химических веществ, выделяющуюся при их переходе из твердого в жидкое состояние.

В здании аккумулятор обычно занимает часть подвала или подвального этажа с соответствующей теплоизоляцией.

Известны примеры, когда аккумулятор образует северную массивную стену здания, поднимаемая на 2...3 этажа. В гелиозданиях применяют гидравлическую и воздушную системы распределения тепла в зданиях. Воздушное отопление наиболее рационально в низкотемпературных системах. Приточные отверстия размещают обычно в верхней части помещения, вытяжные — внизу.

Гидравлическая система используется при коллекторах высокой производительности. Вода поступает по трубам и радиаторам из водяных аккумуляторов.

Принцип работы системы теплоснабжения следующий: от коллектора теплоноситель по трубам подается к аккумулятору (водяному или гравийному) внутри здания, который с одной стороны сообщается с емкостью домашнего горячего водоснабжения, с другой — выводится отработанный теплоноситель в коллектор.

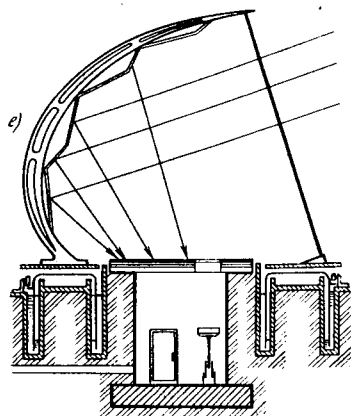
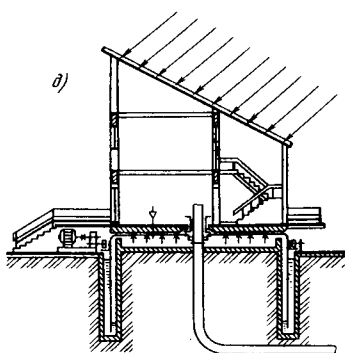
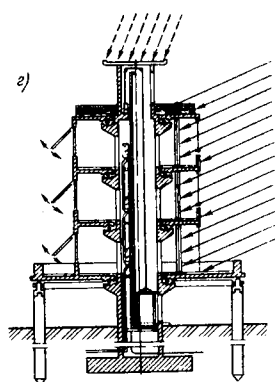
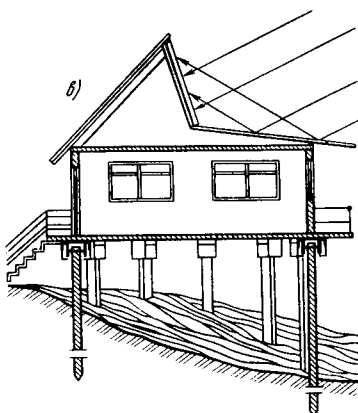
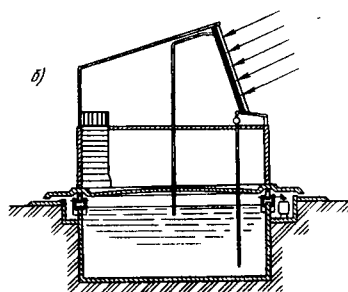
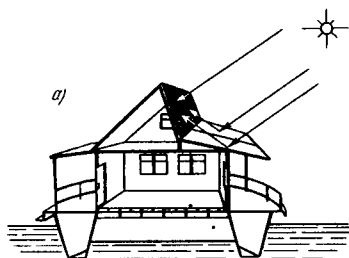
Жилые и общественные гелиоздания по степени энергоактивности и трансформации различают следующих типов: 1) со стационарно ориентированным коллектором; 2) стационарные с трансформируемой защитой плоского коллектора или с концентрированной подачей на него солнечной энергии, мобильные со следящим коллектором.

Следящие энергосистемы в структуре мобильных зданий. Использование гелиоприемников следящего типа в жилых и общественных зданиях дает возможность реализации «бионического принципа чуткого реагирования на энергетическую ситуацию среды и обеспечивает повышение энергетической и экологической эффективности.

Гражданские здания с гелиоприемниками следящего типа могут быть снабжены дополнительно системами аккумуляирования тепла, геометрической и теплофизической трансформацией зданий в целом или их отдельных элементов. Ограждения зданий совмещены с гелиоприемниками.

Известны следующие приемы конструирования гелиозданий со следящими гелиосистемами*: 1) с вращением здания цели-

* Предложение Н. Селиванова, А. Баланюк, А. Мелуа, В. Спирова,



ком; 2) следящие здания на воздушной подушке; 3) следящие здания на моноопорах (сваи-колонны).

Энергосистемы с вращением здания проектируют в режиме слежения за Солнцем целиком или лишь наземной части.

Целиком можно вращать малоэтажное здание, смонтированное на цилиндрическом или кольцевом понтоне и установленное в водоеме (залив, озеро, пруд).

Наземные коттеджи следящего типа монтируют на кольцевых или свайных фундаментах; их обеспечивают системами поворота или вращения и приводом.

Коллектор выполняет со стационарным резервуаром под ним, заполненным теплоаккумулирующим веществом—водой или другим энергоемким наполнителем. Для следящих зданий средней этажности и многоэтажных с целью нейтрализации опрокидывающих ветровых нагрузок целесообразна конструкция поворотной наземной части с центральным неподвижным стволом, где размещены лифты, санузлы и стационарные инженерные системы.

Следящие здания на воздушной подушке (экспериментальное предложение) могут иметь замкнутую воздушную полость под зданием, ограниченную платформой с кольцевой стенкой и грунтовым сердечником.

В перспективе имеются предпосылки создания следящих зданий на моноопорах—с использованием свай—колонны, в том числе башенного типа. Примеры зданий со следящими энергосистемами даны на рис. 4.14.

Солнечные ресурсы гелиоприемников зданий со следящими системами возможно увеличить в 2,5...3,5 раза путем введения следующих мероприятий: устройства на покрытии стационарного гелиоприемника в виде системы горизонтальных или наклоненных к югу панелей; устройства крыши-гелиоловушки с одним остекленным скатом и отражателем с внутренней стороны другой ее части (в виде оболочки вращения).

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение энергоактивного гелиоздания. 2. Перечислите факторы природной среды, повышающие степень нетрадиционных источников энергоснабжения. 3. Каковы критерии повышения энергетического баланса гражданского здания? 4. Какие системы солнечного энергоснабжения зданий вам известны? 5. Дайте характеристику пассивных и активных энергосистем в гелиозданиях. 6. Расскажите об устройстве солнечного коллектора в активных системах гражданских гелиозданий. 7. Как проектируют следящие энергосистемы в структуре мобильных гелиозданий?

Рис. 4.14. Следящие энергосистемы в структуре здания:

а—одноквартирный дом на водном зеркале; *б*—дом с железобетонным фундаментом, заполненным теплоизолирующим веществом (разрез); *в*—дом на сваях; *г*—многоэтажный дом со ствольной конструктивной системой (разрез); *д*—вращающееся здание с пониженным расходом энергии на привод вращения; *е*—общественное здание с подвижным наружным ограждением, смонтированным на двойном кольцевом фундаменте с замкнутой воздушной подушкой

ГЛАВА 5

ТИПОЛОГИЯ ЭНЕРГОАКТИВНЫХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

В данной главе дана классификация гелиоэнергоактивных жилых и общественных зданий. Рассматриваются принципы архитектурно-строительного проектирования объемно-планировочных решений гелиозданий. Характеризуются приемы объемно-планировочных решений различных типов гелиожилища: квартирных домов (усадебных, секционных, коридорных, галерейных, общежитий в природно-климатических условиях севера, юга, средней полосы РСФСР. Приводятся сведения о проектировании гелиокомплексов жилых и общественных зданий отечественного и зарубежного опыта. Рассматриваются вопросы архитектурной композиции в формировании гелиоэнергоактивных гражданских зданий.

5.1. Классификация энергоактивных зданий

В настоящее время в отечественной и зарубежной практике проектирования и строительства известны следующие типы гелиозданий с применением солнечных пассивных и активных систем: жилые и общественные здания и гелиокомплексы.

Жилые здания. Кв а р т и р н ы е ж и л ы е д о м а :

малоэтажные для городского и сельского строительства; одно-, двухэтажные усадебные на 1, 2, 4, 6 квартир, в том числе мобильные с автономным энергообеспечением;

одно-, двух- и многоэтажные безусадебные многоквартирные со входом из общего коммуникационного узла (секционные, коридорные, галерейные).

Общежития — для учащейся и рабочей молодежи, для молодых семей — отдельно стоящие, общежития-комплексы.

Дома-интернаты для престарелых — мало- и многоэтажные.

Общественные здания: образования, воспитания (детские учреждения, школы); здравоохранения, отдыха, спорта; культурно-просветительные, зрелищные, торговые и общественного питания; бытового обслуживания; коммунального хозяйства; административные; гостиницы; многофункциональные.

Гелиокомплексы: мобильные жилые комплексы; поселки гелиокомплексов.

Проектирование указанных гелиозданий и гелиокомплексов наиболее эффективно в южных районах. Однако использование домов с солнечным энергообеспечением в средних и северных широтах также возможно, что подтверждается рядом примеров, приведенных ниже.

Гражданские гелиоэнергоактивные здания по степени энергоактивности и трансформации классифицируют на следующие типы: со стационарно-ориентированным коллектором; мобильные со следящим коллектором (в том числе вращающиеся), стационарные с трансформируемой защитой плоского коллектора или с концентрированной подачей на него солнечной энергии.

Солнечные дома по способу взаимосвязи гелиосистемы с объемно-планировочной структурой здания делятся на три основных варианта решений гражданских зданий с солнечным энергоснабжением: 1) традиционной конструкции — без специальных устройств или с изменением конструктивных элементов для организации солнечного энергоснабжения; 2) со специальными устройствами, включенными в их структуру; 3) с отдельно стоящими устройствами.

В зданиях первой группы традиционной конструкции используются: пассивные системы солнечного энергоснабжения; теплофизические свойства здания — аккумуляция прямой солнечной радиации. Коллекторами здесь служат традиционные элементы здания: окна, витражи, фонари верхнего света, а естественными аккумуляторами — массивы каменных стен. Весьма важен выбор ориентации здания.

Исследования, проведенные ЦНИИЭПграждансельстроем, показывают, что инсоляция стен юго-восточной и юго-западной ориентаций составляет 70 ... 80%, восточной и западной — 35 ... 45% при учете количества солнечной радиации, приходящейся на вертикально ориентированную на юг поверхность, принятую за 100%. Отклонение от южной ориентации на 30% на восток или запад также эффективно, так как поступление тепла на солнечный коллектор уменьшится примерно на 2%.

Угол наклона коллектора гелиосистемы к горизонту целесообразно принимать равным широте местности; допустимое отклонение составляет +5, —10°.

При малой протяженности южного фасада здания рекомендуется применять отдельно стоящие коллекторы, размещаемые вне дома или на плоской кровле.

Здания второй и третьей групп — с активными системами солнечного энергоснабжения. Выбор типа солнечного коллектора и приемы его размещения определяют структуру здания.

Гелиоэнергоактивные здания *со специальными устройствами, включенными в их структуру*, могут быть осуществлены: с навесными или автономными устройствами (приемники энергии, системы ее преобразования, аккумуляирования и применения); с энергоактивными ограждающими конструкциями, которые совмещены с коллектором, аккумулирующим солнечную энергию; с энергетически эффективной объемно-планировочной структурой с применением устройств и полифункциональных конструкций для уменьшения собственных энергозатрат здания.

Гелиоэнергоактивные здания с отдельно стоящими устройствами проектируют с неизменяемой структурой.

5.2. Объемно-планировочные решения гелиоэнергоактивных зданий

За основу проектирования объемно-планировочных решений гражданских зданий с солнечным энергообеспечением принимают его архитектурно-планировочное решение с учетом природно-климатических особенностей района строительства: выбора конструкций и материалов, рациональных форм объемно-планировочной структуры здания, его ориентации, содействующих максимальному улавливанию солнечной радиации.

Для условий северных районов целесообразно использование архитектурных объемов гелиоэнергоактивных зданий с широким корпусом, применение пристенных пассивных средств сбора солнечной энергии: остекленной стены веранд, остекленных лоджий, изменяющих характер архитектурных решений энергоактивных зданий.

Объемно-пространственная и конструктивно-планировочная структура здания, а также конкретная схема его привязки на местности определяются степенью дефицита энергии. В этой связи решается вопрос о выборе типа гелиоустановки для проектируемого гражданского здания и площади коллектора, определяются солнечные энергоресурсы здания и элементов гелиоприемников (стен, покрытия и др.).

Рациональные требования архитектурно-строительного проектирования объемно-планировочных решений энергоактивных гражданских зданий осуществляются с учетом свойств энергетического поля возобновляемого источника энергии. Они включают: *уменьшение удельной площади наружных ограждений* на единицу объема здания (компактное архитектурно-планировочное решение здания, максимальное увеличение объема на основе блокировки элементов зданий; создание многофункциональных общественных зданий); *использование приемов трансформации здания* (объемно-пространственной, геометрической и др.) для изменения энергетических полей; *включение в объемно-пространственное решение внешних конструктивных элементов* для организации дополнительного притока к зданию энергии возобновляемого источника.

Применение типа гелиосистемы оказывает большое влияние на выбор объемно-планировочной структуры здания. Для зданий традиционных конструктивно-планировочных решений характерно использование пассивных систем солнечного энергоснабжения.

Для организации солнечного отопления используются теплофизические свойства здания, аккумулирующие прямую солнечную радиацию и являющиеся пассивной системой солнечного отопления. Коллекторами в этом случае являются традиционные эле-

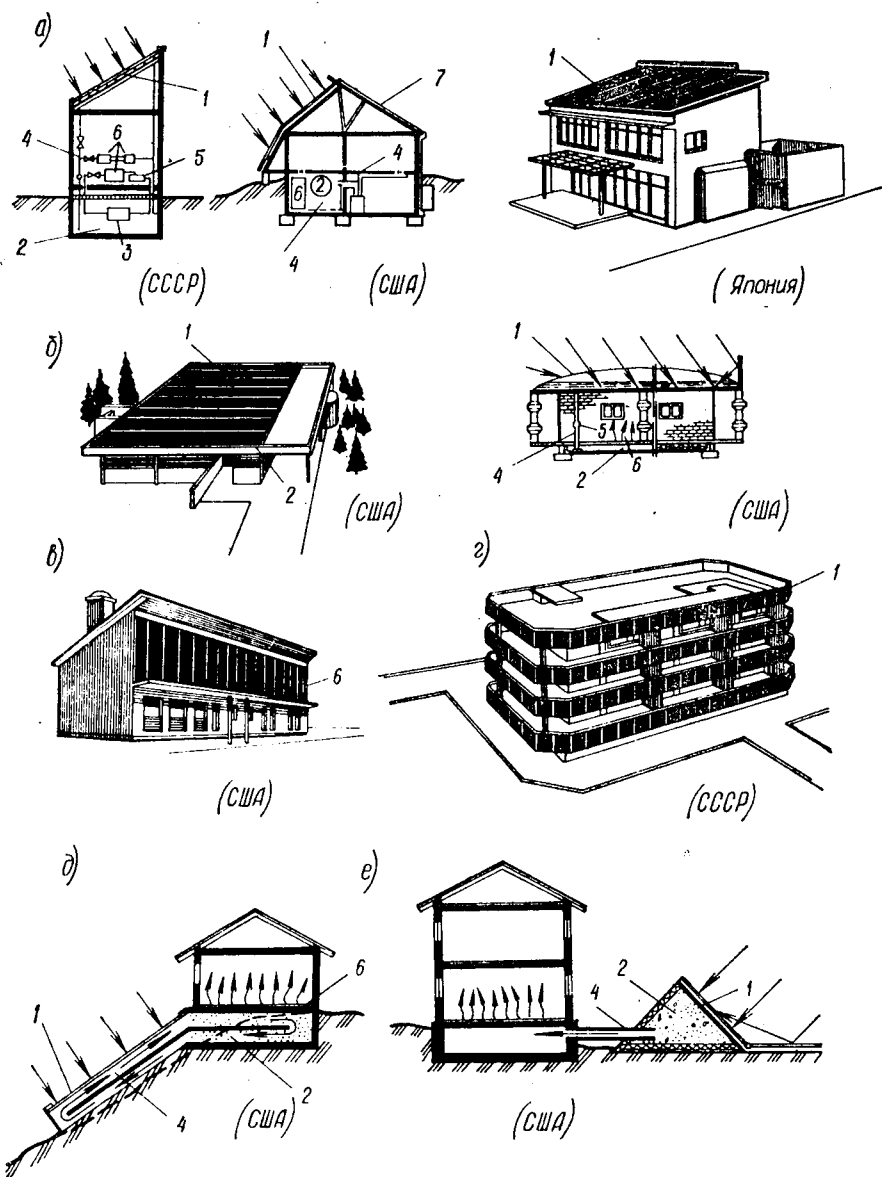


Рис. 5.1. Архитектурно-конструктивные приемы проектирования гелиоэнергоактивных гражданских зданий (по Н. П. Селиванову):

а — скатное покрытие; б — плоское покрытие; в — наружная стена здания; г — ограждение балкона, лоджии; д — цоколь здания; е — автономный коллектор; 1 — коллектор солнечной энергии; 2 — аккумулятор; 3 — тепловой насос; 4 — каналы для теплоносителя; 5 — насос; 6 — радиатор; 7 — устройство для охлаждения теплоносителя

менты здания — окна, витражи, фонари верхнего света, а массивы каменных стен внутри здания — его естественными аккумуляторами.

Планировочное решение дома должно обеспечивать ориентацию основных помещений на южный фасад, размещение подсобных помещений на северной стороне здания. Объемно-пространственное решение этого типа гелиодома характеризуется сочетанием стеклянных витражей южных фасадов с массивными внутренними стенами, перекрытиями и другими элементами, наличием элементов солнцезащиты в виде выступающих навесов.

Принимается окраска наружных, в том числе остекленных, стен в черный цвет, поглощающий солнечные лучи, а также снабжение оконных проемов жалюзийными решетками, облицовка стеклом на отnose, вследствие чего стена приобретает свойства коллектора-аккумулятора наряду с плоской кровлей дома и стеклянным витражом, за которыми размещаются емкости с водой, удерживающие тепло. Конструктивные и ограждающие поверхности зданий приобретают свойства элементов солнечной системы.

В гражданских гелиоэнергоактивных зданиях солнечные коллекторы, входящие в структуру зданий или отдельно стоящие, характеризуют конструктивно-планировочное решение здания. Размещение коллекторов — водяных и воздушных, аккумуляторов целесообразно на южном скате крыши или на южной стене. В качестве специальных аккумуляторов тепла возможно использовать емкости с водой при водяном отоплении или емкости с гравием при воздушном отоплении.

Коллекторы солнечной энергии могут быть совмещены с покрытием скатным или плоским, наружной стеной, ограждением балкона, лоджии, веранды, цоколем здания или предусмотрены автономными.

При этом объемно-пространственные решения гражданских зданий будут различными (рис. 5.1).

5.3. Жилые здания

Квартирные жилые дома. Квартирные жилые гелиоэнергоактивные дома проектируют для постоянного проживания людей. В зависимости от характера застройки они подразделяются на усадебные малоэтажные (1—2 этажа) со входом с участка, одно-, двух- и многоквартирные блокированные и дома со входом из общего коммуникационного узла (лестницы, коридоры, галереи); малоэтажные, двух-, четырехэтажные, средней этажности (3—5 этажные) и многоэтажные (9—12—16-этажные) секционного, коридорного и галерейного типов.

Малоэтажные усадебные жилые дома с солнечным энергообеспечением для строительства в поселках городского ти-

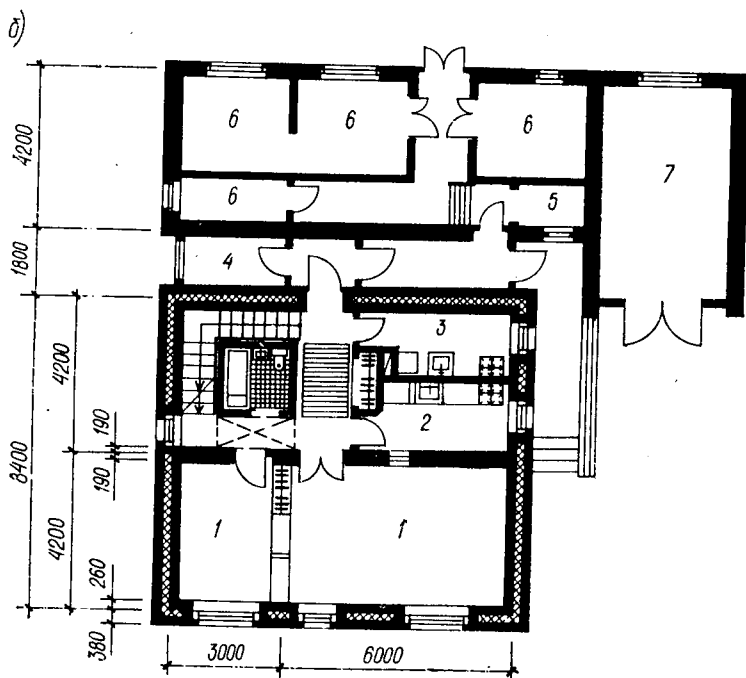
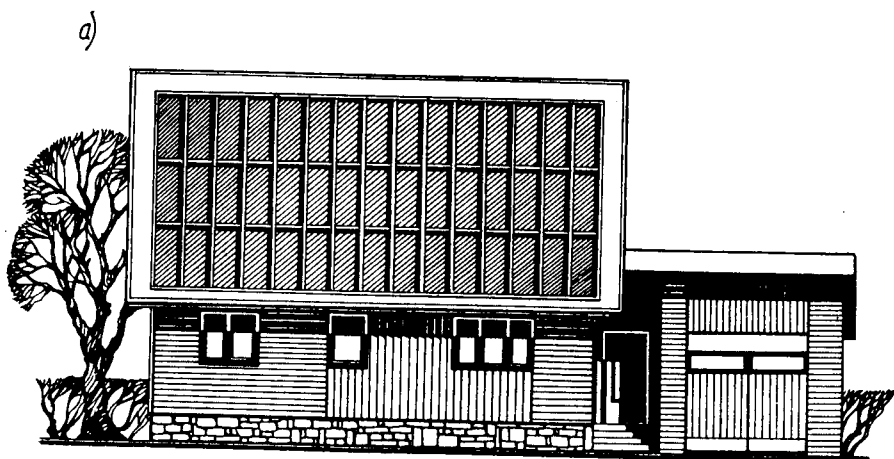


Рис. 5.2. Одноквартирный мансардный сельский жилой дом с гелиосистемой теплоснабжения:

а — южный фасад; б — план 1-го этажа; 1 — жилая комната; 2 — кухня; 3 — хозяйственное помещение; 4 — кладовая для продуктов; 5 — кладовая для инвентаря; 6 — помещение для домашнего скота и птицы; 7 — гараж

па и сельской местности получили наибольшее распространение в проектной и строительной практике.

Проектирование *одноквартирных* усадебных гелиодомов открывает возможность создания наиболее разнообразных объемно-планировочных решений, поскольку требуемая южная ориентация солнечного коллектора может быть легко достигнута.

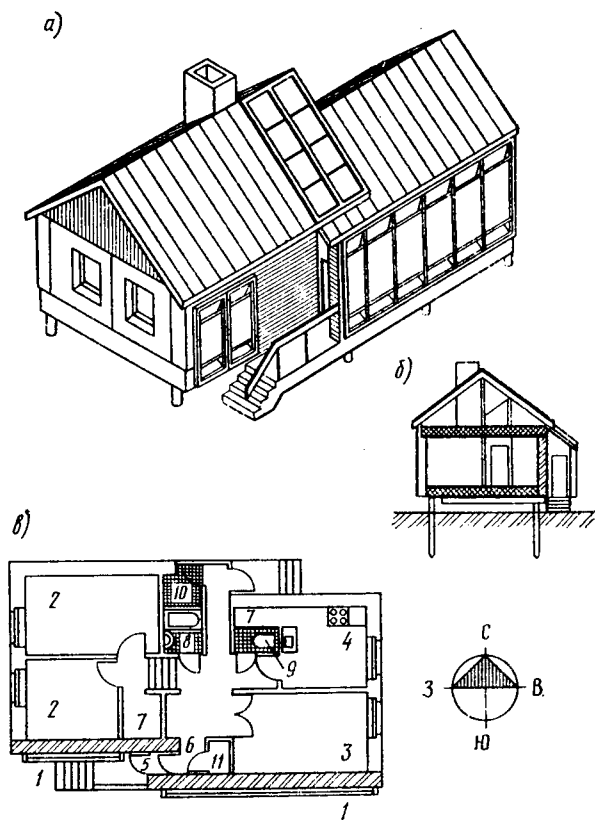


Рис. 5.3. Одноэтажный одноквартирный трехкомнатный жилой дом усадебного типа с гелиосистемой отопления и горячего водоснабжения:

а — общий вид; б — поперечный разрез; в — план этажа;
1 — стена Тромба; 2 — спальня; 3 — общая комната; 4 — кухня; 5 — тамбур; 6 — передняя; 7 — кладовая; 8 — ванная; 9 — туалет; 10 — топочная; 11 — сушильный шкаф

На рис. 5.2 показан сельский одноквартирный мансардный жилой дом с гелиосистемой, разработанный ЦНИИЭПграждан-сельстроем (архитекторы А. Г. Гаврилов, Ю. В. Рябченко, А. С. Семенов) для строительства в Раменском районе Москов-

ской области. Компактное объемно-пространственное решение кирпичного дома с эффективным утеплителем, под одной крышей — жилые и хозяйственные помещения (северная сторона). Хозяйственная зона в этом случае в составе кухни, передней, подсобного помещения с пристройкой хозблока становится своеобразным «тепловым барьером» в защите от северных ветров. Принятое решение весьма целесообразно, поскольку температура помещений хозяйственной зоны обычно на несколько градусов выше температуры помещений жилой зоны. Входной узел организован со шлюзом-прихожей между жилой частью и помещениями для домашних животных. Внутриквартирная лестница отделяет помещение санитарного узла с ванной от наружных стен. Оконные блоки предусмотрены небольших размеров с тройным остеклением. Все вышеуказанные мероприятия должны обеспечивать снижение тепловпотерь. Оборудование гелиосистемы — аккумулятор тепла размещено в подвале. Для обеспечения циркуляции теплоносителя используют насосы.

Площадь южного ската крыши-коллектора предусмотрена значительной величины, поскольку в связи с нерегулярностью поступления солнечной энергии рабочая площадь гелиоприемника-коллектора должна быть увеличена. Различные типы солнечных коллекторов, размещаемые в объемно-пространственной структуре малоэтажных зданий, приведены на рис. 4.13.

Одноквартирные жилые дома с использованием пассивных солнечных систем, разработанные для условий Якутской АССР, показаны на рис. 5.3 и 5.4. Под единой кровлей в целях компактности объединены жилые и хозяйственные помещения. Здесь применены небольшие скатные, высокие скатные кровли, выдерживающие большую ветровую и снеговую нагрузку. Схема системы солнечного теплоснабжения для здания севера приведена на рис. 4.6. Выявлено, что на широте ниже 56° угол наклона солнечных коллекторов в 60° к горизонту обеспечивает максимальное в условиях Крайнего Севера восприятие солнечной энергии с марта по октябрь, что является весьма существенным фактором в частичной замене традиционного энергоснабжения.

В проектах применены пристенные пассивные средства сбора солнечной энергии: «стены Тромба» (см. рис. 6.1), остекленные веранды, позволяющие увеличить температуру на наружной поверхности стены в период облучения солнцем на $10 \dots 40^\circ\text{C}$. В летние месяцы массивные стены и остекленные поверхности, оснащенные воздушными клапанами, работают как солнечные коллекторы, сокращая продолжительность отопительного периода.

Наиболее широко применяется проектирование и строительство гелиоэнергоактивных зданий в южных районах с большим количеством солнечной радиации. В целях защиты от перегрева, вызываемого излишним количеством солнечной радиации в период жаркого лета, в объемно-планировочной структуре следует пре-

дусматривать: ориентацию летних помещений преимущественно на северную сторону горизонта, уменьшение количества и размеров оконных проемов на южном фасаде дома; уменьшение периметра наружных стен (отсутствие изломов в плане, тесная блоки-

ровка компактных объемов); организация внутренних дворов, айванов, галерей; использование приемов естественной вентиляции, в том числе с помощью сквозного и углового проветривания.

В конструктивных решениях зданий используют аккумулирующие свойства массивных наружных стен и оснований зданий (глинобитные в странах Ближнего Востока; в Средней Азии и Закавказье — массивной каменной кладки и др.).

Блокированные жилые дома одно-, двухэтажные создают структурно-целостную застройку, приближенную к условиям естественной зимней и летней терморегуляции для

городов с условиями жаркого климата IV строительного климатического района с использованием внутренних приквартирных дворов, перекрытых на зимнее время остеклением для эффективно улавливания солнечной радиации (рис. 5.5).

Плотная малоэтажная застройка с «демпферными пространствами» (внутренними дворами) отражает многовековой опыт народного жилища.

Например, в традиционном бухарском жилище имело место террасное раскрытие двора к небосводу; в хивинском жилище —

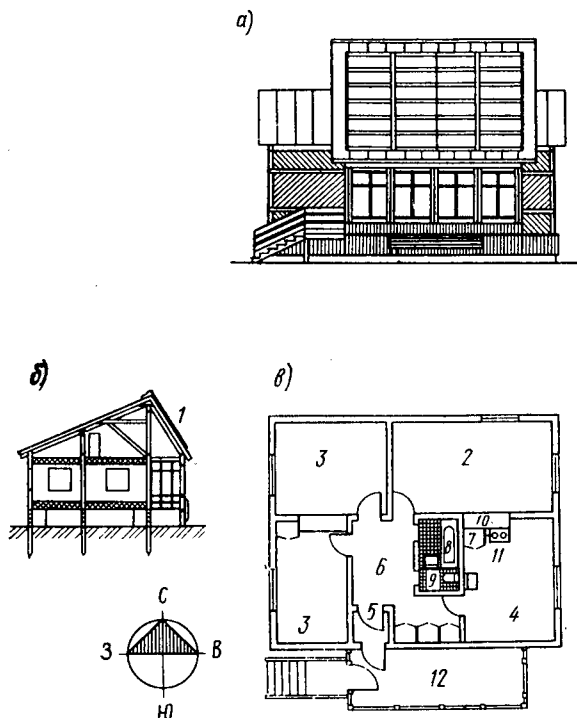
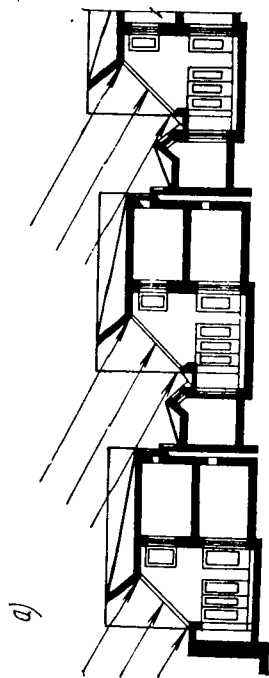
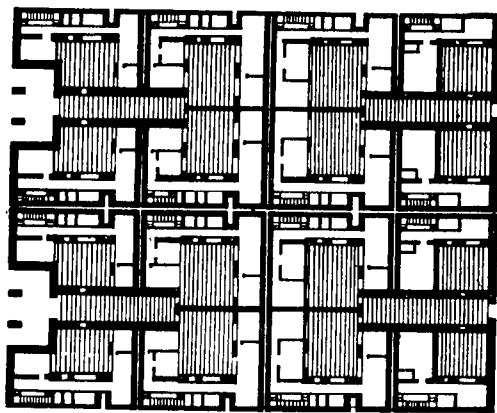


Рис. 5.4. Экспериментальный одноэтажный одно-квартирный трехкомнатный жилой дом с геосистемой теплоснабжения:

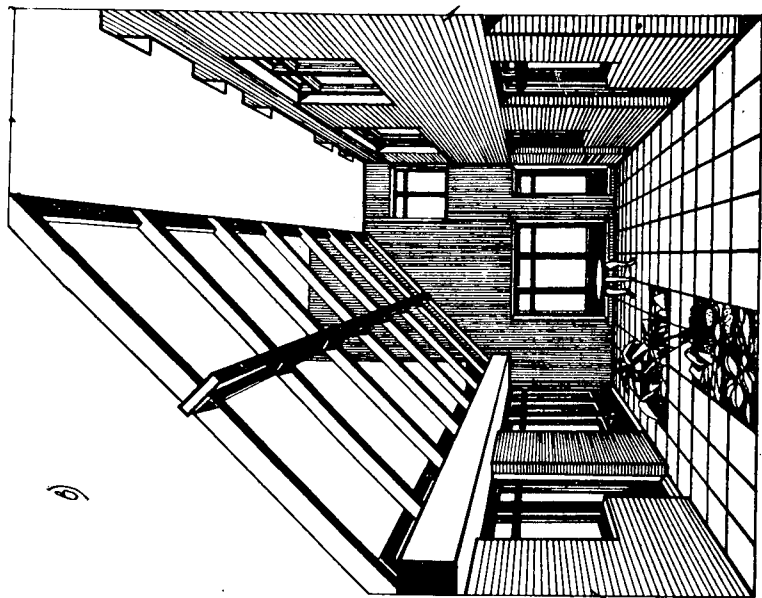
а — фасад; б — поперечный разрез; в — план этажа; 1 — солнечный коллектор; 2 — общая комната; 3 — спальня; 4 — кухня-столовая; 5 — тамбур; 6 — передняя; 7 — кладовая; 8 — ванная; 9 — туалет; 10 — водяной бак-аккумулятор; 11 — отопительно-варочная печь с регистром для подогрева воды; 12 — летняя веранда



а)



↑ N



б)

Рис. 5.5. Двухэтажный блокированный жилой дом в системе плотной малоэтажной застройки с пассивными геолосистемами для городов Средней Азии:
а — разрез фрагмента застройки; б — план фрагмента застройки; в — интерьер остекленного внутреннего двора

айваны, сформированные системой взаимоперекрываемых разновысотных летних помещений; в шахрисабзском жилище — «шийпоны» — замкнутые по периметру дворики, перекрываемые приподнятыми на стойках фонарями типа «зонтик». Структурно-целостная жилая застройка проекта приближается к условиям естественной зимней и летней терморегуляций, образована одноэтажными зданиями с приквартирными дворами, перекрытыми на зимнее время остеклением.

В наружных ограждающих конструкциях применены теплоемкие материалы и «пространственное кооперирование» отдельных жилых владений в сплошные массивы застройки. Демпферные пространства — внутренние дворы выполняют роль «солнечной ловушки» — элемента пассивной системы гелиообеспечения.

Оптимальным положением остекления внутреннего двора разноэтажных объемов квартир является ориентация на юг и расположение под углом $45 \dots 75^\circ$ к горизонту. Площадь остекленных дворов принимается из расчета $4,5 \dots 6 \text{ м}^2$ на одного жителя. Квартира формируется вокруг двора и может иметь прямоугольный, Г- и П-образный объем с обращением окон помещений во внутрь двора. Это позволяет осуществить трех- или четырехстороннюю блокировку отдельных домовладений в сплошном массиве застройки до 50 м. Расчеты показывают, что потребность плотной малоэтажной застройки в теплоэнергетических ресурсах может быть снижена на 65% при ориентации дворов на юг и на 35% — при ориентации на несолнечные румбы. При совместном функционировании остекленных дворов и активных гелиосистем можно обеспечить за счет солнечной энергии 85...90% теплопотребностей по сравнению с обычным отдельно стоящим одно-, двухэтажным многоквартирным домом. Примеры блокированных гелиодомов с квартирами в двух уровнях (Франция) показаны на рис. 5.6.

Блокированные дома с пятикомнатными квартирами с пассивной системой солнечного энергоснабжения имеют на южных фасадах массивную каменную стену площадью около 20 м^2 . Вместо стеклянной облицовки применены подвижные алюминиевые жалюзи, регулирующие теплопоступление.

Весьма перспективным является применение гелиожилищ и их комплексов с автономным энергоснабжением.

Блокированные гелиожилища с одно- (2-, 4-, 6-квартирные) и двусторонним (4-квартирные) блокированием квартир, имеющих два световых фронта, могут размещаться широтно и меридионально. Между тем половина квартир 4-квартирных домов с двусторонним блокированием квартир крестообразного плана не имеет фасадов, обращенных на южную сторону горизонта, что исключает возможность применения пассивных и активных систем солнечного энергоснабжения в структуре дома.

Блокированные рядовые дома рационально группировать вдоль

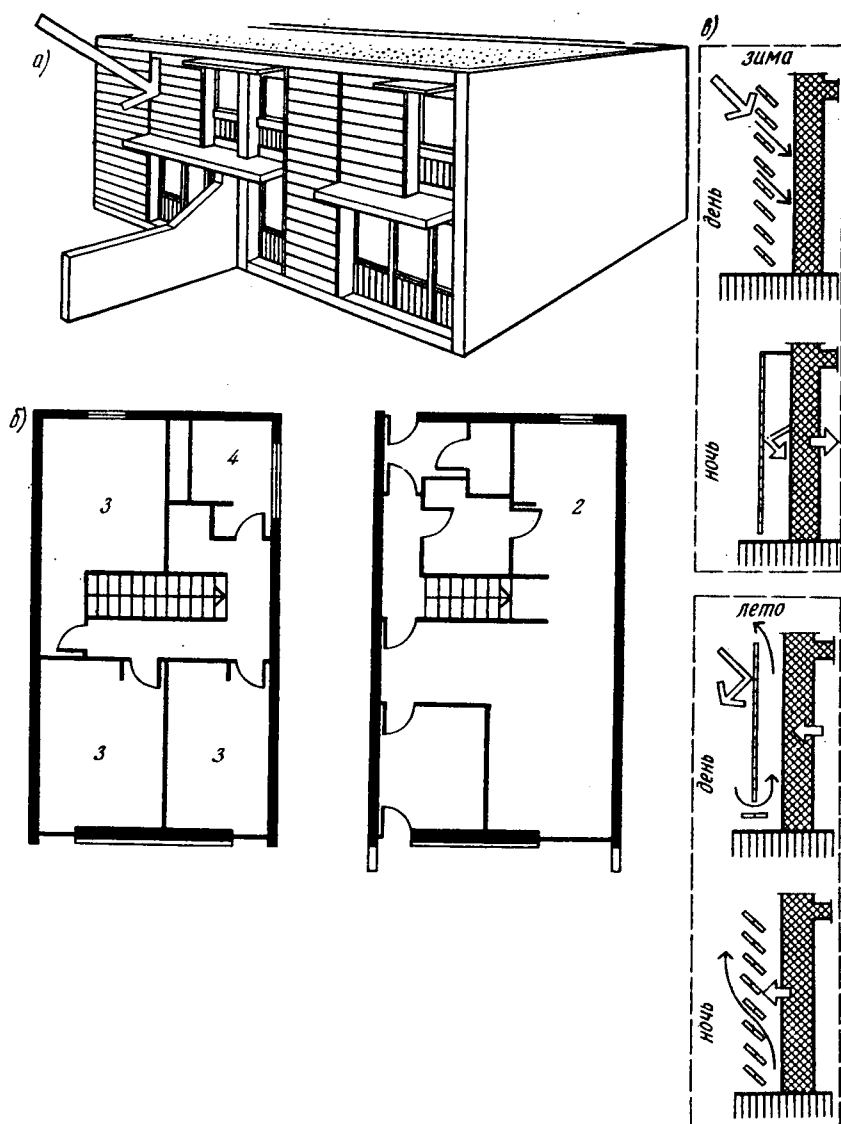
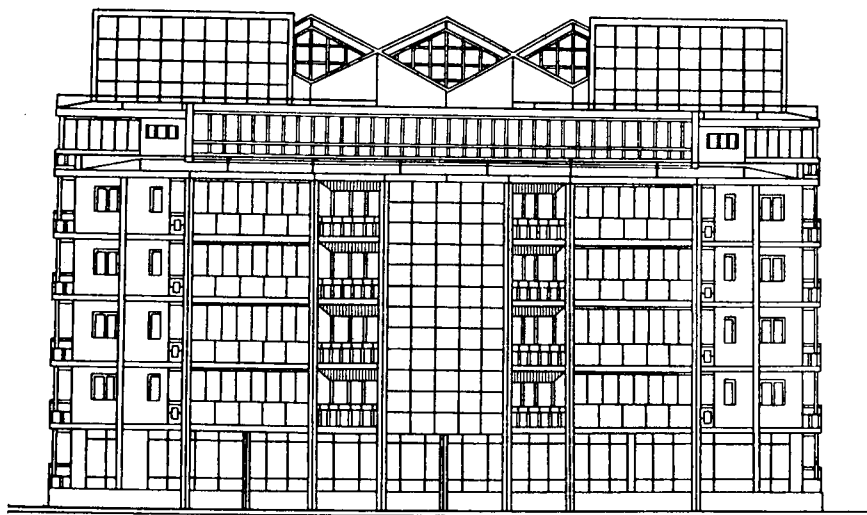


Рис. 5.6. Двухэтажный блокированный гелиодом (Франция):

а — общий вид; *б* — планы этажей; *в* — схема работы жалюзи; 1 — общая комната; 2 — кухня; 3 — спальни; 4 — санузел



а)

Рис. 5.7. Пятиэтажный многоквартирный гелиодом со входом из общего коммуникационного узла:

а — фасад; б — разрез

линии застройки, предусматривая соответствующую их ориентацию при трассировке уличной сети. При трассировке улицы в направлении север—юг с широтным размещением домов с блокировкой по южному фасаду организация солнечного энергоснабжения возможна лишь с активными системами с размещением коллекторов на южных скатах кровель, ориентированных перпендикулярно направлению улицы. При трассировке улицы в направлении запад—восток квартиры, ориентированные широтно, имеют южный фасад и могут иметь солнечное энергоснабжение с помощью как пассивных, так и активных систем.

Террасные блокированные дома размещаются на рельефе; они могут группироваться вдоль или поперек склона. В домах, размещенных вдоль южного склона, могут быть осуществлены все варианты активных и пассивных систем.

Жилые дома со входом из общего коммуникационного узла — дома секционные, коридорные, галерейные и смешанного типа (коридорно-секционные, секционно-галерейные и др.). Жилая секция организует группу квартир вокруг лестничной клетки.

Секционные дома, состоящие из жилых секций (рядовые, торцовые), могут быть точечные и многосекционные. При широтном размещении секций квартиры, выходящие основным фронтом на север, должны иметь дополнительную ориентацию не менее од-



б)

Рис. 5.7. Продолжение

ной комнаты на юг или торцевой секции на восток — запад. Меридиональное решение секции дает возможность проектировать малые квартиры с односторонней восточной или западной ориентацией.

В секционных жилых домах при широтном решении секции ограничивается количество квартир, так как в связи с наличием основного северного фронта необходима ориентация жилой комнаты на юг или восток — запад (в торцевой секции). Меридиональное расположение секций дает возможность размещения малых квартир с односторонней восточной или западной ориентацией.

Коридорные жилые дома для малосемейных и одиночек (на 1—2 человека) объединяют группу квартир, каждая из которых имеет выход в общий коридор, взаимоувязанный с лестничной клеткой.

Галерейные жилые дома предусматриваются с односторонним коридором (для южных районов).

Коридорные дома применяют с одно- или двусторонним коридором. Дома с двусторонним расположением помещений вдоль

коридора проектируют только меридионально. Дома с односторонним коридором и галерейные могут располагаться как меридионально, так и широтно. Организация пассивных систем неосуществима в этом случае, так как в меридиональных домах часть квартир не имеет южного фронта.

По данным исследований ЛенЗНИИЭПа, для климатических условий Нового Уренгоя по теплотерям, отнесенным на 1 м² общей площади, известно, что секционные широтные здания с шириной корпуса 16,6 м имеют наименьшие теплотери. Галерейные здания шириной 14,4 м расходуют тепла на 3% больше, с шириной корпуса 13,2 м — на 6%, галерейно-секционные здания шириной 14,4 м — на 12% больше.

Примером гелиоэнергоактивного секционного дома является 5-этажный жилой дом, разработанный коллективом сотрудников ЦНИИЭПжилища (рис. 5.7).

Общежития. Общежития с солнечным энергоснабжением для временного проживания учащейся, рабочей и семейной молодежи проектируют по норме 6 м² жилой площади на одного человека с общественными помещениями обслуживания для города, поселкового и сельского строительства.

В сельской местности и рабочих поселках городского типа, для поселков с постоянным и сезонным проживанием населения общежития могут быть квартирными для семей из 2...6 человек, бригадными для рабочих производственных групп на 10...100 человек (полеводческие и животноводческие бригады), общежитийно-комплексов для больших производственных коллективов (200...1200 человек).

Основные требования проектирования общежитий: компактность объемно-планировочного решения с учетом обеспечения комфортных условий в различных природно-климатических условиях, сохранение теплоты или солнцезащиты от перегрева.

Одноэтажное мобильное общежитие с отдельно стоящими жилыми ячейками (упрощенного типа) с энергоснабжением от солнечных батарей ветроагрегатов (МАРХИ). Архитектурно-планировочное решение предусматривает объединение в едином общежитии комплекса жилых комнат, помещений общественного назначения и обслуживания. Конструктивно-планировочные элементы выполняют в виде контейнеров, которые изготавливаются цельнометаллическими, из клефанерных панелей или из панелей, облицованных фанерно-стружечной плитой.

Отопление и горячее водоснабжение предполагаются от плоских солнечных коллекторов типа «горячий ящик», от этой же системы работает и охлаждение зданий. Резервным является отопление от котельной, размещенной в отдельном энергоблоке. Электроснабжение — *автономное*, в основном от солнечных батарей, ветряных установок и *дополнительное* — от дизельных, размещае-

мых в отдельном энергоблоке (возможно подключение к сетям). Гелиотехнические установки размещаются в специальных панелях, опирающихся на сборно-разборную конструкцию, которая устанавливается на крыше здания, но может размещаться и отдель-

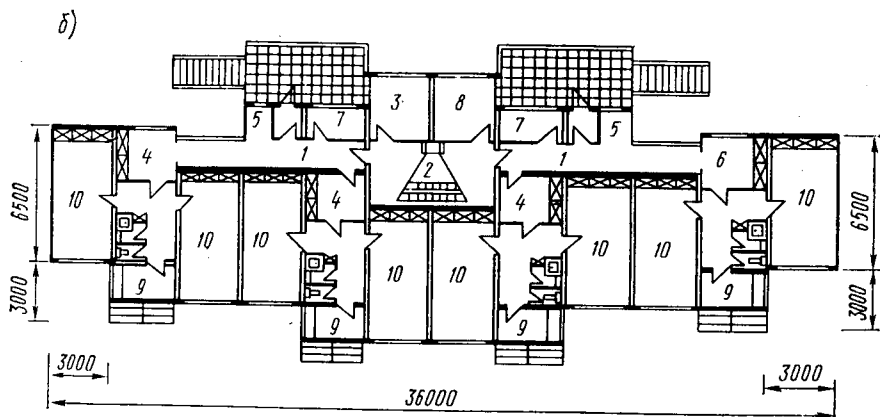
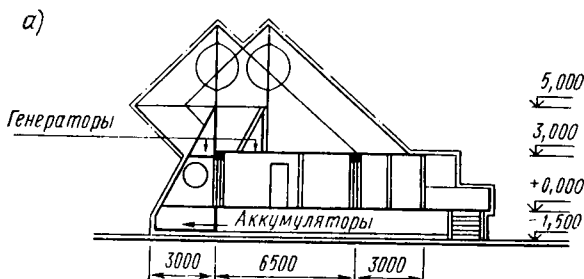


Рис. 5.8. Мобильное общежитие с автономным энергообеспечением для сезонного проживания животноводов (МАРХИ):

а — разрез; б — план; 1 — вестибюль; 2 — комната отдыха; 3 — помещение для занятий; 4 — постирочная; 5 — помещение для чистки одежды; 6 — помещение для сушки одежды и обуви; 7 — кладовая; 8 — комната обслуживающего персонала; 9 — кухня; 10 — жилая комната на 3 человека

но на опорах. Панели с солнечными коллекторами и солнечными батареями могут поворачиваться вокруг горизонтальной оси для лучшего улавливания солнечной радиации. Размещение гелиотехнических установок на крыше здания имеет то преимущество, что они служат солнцезащитой для крыш. Ветроагрегаты размещаются отдельно от зданий.

Одноэтажное мобильное общежитие с системами автономного энергоснабжения, включаемыми в конструкцию здания (МАРХИ). В основу архитектурно-планировочного решения сезонного общежития-комплекса положен

принцип объединения жилой и культурно-бытовой частей зданий в единый комплекс.

Конструктивно-планировочной основой проектов является объемный элемент — контейнер с наружным размером $6,5 \times 3$ м в плане, высотой 2,8 м при внутренней высоте 2,5 м. Доборными элементами являются контейнер размером 3×3 м в плане, высотой 2,8 м и контейнер-энергоблок с наклонной стеной размером 3×3 м в плане, высотой 6,5 м (рис. 5.8).

Планировочные элементы, включающие основное инженерное оборудование, размещают только в жилых ячейках при максимальной концентрации санитарно-технических устройств. Размещение гелиоустановок и ветроэнергетических устройств осуществляют в специальном контейнере с наклонной стеной, в котором находятся аккумуляторы тепла и электроэнергии.

Жилые ячейки рассчитаны на 6 человек. Здания запроектированы из объемных блоков-контейнеров полной заводской готовности. Контейнеры размером в плане $6,5 \times 3$ и 3×3 м могут быть изготовлены на любом предприятии, занимающемся производством легких самонесущих объемных блоков. Перевозка, монтаж и демонтаж контейнеров организуются обычным способом. Контейнеры — электроблоки с гелиоустановками перевозят на железнодорожных платформах и трейлерах попарно в горизонтальном положении, сложенными коллекторами друг к другу.

5.4. Общественные здания

Проектирование общественных гелиоэнергоактивных зданий (детских дошкольных учреждений, школ, лечебных зданий, спортивных и оздоровительных учреждений, культурно-просветительных и зрелищных зданий, торговых, административных зданий, гостиниц) осуществляется как в нашей стране, так и за рубежом.

Особенно эффективно проектирование многофункциональных кооперированных общественных зданий, содержащих в едином объеме функционально изолированные блоки различных учреждений общественного обслуживания (сельсовет — отделение связи — гостиница; школа — клуб — спортивный комплекс и др.).

По характеру размещения гелиоприемников известны общественные здания с пассивными и активными системами, с коллекторами, совмещенными со стеновыми ограждениями или покрытием, а также отдельно стоящими вне здания. Коллекторы-солнцеуловители, могут быть размещены на покрытии плоском, скатном или, что особенно эффективно, пространственном (оболочки, складки, купола, мембраны и т. п.). Коллекторы, органически входящие в состав конструкции общественного здания и выполняющие одновременно функции несущие, ограждающие и теплотехнические, рационально размещать в ограждениях с учетом образования системы плоскостей с различным наклоном к гори-

зонту и ориентацией по азимуту для лучшего использования суточного и сезонного перемещения солнца. При этом коллекторы попеременно воспринимают солнечную энергию в течение светового дня, имея различную ориентацию.

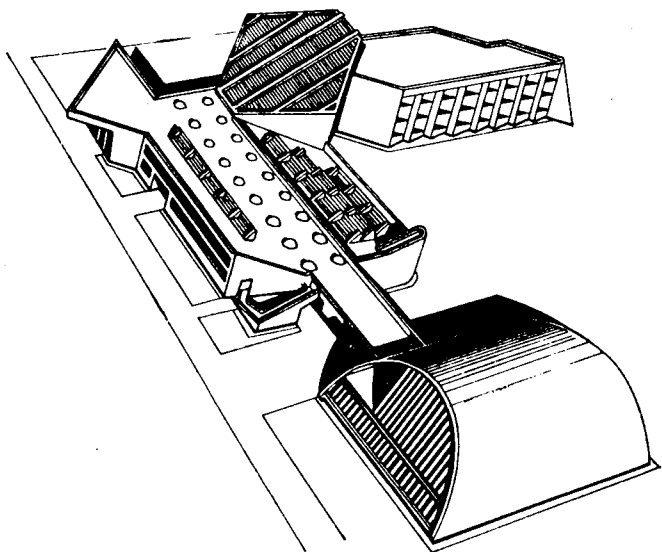


Рис. 5.9. Общий вид общественного центра жилого комплекса научного городка в г. Ашхабаде

Отражающие поверхности или коллекторы на большой солнечной улавливающей плоскости общественных зданий должны составлять унифицированный модульный ряд, взаимосвязанный с основной конструктивной системой функционально-планировочных элементов, с шагом колонн или несущих стен и высотой этажей. Модульный ряд основывается на величине единого модуля М-10 см и кратных ему укрупненных модулей 3М, 6М, 12М, 15М и т. п.; дробных модулей $1/2М$, $1/4М$ и др.

Примером общественных энергоактивных зданий, разработанных в нашей стране, является проект общественного центра жилого комплекса научного городка в Ашхабаде, общий вид которого приведен на рис. 5.9. Принятые архитектурные формы свода зрелищной части комплекса, а также плоское покрытие смежного блока общественного назначения обеспечивают максимальное улавливание солнечной энергии.

Интересные архитектурно-планировочные решения общественных зданий гелиокомплекса «Солнце» осуществлены в Средней Азии. Малоэтажное здание серии «С» с солнечной установкой горячего водоснабжения имеет энергоактивные свойства пассивной

солнечной системы за счет применения «стен Тромба» в плоских покрытиях элементов пространственных остекленных, а также устройства «гелиотеплиц» в покрытиях. Фасад и разрез 20-этажного административного высотного здания с гелиостатным полем приведены на рис. 5.10.

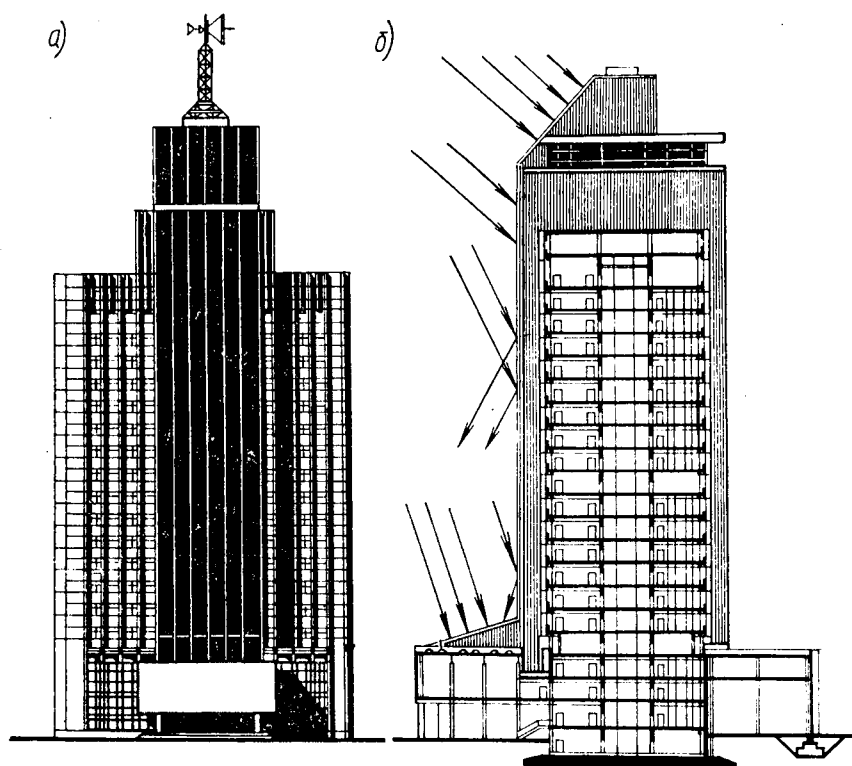


Рис. 5.10. Многоэтажное административное здание гелиокомплекса «Солнце»: а — фасад; б — разрез

В этом административном энергоактивном здании со столовой, конференц-залом, библиотекой и парадным четырехсветным атриумом осуществлено повышение степени эффективности солнечного энергоснабжения и утилизации энергии. Коллектор, занимающий часть ограждающих конструкций, выполнен из звеньев на основе унифицированной системы. Звенья коллектора состоят из плоских панелей или панельных блоков с гелиоприемниками, а также солнечной ловушкой из селективного остекления. Звенья коллектора состыкованы горизонтально или наклонно, ориентированы торцами и образуют выпуклый по отношению к падающему

солнечному лучу двугранный угол, а также вогнутый угол по ходу солнечного луча между смежными торцами панелей. Верхнее звено коллектора отклонено от вертикали в сторону ствола центрального лестнично-лифтового блока.

В вариантных решениях многоэтажного здания возможно выполнение гелиоприемника из фотоэлектрических преобразователей, дополненных каналами теплообменника.

Рассматриваемое энергоактивное общественное здание выполнено из бетона, железобетона, стали, алюминия, стекла, пластмассы, эффективных теплоизоляционных материалов.

По данным техникоэкономических расчетов данное решение обеспечивает повышение энергетической эффективности улавливания коллектором концентрированной солнечной энергии в многоэтажных общественных зданиях башенного типа в 1,8... 4,7 раза по сравнению с другими известными решениями, в которых солнечный коллектор располагался лишь на крыше здания.

Конструкции административного здания, входящего в состав главного корпуса, выполнены из стандартных железобетонных элементов антисейсмических серий ИИС-20 и ИИС-04, ограждающие стены — из навесных керамзитобетонных панелей с фактурным слоем из белого цемента с белой мраморной крошкой. Плоскости стен облицованы белым мрамором. Для защиты от перегрева в проветриваемой кровле устроена солнцезащита в виде трехмерной решетки с солнцезащитными экранами из солнцезащающего стекла. Экраны расположены в зависимости от ориентации фасадов вертикально или горизонтально.

Ниже приведены примеры общественных гелиозданий за рубежом.

Одноэтажное здание автобусного парка (США) в составе зала операций и отдыха пассажиров, помещений администратора, диспетчера и обслуживания. Плоскости ограждений стен, выполненные из стеклоблоков, аккумулируют тепло, необходимое для энергоснабжения здания. Оборудование здания предусматривает воздушное отопление, кондиционирование и вентиляцию воздуха. Площадь здания — 1395,5 м².

Центр физического образования (США) включает в состав помещений главную спортивную арену площадью 9290 м², бассейн площадью 2146 м², теннисные корты, студию танцев, помещения секций каратэ и другие обслуживающие помещения. Большие плоскости стекла в стеновых ограждениях, а также использованное в конструкции покрытия стекловолокно аккумулируют солнечную энергию, обеспечивающую энергоснабжение здания. Общая площадь здания 22 854 м².

Здание общеобразовательной школы (г. Вашингтон) — проект весьма рациональный в части освещенности и аккумуляции энергии по сравнению с имеющимися школьными зданиями, потребляющими 30... 40% энергии для искусственного освещения поме-

щений. Аккумуляция солнечной энергии достигается ориентацией большей части остекления оконных проемов на солнечные стороны горизонта; при этом высота окон невелика — всего 1,5 м, высота помещений от пола до потолка 2,8 м. Эффект энергоснабжения достигается также применением рациональных смесей при оборудовании инженерных коммуникаций и тщательным контролем освещения при эксплуатации. Площадь здания 6503 м².

Центральный парк отдыха (Калифорния) является одновременно выставочным центром. Энергия солнца аккумулируется ландшафтом — массами земли, зеленых насаждений, водных зеркал — и преобразуется в требуемую энергию в результате применения специального оборудования. Комбинация термического эффекта природных масс, особенно массивов земли, примененных для внешней декоративной засыпки павильонов с пассивной энергией солнца обеспечила успешное решение энергообеспечения комплекса.

Спортивный комплекс университета (г. Мехико) представляет архитектурно-планировочное решение в виде атриума, где расположены амфитеатр для проведения показательных выступлений и спортплощадки. Атриум формируют спортивные корпуса, размещаемые с трех сторон. Завершает комплекс территория университета. Гелиоприемники, размещаемые в покрытиях зданий и малых формах атриума, аккумулируют солнечную энергию и обеспечиваяют водяное отопление, вентиляцию и освещение зданий комплекса.

5.5. Гелиокомплексы жилых и общественных зданий

Гелиокомплексы жилых и общественных зданий создают возможность иметь централизованное энергоснабжение зданий и предпосылки перераспределения тепла в зависимости от потребностей каждого жилища или общественного здания. При этом возможна организация комплексного способа получения, хранения и распределения полученной энергии.

Еще в 1973 г. на выставке в ЮНЕСКО были представлены проекты городов на 100 тыс. жителей и более со снабжением от централизованных солнечных электростанций. Основой энергоснабжения являлись направленные солнечные лучи (проект «Экополис» (Франция), расположенный террасами на склоне холма) или система отражающих зеркал.

Гелиокомплексы групп жилищно-общественного назначения или небольших поселков, многочисленные разработки которых ведутся в нашей стране и за рубежом, очень перспективны. В мире широко известен **научно-производственный многофункциональный гелиокомплекс** по созданию концентрированной солнечной энергии полигон «Солнце», разработанный и осуществленный в Средней Азии.

Гелиокомплекс в составе жилищ, пространства для коллективной деятельности и обслуживания. Компактное жилое образование имеет централизованную систему энергообеспечения от единой гелиотермической установки (МАРХИ). Жилые ячейки группируются вокруг водяного зеркала. Гелиотермическая установка оборудована плоскими водяными коллекторами и термосом-накопителем. Сблокированные жилые дома имеют коммуникационные галереи по первому этажу. В центре здания расположен вертикальный двухсветный объем теплицы для выращивания овощей, которая использует энергию от центральной установки. В самом доме размещены лишь коллекторы-концентраторы для приготовления пищи.

Жилой гелиокомплекс в едином здании (Франция). Проект рассчитан на коллективное проживание людей, ведущих общее хозяйство. Жилое образование компактно с четко выраженной геометрической формой. Двухэтажные жилые ячейки чередуются с помещениями общественного пользования — залами собраний, отдыха и др.

Все жилые общественные и производственные помещения, включая места для содержания домашних животных, объединены внутренней коммуникационной связью по первому этажу. К жилым ячейкам с южной стороны примыкает гигантская коллективная оранжерея со стеклянным полусферическим покрытием, являющаяся пассивным накопителем тепла. Нагретый воздух из нее путем конвекции распределяется в помещения здания.

Гелиопоселок ступенчатой структуры с общественным обслуживанием (Дания). Первичной жилой единицей является трех- и четырехкомнатное одноквартирное жилище (без кухни и хозяйственных помещений). Жилая группа на 15 жителей в составе трех-, четырех домов объединена вокруг общественного блока, в который имеют непосредственный выход все квартиры. Состав общественного блока включает кухню с кладовыми, столовую и помещения для отдыха. Вокруг домов трех жилых групп располагаются подсобные сельскохозяйственные сооружения (рис. 5.11).

Гелиопоселок с пирамидальными жилищно-общественными комплексами (Бельгия). Объемно-планировочное решение представляет собой восьмигранные пирамиды каркасных деревянных домов, размещенных на общем основании первого этажа, где находятся гараж, мастерские, хранилище. В центре каждого дома находится вертикальная шахта с лестницами, регулирующий термостат, ветряной циркуляционный насос, фильтр водяной очистки и т. д. Солнечные коллекторы вмонтированы в скаты кровли домов.

Гелиокомплекс «Солнце» (СССР, Узбекистан). Научно-производственный гелиокомплекс «Солнце» осуществлен на основе глубоких исследований в архитектурно-строительном проекти-

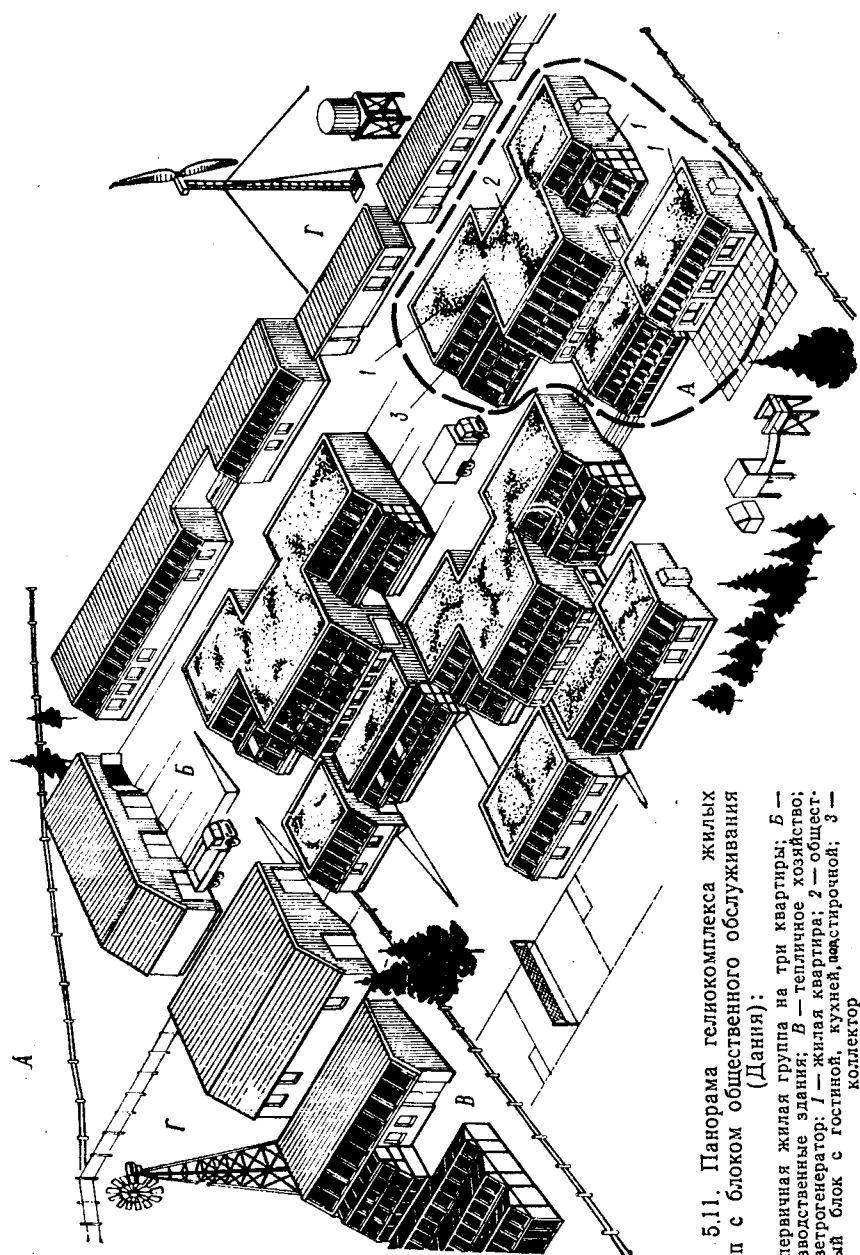


Рис. 5.11. Панорама гелиокомплекса жилых групп с блоком общественного обслуживания (Дания):

А — первичная жилая группа на три квартиры; Б — производственные здания; В — тепличное хозяйство; Г — ветрогенератор; 1 — жилая квартира; 2 — общественный блок с гостиной, кухней, ванной; 3 — коллектор

ровании. Сооружения этого типа, концентрирующие солнечную энергию, в пространственном решении имеют новые архитектурные формы, отражающие национальное содержание с учетом композиционно-информативной роли цвета в соответствии с функционально-планировочной характеристикой зданий и сооружений. В планировке гелиокомплекса «Солнце» использован исторически сложившийся в условиях жаркого климата прием замкнутой композиции. Повышенная плотность застройки, при этом обеспечивает наибольшую затененность объектов.

Научный гелиокомплекс включает пять структурных подразделений: главный корпус, гелиостатное поле, концентратор и другие, расположенные по продольной оси. Для подъема на концентратор имеется лестнично-лифтовая башня.

Поступающие от гелиостатов солнечные лучи отражаются от элементов зеркала концентратора в виде части параболоида вращения с зеркальной отражающей поверхностью, собираются в фокусе на гелиоприемнике солнечной печи. Лучистый поток отражается на установленном на оптической оси север — юг концентраторе с гелиостатами, следящими за Солнцем в течение дня. Солнечная радиация улавливается параболической зеркальной поверхностью и собирается в фокусную точку диаметром 40 см. При слежении за Солнцем поворот зеркал осуществляется вертикально и горизонтально. Гелиостатное поле включает систему отдельно стоящих гелиостатов, обеспечивающих направление отраженных солнечных лучей, с площадью зеркальной поверхности каждого 50 см².

Требования выбора участка и конкретную привязку к нему гелиоэнергоактивного здания в комплексе с другими имеющимися зданиями следует осуществлять с учетом рациональной его удаленности от других объектов. При этом необходимо обеспечить незатеняемость приемных элементов его гелиоустановки рельефом местности, другими зданиями и сооружениями в период работы гелиоустановки или круглосуточно.

Рационально размещать гелиоэнергоактивные здания на открытой горизонтальной площадке, на солнечном склоне или у подножия рельефного образования (естественного или искусственного). В комплексах гелиозданий возможно использование приема полного или частичного расположения энергоактивного гражданского здания на солнечном склоне рельефного образования.

В крупных многофункциональных гелиокомплексах рационально применение генеральных планов следующих функционально-планировочных систем:

линейная с размещением объектов по продольной оси (север — юг) (рис. 5.12);

линейно-поперечная — зоны и объекты располагаются по продольной оси с одним или несколькими смещениями относительно оси с образованием поперечных второстепенных осей;

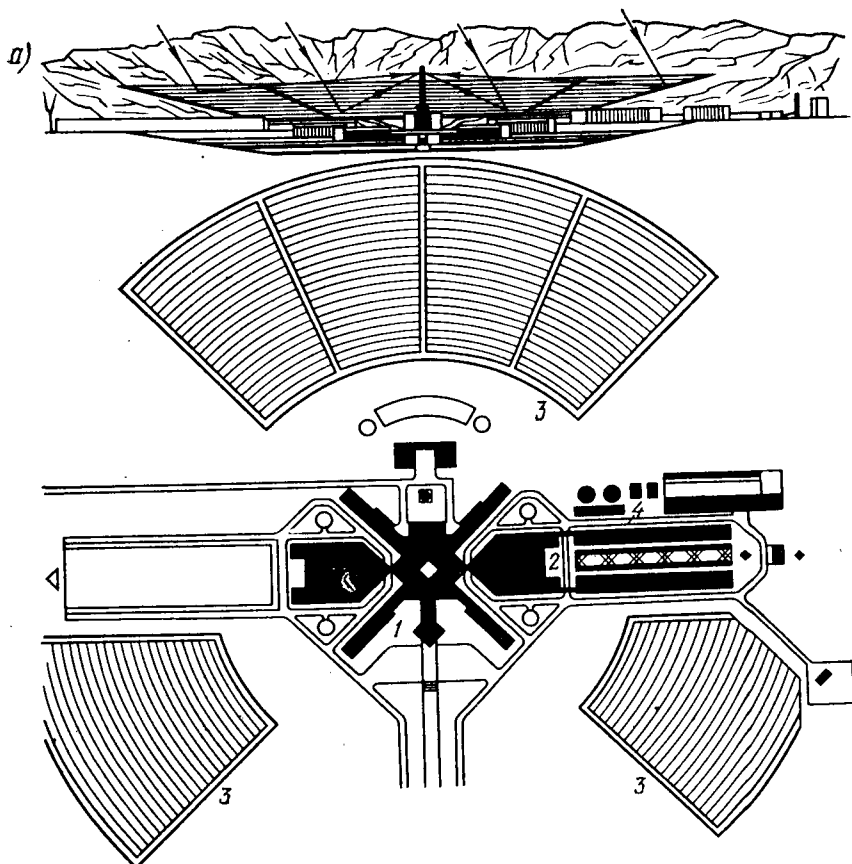


Рис. 5.12. Гелиокомплекс с размещением функциональных зон по продольной оси:

а — генеральный план гелиокомплекса; *б* — разрез по гелиостатному полю; *в* — разрез по концентратору; 1 — главный комплекс; 2 — общественное здание; 3 — гелиостатное поле; 4 — концентратор

центрально-периметрическая — зоны и объекты располагаются вокруг центральной площади, которая является пешеходной и общественной зоной, а транспортная зона — по внешнему периметру;

центрично-фокусированная — зоны и объекты размещаются вокруг открытого пространства с гелиостатным полем.

В решении проектов планировки гелиокомплексов учитывают природно-климатические особенности района, а также возможности формирования среды обитания людей, размещения жилых и общественных зданий социальной инфраструктуры населенных мест.

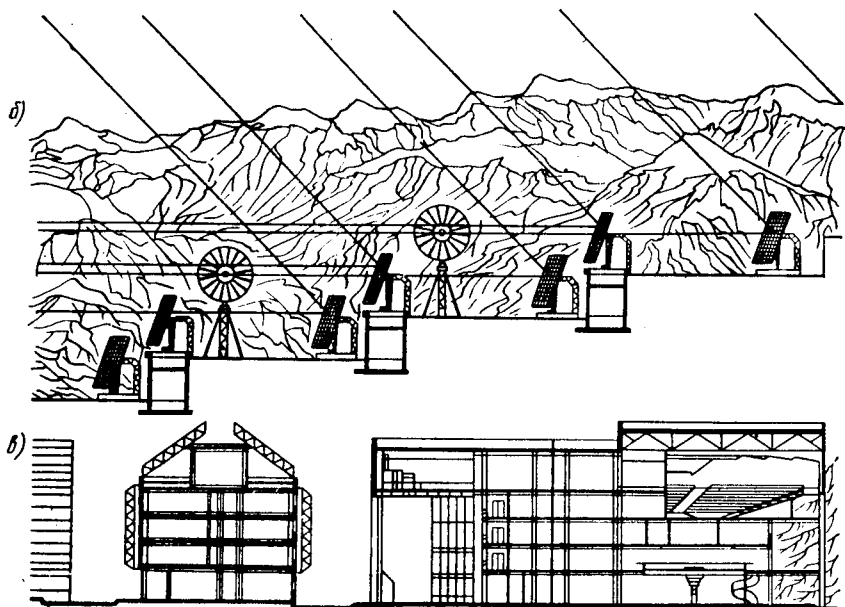


Рис. 5.12. Продолжение.

5.6. Архитектурная композиция в формообразовании гелиоэнергоактивных зданий

Архитектура гелиоэнергоактивных зданий выражает существо гелиотехнических идей, заложенных в решения конструктивных элементов и соответственно определяющих формообразование объемно-пространственной структуры жилых и общественных зданий в соответствии с функциональным процессом, осуществляемым в здании. Специфика определяется расположением и конструкцией гелиотехнических устройств.

Использование солнечной энергии для энергоснабжения гражданских зданий вызывает значительные изменения его объемно-планировочной структуры и внешнего вида — «гелиоархитектуры». Следствием является изменение психологических и социальных установок в отношении к естественным ресурсам земли, разумным способом их потребления и охраны окружающей природной среды.

Формообразование объемно-пространственного решения жилых и общественных зданий с солнечным энергообеспечением обусловлено в активных системах структурой солнечных коллекторов (теплообменников, насосов, датчиков, аккумуляторов и т. д.), элементов пассивных систем (массивных стен, остекленных поверхно-

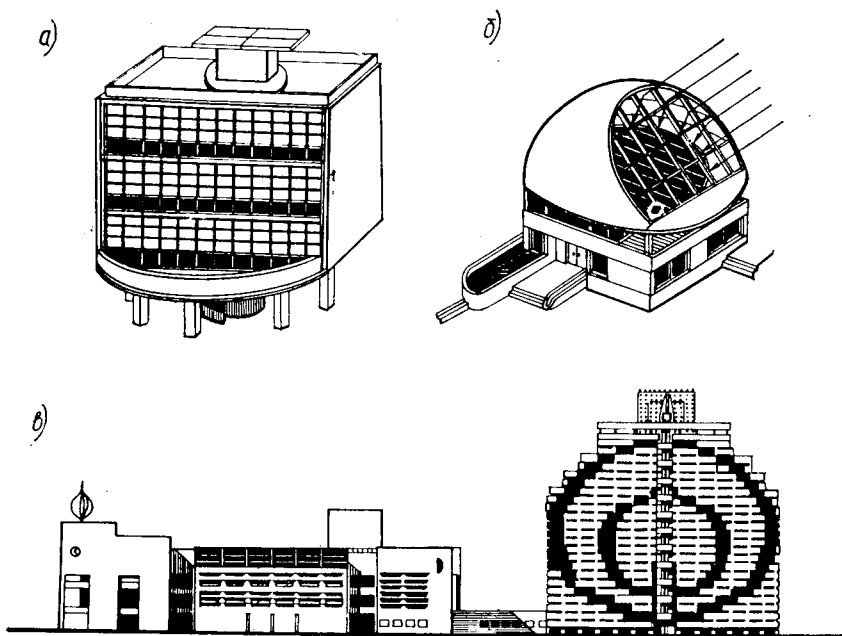


Рис. 5.13. «Архитектурно-композиционные формы энергоактивных гелиоиз-

даний:
а — жилое здание; б — в — общественные здания

стей и др.) и их сочетаний. Например, форма здания с солнечными коллекторами простейшего типа в виде плоского застекленного сверху и теплоизолированного снизу ящика с заложенной в него зачерненной металлической панелью, имеющей клапаны с коллекторами, монтируемыми в структуры большой площади, размещаемые наклонно или вертикально на южном фасаде здания. Такая плоскость в виде асимметричного ската кровли или вертикальной стены придает необычный облик всему сооружению.

Пространственные покрытия, обеспечивающие наилучшие возможности солнечного энергоснабжения гражданских зданий, а также создание естественной вентиляции путем увеличения части помещений (так называемая «солнечная труба») с размещением вентиляционных отверстий как в нижней, так и верхней зонах, создают условия для распространения атриумных и двух световых пространств в зданиях. Организация вертикальных воздушных потоков в гражданских зданиях позволяет создать эффективную систему проветривания и обогрева интерьера практически без специальных технологических устройств.

Одним из важнейших требований к проектированию энергоак-

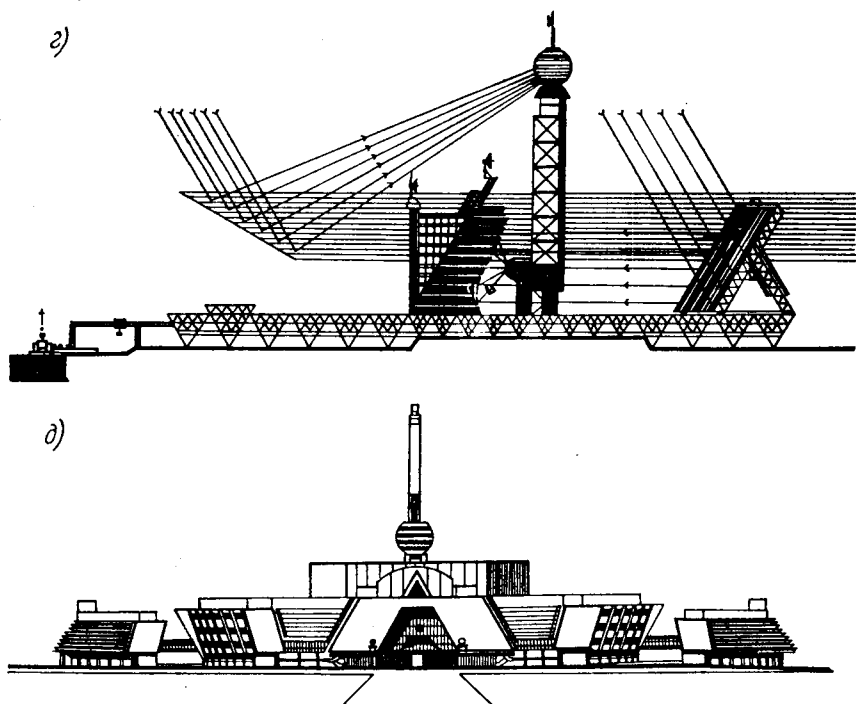


Рис. 5.13. Продолжение

тивных гелиозданий является учет факторов окружающей среды, воздействующих на здание и участвующих в формировании его внешнего объемно-пространственного решения.

Влияние общих требований на проектирование зданий основано на принципе взаимосвязи природного окружения и архитектуры энергоактивных зданий с учетом создания оптимальных экологических и микроклиматических условий среды обитания человека.

Тепловая характеристика здания зависит не только от аккумулируемых свойств его наружных ограждений, но и от структурной формы и размеров здания. Соответствующим формообразованием возможно изменять количество поступления тепла в помещения через ограждения.

Оптимальной является кубическая форма жилых зданий, как сочетающая наибольший объем с наименьшей площадью наружных поверхностей ограждения. Более высокие показатели в отношении сохранения тепла зимой и обеспечения прохлады летом обеспечивают общественные здания полусферической формы или близкие к ней, а также крупные в плане с купольным покрытием.

Исследованиями, проводимыми в нашей стране и за рубежом, установлено, что применение компактных полусферических, усеченных цилиндрических и других подобных форм зданий повышает эффективность гелиосистемы. Традиционные здания параллелепипедной формы с гелиосистемами обеспечивают не более 55... 57% их потребности в энергии.

На архитектурную композицию гражданского гелиоэнергоактивного здания оказывает большое влияние:

введение объема дополнительного автономного коллектора, энергетически связанного со зданием, вынос коллектора за конструктивные габариты здания или размещение его на смежном вспомогательном объекте малых архитектурных форм (беседок, теневого навесе);

введение следящего за Солнцем коллектора;

вращение здания в режиме слежения за Солнцем;

введение внешних и внутренних отражателей, увеличивающих энергоактивность светопроемов и коллекторов солнечной энергии. При этом возможно применение отражателей на трансформируемых элементах здания (защитных створок на окнах, фонарях) в системе коллекторов солнечной энергии, устройство направленных отражателей на смежных зданиях.

Интеграция вышеперечисленных приемов создает большие возможности для повышения архитектурной выразительности гелиозданий.

На рис. 5.13 приведены примеры архитектурно-пространственных решений, представляющих новое направление гелиоархитектуры. При этом целесообразен учет основных категорий, видов, средств и свойств архитектурной композиции: тектоники, масштаба и масштабности, пропорций и пропорционирования, цвета, ритма, теней и пластики, симметрии и асимметрии, динамичности и статичности, нюанса и контраста и т. п.

Вопросы для самопроверки

1. Расскажите о классификации типов жилых и общественных гелиозданий.
2. Перечислите требования проектирования объемно-планировочной структуры энергоактивного гелиоздания.
3. Каковы пассивные средства сбора солнечной энергии малоэтажных гражданских зданий?
4. Какие типы гелиозданий по способу взаимосвязи гелиосистемы с объемно-планировочной структурой дома вы знаете?
5. Каковы приемы размещения коллекторов в объемно-пространственной структуре зданий?
6. Как учитывают природно-климатические условия различных строительного-климатических районов в проектировании гелиозданий?
7. Что вам известно о проектировании гелиокомплексов жилых и общественных зданий?

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЭЛЕМЕНТОВ ЭНЕРГОАКТИВНЫХ ЗДАНИЙ**

*В данной главе даны общие требования конструирования ге-
лиоэнергоактивных жилых и общественных зданий. Приведе-
ны сведения о конструировании энергоактивных ограждаю-
щих конструкций: стен, покрытий (чердачных, плоских, про-
странственных), аккумулирующих солнечную энергию. Под-
робно рассмотрены вопросы конструирования оконных прое-
мов с остеклением. Освещены материалы отечественной и за-
рубежной практики проектирования и строительства.*

**6.1. Общие требования к конструированию
энергоактивных зданий**

Проектирование конструктивных элементов энергоактивных зданий осуществляют с учетом обеспечения эффективного улавливания, преобразования и передачи в энергосистему (внутреннюю или внешнюю) энергии возобновляемых источников (солнца, ветра, гидро- и геотермальная, биохимическая и т. п.).

Для повышения энергетической экономичности экологического комфорта конструктивные элементы совмещают с конструктивными элементами энергетической установки или придают дополнительные энергетические функции (направленное обращение солнечной энергии экраном диффузора, водноэнергетической установ- ки и др.).

Рациональное использование солнечной энергии — общедоступного, практически неисчерпаемого экологически чистого источника теплоснабжения гражданских зданий, обеспечивает снижение стоимости отопления зданий, осуществляемого в течение веков посредством огня камина, печей, а затем систем отопления. Оно определяется комплексом мероприятий, учитываемых в проектировании: структурой остова и конструктивно-планировочных элементов здания, параметрами микроклимата помещений, типами систем энергоснабжения.

В структуре гражданских зданий термические сопротивление, мощность и отражение — три основных свойства светонепроницаемого остова здания, определяющих требования необходимого комфорта и эффективность потребления энергии зданием. Весьма важным резервом является также рациональное решение планировки и интерьера здания, а также конструктивных решений стен и покрытий.

6.2. Элементы энергоактивных жилых и общественных зданий

Конструирование ограждений. Основная цель конструирования — повышение степени энергоактивности ограждений. Для этого наряду с требованием увеличения прочности повышают теплозащитные свойства ограждений и осуществляют устройство солнечных коллекторов.

Для повышения теплозащитных свойств ограждений используется эффективная теплоизоляция (плитная, рулонная, сыпучая), организация воздушных прослоек (с их экранированием, герметизация и сквозное проветривание), введение в ограждение массивного теплоинерционного слоя (воды, грунта, камня), внешнее экранирование ограждения, применение насыпного защитного слоя из гравия и других материалов, введение вакуумированных элементов в ограждение, нанесение на ограждение или размещение между его частями растительного слоя для повышения защитных свойств грунта. Для осуществления регулирования термического сопротивления и теплопередачи в ограждениях целесообразно использовать инженерные решения антистатической защиты конструкций в целях сохранения их прозрачности и других качеств, основанных на электромагнитных и подобных свойствах силовых полей.

Ограждающие конструкции гелиоэнергоактивных зданий проектируют применительно к двум основным системам солнечного энергоснабжения — активным и пассивным. Большинство конструкций пассивных систем регулируются потребителем; при неправильной регулировке системы она не обеспечит качественное выполнение функций. Например, в определенное время закрывают или открывают теплоизолирующие стенки, вентиляционные клапаны, включают или выключают насосы и т. п.

Соответствующая установка термостата топливного дублера значительно увеличивает или уменьшает дополнительный расход энергии.

В активных солнечных системах площадь коллектора должна составлять 30...50% площади пола отапливаемого помещения. В ряде случаев целесообразно сочетание приемов активных и пассивных систем при конструировании ограждений.

Стены. Стеновые ограждения гражданских зданий систем пассивного солнечного энергоснабжения.

Стена массивная (Тромба — Мишеля) выполняется из камня, бетона или кирпича с темной поглощающей поверхностью; снаружи облицована слоем стекла; в местности с холодным климатом применяют двойное остекление наружной поверхности стены. В толще стены для входа и выхода воздуха расположены продухи (отверстия) около уровня пола и потолка. Они могут иметь

регулируемые клапаны для регулирования конвективных потоков зимой и летом. Отсутствие отверстий делает стену неконвективной. Стена является аккумулятором тепла солнечной радиации и выполняет роль поглотителя тепла.

Конструкция массивной стены и ее модификации получили широкое применение в пассивных солнечных системах энергоснабжения зданий в нашей стране и за рубежом.

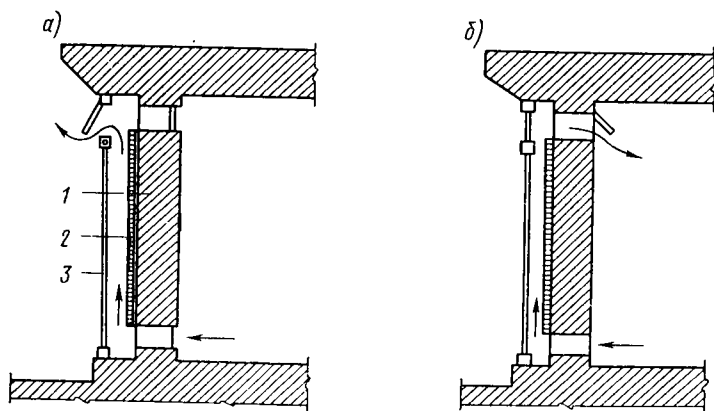


Рис. 6.1. Схема конструкции стены (по проекту Ф. Тромба)
а, б — в летнее и зимнее время соответственно; 1 — массивная стена; 2 — зачерненная поверхность; 3 — стекло

На рис. 6.1 приведена схема варианта стены, предложенной Ф. Тромбом. Массивная часть стены из бетона толщиной 350 мм окрашена темной краской, имеет экран из стекла, расположенный на некотором расстоянии от стены. Летом воздушная прослойка сообщается с наружным воздухом, охлаждая стену, а зимой — с воздухом помещения, нагревая его. Экономия тепла до 50%.

Стена инсолируемого объема. Известна в наиболее распространенном варианте — конструкции оранжереи. Фактически она является вариантом вышерассмотренной «массивной стены», где расстояние между стеклом и стеной 100...120 мм увеличено до 2 м.

В качестве инсолируемого пространства возможно использовать любое помещение с большими температурными колебаниями, чем в жилых помещениях (остекленные крыльцо, веранда, фойе и др.). В целях регулирования температуры в инсолируемом объеме, которая может быть очень высокой днем, а ночью снижаться практически до уровня температуры наружного воздуха, целесообразно размещение дополнительного аккумулятора теплоты — емкостей с водой.

Для снижения теплопотерь необходимо, чтобы двери и вентиляционные продухи были тщательно закрыты; в ночное время це-

лесообразно использование подвижных штор с наружной стороны остекления.

Стена водонаполненная. Имеет наиболее высокую теплоемкость по сравнению с другими материалами, поэтому целесообразно ее использование в качестве теплоаккумулирующей среды.

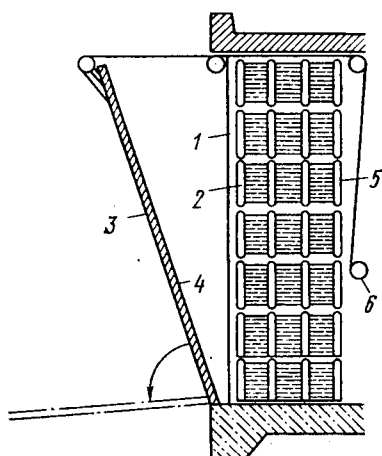


Рис. 6.2. Схема стены с цилиндрическими емкостями с подвижными изолирующими ставнями: 1 — стекло; 2 — зачерненная поверхность; 3 — ставни; 4 — поверхность, отражающая солнечные лучи; 5 — цилиндрические емкости с водой; 6 — ручная лебедка

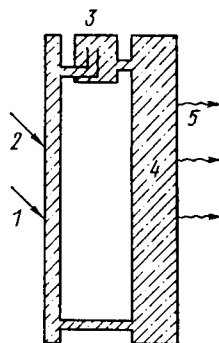


Рис. 6.3. Схема конструкции стены системы «термический диод»:

1 — внешняя панель солнечного коллектора; 2 — солнечная радиация; 3 — перепускной нефтяной клапан одностороннего действия; 4 — теплоаккумулирующая панель; 5 — излучение в помещение

Для сохранения одинакового количества теплоты воды потребуются в 4 раза меньше по сравнению с бетоном. На практике широко применяются рифленые трубы, образующие цилиндры высотой 4,2 м, бочки, установленные на прямоугольной стальной раме, вертикальные контейнеры, покрытые пластиком. Между водными контейнерами оставляют промежутки в плоскости стены, пропускающие солнечный свет и теплоту в помещения. Пример стены с цилиндрическими емкостями приведен на рис. 6.2 (зарубежный опыт).

Термический диод (США) является вариантом водонаполненной стены, состоит из двух контейнеров с водой, разделенных слоем теплоизоляции (рис. 6.3) и сообщенных друг с другом трубчатым каналом сверху и внизу. Термодиод образует стеновую панель шириной 9000 мм, высотой 24 000 мм аналогично гелиоприемнику обычного плоского солнечного коллектора. Панель может

быть покрыта одинарным или двойным остеклением. Вода в наружной панели, нагреваясь за счет солнечной радиации, поднимается вверх и проходит во внутренний контейнер через верхний сообщающий их канал. Выход более холодной воды из внутреннего контейнера толщиной 250 мм осуществляется через нижний соединительный канал.

Стеновые ограждения гражданских зданий с активными системами солнечного энергоснабжения проектируют с применением солнечных коллекторов, конструкции которых рассмотрены в гл. 1 (см. рис. 1.11, 1.12). Особенно целесообразно использование коллекторов с изогнутой поверхностью концентратора (рис. 6.4).

Эффективно применение панелей плоских солнечных коллекторов с водяным или воздушным теплоносителем площадью 3... 5 м² каждая (рис. 6.5). Использование панелей целесообразно в конструкциях стеновых ограждений, а также покрытий энергоактивных зданий.

Покрытия. В конструкциях покрытий энергоактивных зданий получили распространение чердачные (скатные) и плоские крыши, а также пространственные решения.

В чердачном покрытии стропильной конструкции в качестве солнечного коллектора используется чердак. Скаты выполняют из стекла. На остекленной крыше для уменьшения теплопотерь целесообразно использовать теплоизолированные вставки.

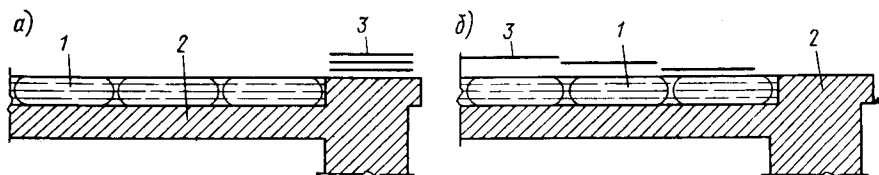


Рис. 6.6. Водоналивная крыша с коллектором системы «Скайтерм»:

а — в зимнее время днем или в летнее ночью; б — в летнее время днем или в зимнее ночью; 1 — водозаполненные маты; 2 — сдвигаемые теплоизолирующие экраны-панели; 3 — потолок

Водоналивные крыши (рис. 6.6) целесообразно устраивать для домов с плоским покрытием. Слой воды толщиной около 220 мм в баллонах из зачерненного пластика располагают поверх металлического настила. Защита баллонов с водой осуществляется теплоизолированными трансформируемыми экранами скользящего типа. Эта система, установленная первоначально в доме «Скайтерм», построенном в Калифорнии работает следующим образом. Зимой днем солнце нагревает воду (щиты сдвинуты); с заходом солнца экраны для сохранения теплоты возвращают в исходное положение. Теплота, накопленная в воде обогревает по-

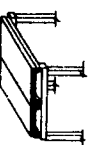
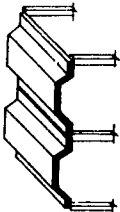
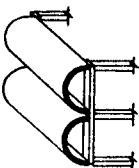
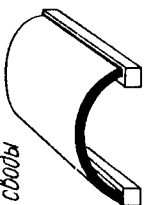
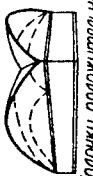
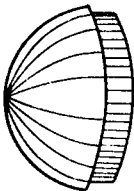
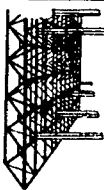
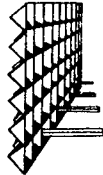
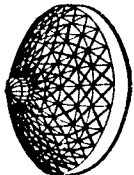
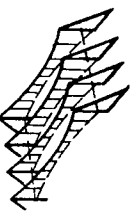
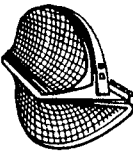
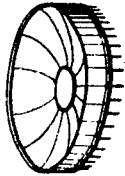
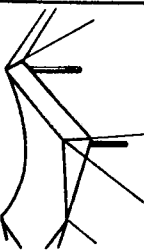
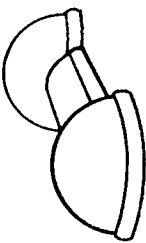
КЛАССИФИКАЦИЯ И ФОРМЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ					
1. Конструкции "на пролет"	2. Жесткие оболочки	3. Системы регулярной структуры	4. Висячие системы	5. Трансформируемые покрытия	
плиты - настилы  складки  цилиндрические оболочки  своды 	крестовые своды  оболочки положительной кривизны  зонтичные оболочки  купола  оболочки отрицательной кривизны 	структурные плиты стержневые  структурные плиты пластинчатые  сетчатые купола 	подвесные конструкции  фермы из просов  конструкции с жесткими вантами  мембраны 	тентовые конструкции  пневматические конструкции 	

Рис. 6.7. Типы пространственных покрытий

мещения. Металлический потолок обеспечивает радиационное и конвективное охлаждение помещений. Возможен вариант крыши с остеклением одного ската. Горизонтальная конструкция аналогична основному решению водоналивной крыши, т. е. металлический настил, покрытый баллонами с водой.

Покрытие с теплоизолированным экраном, плавающим в контейнере. Экран всплывает вверх, а во время работы насоса на верхнюю поверхность экрана, нагретую солнцем, подается тонкий слой воды и щит опускается вниз. Верхний тонкий слой воды нагревается и перетекает под изоляцию. Указанный коллектор может быть сверху защищен остеклением. При этом верх теплоизолированного экрана зачерняют или выполняют металлическим.

Пространственные покрытия создают условия для образования сообщающихся с коллекторами замкнутых плоскостей, где может циркулировать тот или иной теплоноситель. Среди них наиболее эффективны для энергоактивных зданий волнистые своды, складки, мембраны, стержневые, пластинчато-стержневые и другие конструкции (рис. 6.7).

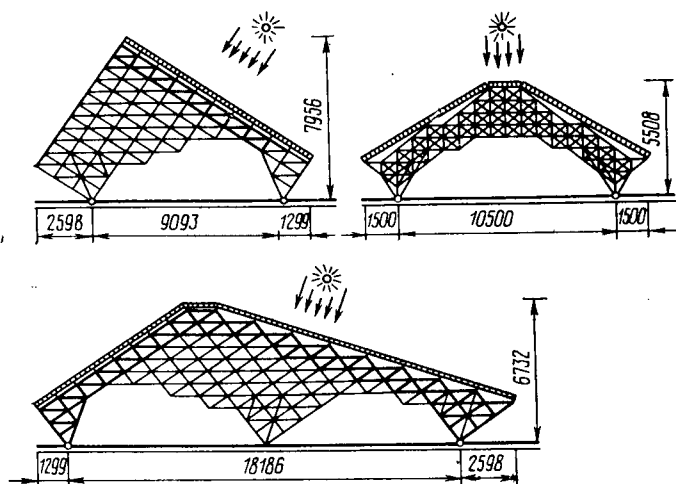


Рис. 6.8. Перекрестно-стержневые конструкции покрытий общественных зданий

Геометрия пространственной конструкции влияет на тип теплоносителя и характер его циркуляции в гелиосистеме. Например, для плоских сводов в качестве теплоносителя используется вода, а при больших перепадах отметок пяты и замка — воздух.

На рис. 6.8 представлены энергосберегающие пространственные конструкции для применения их в объектах общественных

зданий (спортивных и торговых залах, плавательных бассейнах и др.) с пролетами от 12 до 100 м.

Пространственные конструкции покрытий создают условия для экономии энергии: на горячее водоснабжение (нагрев воды в гелиоколлекторах, размещаемых в конструкции покрытия); на вентиляцию (двойная оболочка с воздушной прослойкой-конвектором); на освещение (верхний свет).

В зависимости от географического размещения здания, функционального назначения и принятой конструктивной схемы энергосберегающие пространственные приемы обеспечивают экономию энергозатрат от 30 до 60%. Применение пространственных конструкций в большинстве случаев ведет к уменьшению отопляемого объема здания по сравнению с использованием стоечно-балочной каркасной системы, т. е. осуществляется экономия энергии.

Оконные проемы и остекление. Для повышения количества тепла солнечной радиации помимо рациональной ориентации здания, времени года, суток и т. п. большое значение приобретают теплотехнические и геометрические качества светопропускаемых ограждений гражданских зданий: оконных проемов, витражей в помещениях, веранд, фонарей верхнего света.

Теплопрозрачность стекла прямо пропорциональна углу падения солнечных лучей. Наибольшее количество тепла солнечной радиации поступает в помещение через светопропускаемые ограждения при перпендикулярном падении солнечных лучей на плоскость стекла, что происходит при низком стоянии солнца, т. е. в холодный период года. Для увеличения поступления тепла от солнечной радиации рационально расположение сплошного, в том числе ленточного, остекления в верхней зоне стены в помещениях с южной ориентацией.

Уменьшение затрат тепла на отопление, а в ряде случаев осуществление отопления только за счет тепла солнечной радиации возможно обеспечить путем применения изолируемых экранов как перед световыми проемами, так и перед светонепроницаемыми ограждениями.

Правильно ориентированный гелиоприемник — оконный проем — является основной частью пассивной гелиосистемы с прямым солнечным обогревом. Для достижения «парникового эффекта», который принят в основу большинства систем солнечных коллекторов, окно в северном полушарии ориентируют на юг, а в южном полушарии — на север.

Выбор конструкции и типов окон зависит от ряда факторов: типа участка (ориентация, топография, рельеф, озеленение, характеризующий его микроклимат); формы и структуры здания; степени использования зимней радиации и естественного освещения; типа остекления. Так, микроклимат участка и размещение здания с учетом стран света влияют на характер естественного освещения комнат различной глубины и пропорций. Площадь окон, ориента-

дия, затенение дома тесно связаны с планировкой участка застройки. Тень может быть организована от экранов элементов фасадов и деревьев для нейтрализации солнечной радиации летом.

Прямое солнечное облучение при умелом его использовании значительно снижает затраты на отопление в зимний период. Окна получают энергию солнца, однако имеют и потери тепла. Баланс получения и потерь тепла в течение отопительного сезона в

Таблица 6.1. Характеристика остекления оконных проемов

Тип остекления	Величина коэффициента светопропускания в зависимости от ориентации		
	северная ориентация	ВЗ	Ю
Одинарное	4,5	3,6	2,6
Двойное	2,0	1,2	0,5
Двойное+покрытие спецсоставом	1,1	0,5	0
То же+заполнение газом	0,7	0,2	-1,0
Тройное	1,1	0,5	0
Тройное+покрытие спецсоставом	0,7	0	-0,5
То же+заполнение газом	0,3	-0,2	-0,9

окнах, обращенных на юг, может быть большим по поступлению тепла в помещение, чем по величине потерь. Это достигается следующими мероприятиями: ориентацией здания на участке в южном направлении; рациональной площадью оконных проемов; наличием или отсутствием ставень, жалюзи, козырьков, балконов; приемами контроля и подсчета солнечной энергии; активным применением термостатов; соблюдением нормативных требований инженерного обеспечения зданий (отопление, вентиляция, термическая изоляция, естественное освещение).

При остеклении светопроемов необходимо: применение увеличенных поверхностей сложного многоэлементного остекления; нанесение специального слоя для улучшения термической эффективности остекления; использование жалюзи и штор в интерьере, отражающих козырьков снаружи здания.

Для повышения тепловой эффективности целесообразна замена одинарного остекления многослойным, т. е. с двойным и тройным остеклением (стеклопакетов).

Покрывание специальным составом поверхностей окон с целью повышения коэффициента излучения, уплотнения и герметизация стыков элементов окон; заполнение пространства между остеклением специальным газом (менее теплопроводным, чем воздух) способствуют повышению эффекта энергоснабжения зданий.

Принимая тип остекления, следует согласовывать его с глубиной и пропорциями помещений, учитывая, что степень освещенности помещений уменьшается при увеличении слоев остекления (рис. 6.9, табл. 6.1).

Данные о соотношении степени облучения и материала оконных переплетов приведены в табл. 6.2.

Оконные рамы и переплеты (каркас окон) по термической характеристике оконного каркаса различаются типом и строительными материалами конструктивного решения, количест-

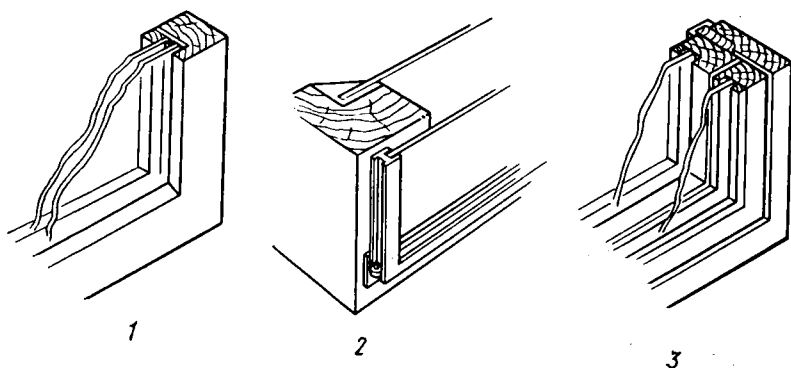


Рис. 6.9. Типы остекления зданий:
1 — одинарное; 2 — двойное; 3 — тройное

вом открывающихся створок и качеством уплотнений, обеспечивающих герметизацию. Каркас может включать «термический барьер» между элементами окна, соприкасающимися с теплым воздухом комнат и холодным наружным воздухом. Уменьшение инфильтрации окон может быть достигнуто увеличением слоев остекления в северных и центральных районах, а также применением в проекте меньшего количества переплетов. Достаточно наличие двух полос: одна — вокруг основной рамы и другая — по переплету. Долговечность эксплуатации оконной рамы с заполнением при соответствии элементов требованиям стандартов составляет 20 лет.

Эффективность объема оконного блока зависит от ориентации окна, температуры, поддерживаемой в помещении за счет солнечного облучения и степени протяженности оконного пространства.

Рассмотрим примеры рациональных решений энергоактивных оконных блоков. Интересен принцип устройства окон из элементов алюминиевого сплава, обеспечивающих дополнительный обогрев или проветривание помещения в зависимости от условий окружающей среды. В ее основе лежат физические принципы «эф-

фекта теплицы» и «эффекта дымовой трубы». Расположенные между переплетами венецианские жалюзи опущены на половину высоты. Поэтому для обеспечения необходимого освещения в помещении такое окно должно иметь площадь на 20% более обычного окна.

Таблица 6.2. Степень облучения оконных проемов в зависимости от материала переплетов

Материал оконного переплета	Степень облучения при остеклении			
	одинарном		двойном	
	и ориентации			
	Ю	С	Ю	С
Дерево	4,7	5,3	2,8	3
	4,5	5,0	2,7	2
	4,2	4,7	2,7	2
Алюминий	5,3	6,0	3,3	3
	5,6	6,4	3,9	4
Алюминий с термоизоляцией	5,1	5,7	3,1	3
	5,2	5,8	3,4	3
	5,2	5,8	3,7	4

На рис. 6.10 приведена схема вертикального разреза опытного образца энергоактивного окна (ТбилЗНИИЭП) с наружным глухим переплетом, где может быть установлен стеклопакет. Внутренний переплет образует прозрачное дно коллектора и открывается для ухода за конструкцией. В полости между остеклением расположены венецианские жалюзи, используемые для улав-

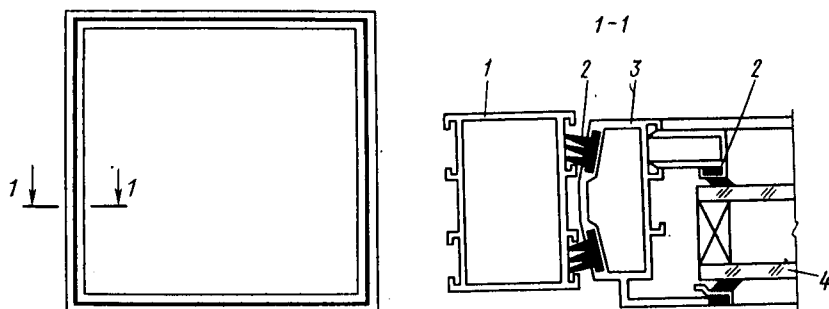


Рис. 6.10. Схема конструкции оконного блока:

1, 4 — обвязка коробки и створки, 2 — уплотняющая профилированная резина, 3 — стеклопакет (отражающее или поглощающее стекло)

ливания солнечной энергии стороной, имеющей матовое покрытие темного цвета или для отражения солнечных лучей другой стороной с отражающей поверхностью. Положение пластин по отношению к солнцу регулируются в зависимости от необходимости

улавливания или отражения солнечной энергии. В верхней и нижней частях окна устроена соответствующая изоляция и предусмотрены по две задвижки с фильтрами для притока и по две задвижки для выхода воздуха. Окно функционирует как кондиционер на основе солнечной энергии и обладает хорошей звукоизоляционной способностью.

Когда жалюзи полностью опущены и ориентированы отражающей поверхностью в сторону солнечной радиации, все тепло в помещение не поступает. Между остеклением возникает легкий восходящий поток воздуха, который выводится наружу. При этом предотвращается чрезмерный нагрев жалюзи, а часть тепла через внутреннее стекло передается внутрь помещения. Когда жалюзи обращены в сторону солнечной радиации темной стороной, под влиянием нагрева образуется сильный конвективный восходящий поток воздуха между остеклением, который можно использовать для обогрева помещения (рис. 6.11; 6.12).

В зависимости от необходимости большего или меньшего освещения помещения, его обогрева или охлаждения можно отражать или улавливать солнечную радиацию, комбинируя положение по высоте и ориентацию пластин жалюзи, положение верхних и нижних задвижек. Окна с жалюзи обеспечивают циркуляцию воздуха для обогрева помещений зимой; циркуляцию воздуха для вентиляции зимой и летом.

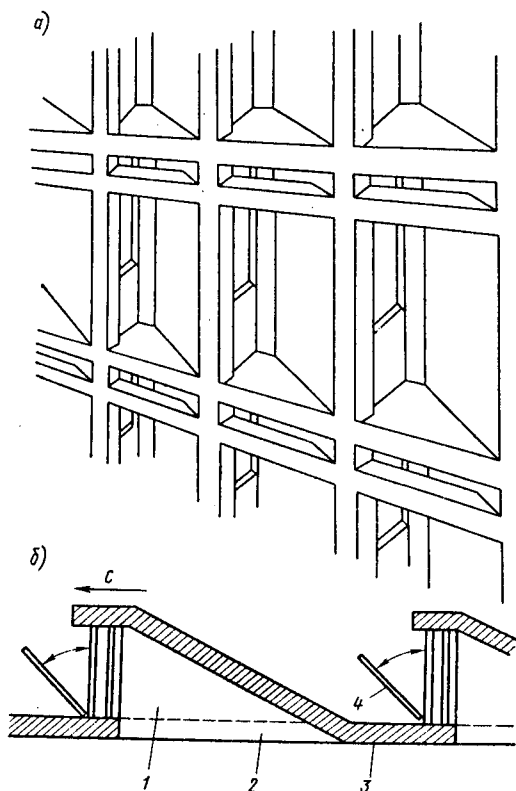


Рис. 6.11. Схема остекления здания южной ориентации:

а — фасад; б — план; 1 — верхний экран; 2 — выступ здания; 3 — наружная стена; 4 — штора, регулирующая тепловой поток

Поскольку в рассматриваемых типах окон значительно снижена теплопередача по сравнению с обычными, температура на поверхности внутреннего стекла мало отличается от температуры поверхности стен и воздуха в помещении, что способствует созданию благоприятного микроклимата. Кроме того, через окно в помещение подается только отфильтрованный воздух.

Описанная конструкция окна найдет широкое применение для ленточного остекления зданий.

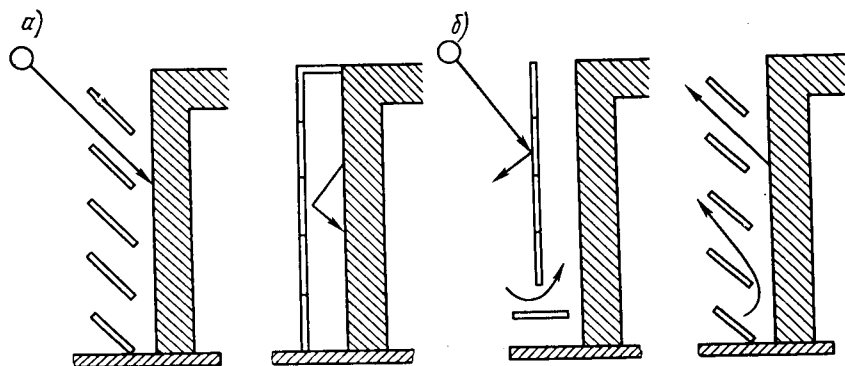


Рис. 6.12. Принцип действия системы штор:
а — зимой и летом в дневные часы; б — зимой и летом в ночные часы

В полости между остеклением может быть помещен обычный или отопительный прибор, предназначенный для выполнения двух функций: нагревать некоторое количество воздуха до определенной температуры и обеспечивать при необходимости дополнительное количество тепла. Интенсивность действия окна как обогревательного прибора может изменяться в зависимости от окружающих условий. Типы штор для защиты оконных проемов даны на рис. 6.13.

Теоретические и экспериментальные исследования по использованию солнечной энергии пассивными системами показали большие возможности применения в строительстве специальных стекол для остекления зданий: в качестве солнцезащиты с целью повышения контрастности предметов, снижения расхода тепла на отопление, повышения эффективности работы установок кондиционирования.

Эффективное использование оконных блоков со специальным стеклом для регулирования теплового режима окон и помещений может значительно уменьшить поступление тепла в летний период эксплуатации, а также снизить теплотери из помещений зимой.

Анализ исследований теплового режима помещений, остекленных специальным строительным стеклом, показал высокую эффективность их использования в двойном остеклении, если в летний период теплоизоляционное остекление расположено с наружной стороны (пленкой внутрь межстекольного пространства), а в зимний — с внутренней.

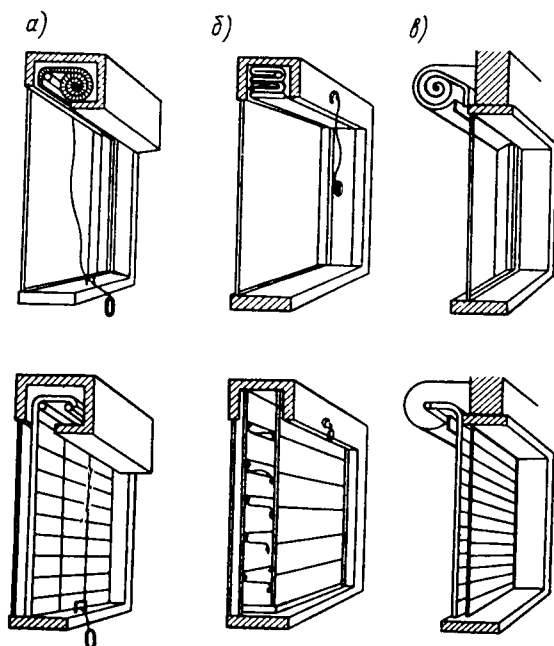


Рис. 6.13. Типы штор для защиты оконных проемов:

а — внутренние рулонные; *б* — внутренние складчатые;
в — внешние рулонные

Проведен расчет экономической эффективности оконных блоков со специальными строительными стеклами отечественного производства.

В массовом гражданском строительстве, исходя из требований светоактивности и архитектуры интерьеров, нельзя уменьшить размеры светопроемов. При большой глубине помещений необходимо максимальное остекление. Обеспечению минимальных теплопотерь содействует применение прогрессивной системы совмещенного освещения за счет бокового и верхнего освещения, а также усиления освещаемости отраженным светом; при этом возможно значительно сократить площадь остекления фасадов.

Солнцезащитное экранирование зданий. Универсальная система солнцезащитного экранирования зданий применяется для защи-

ты жилых, общественных и других видов зданий от перегрева в поле солнечной радиации в районах с повышенной инсоляцией и высокими летними температурами, а также для преобразования солнечной энергии в электрическую, тепловую и др.

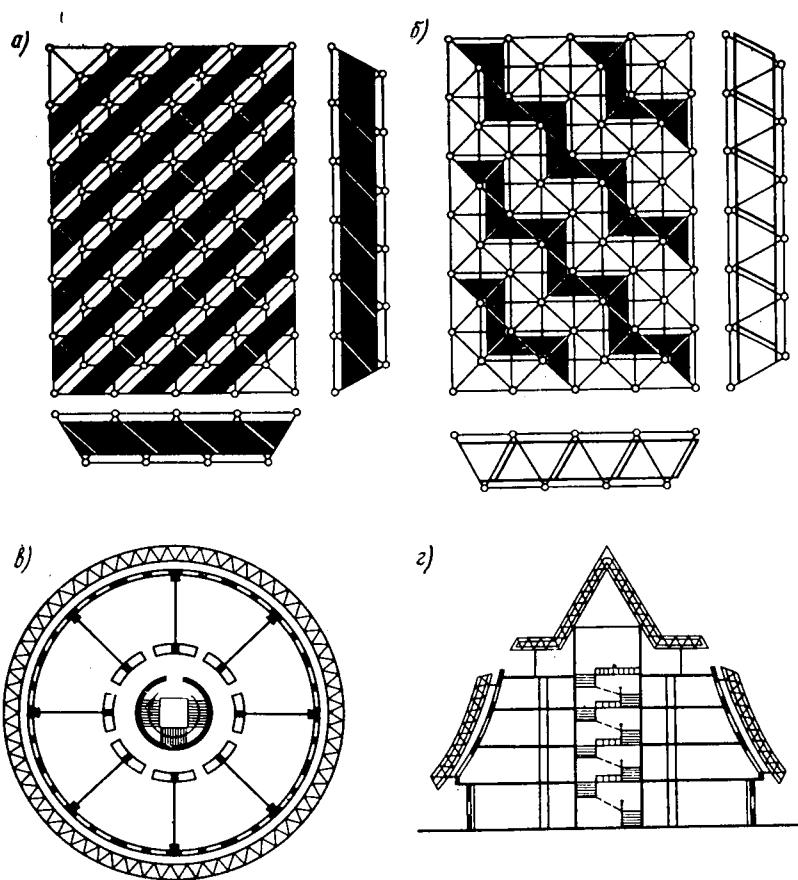


Рис. 6.14. Универсальная система солнцезащитного экранирования:

а — солнцезащита юго-западных и юго-восточных фасадов с диагональными наклонными экранами; *б* — солнцезащита для всех ориентаций зданий с диагонально-ломаными экранами; *в* — солнцезащита круглого в плане здания; *г* — вариант солнцезащиты здания сложного профиля

Система солнцезащитного экранирования состоит из несущей конструкции, образуемой пространственными блоками, стержни которых образуют структуру с прикрепленными к ней экранами в виде панелей (рис. 6.14). Панели выполнены в виде пространственной перекрестно-стержневой решетки, закрепленной на расстоянии от ограждающих конструкций здания, что содействует

созданию вертикального потока воздуха между солнцезащитным устройством и зданием. Конструкция устройства выполнена из легких сплавов или металлов (алюминия, металлопласта, асбестоцемента и др.).

Солнцезащитные панели экранов, установленные под углом 90° (или менее) к поверхности ограждения, отражают 80% солнечной радиации, падающей на поверхность экранов. В зависимости от условий инсоляции экраны располагаются вертикально (ориентация здания на З или В), горизонтально (ориентация на Ю), комбинированно (ориентация на ЮЗ или ЮВ).

Внутренняя решетка структуры блоков осуществлена с постоянным шагом узлов и параллельным расположением одноименных элементов в пределах блока. Изменение в направлении вдоль одной из плоских решеток структуры создает варианты элементов: диагональных, горизонтальных или ориентированных по высоте пояса.

Панели экранов могут быть снабжены солнечными батареями с фотоэлектрическими или другими преобразователями лучистой энергии. Возможна также организация пространственных вариантов в виде многогранников. Таким образом достигается также многовариантное решение фасадов гражданских зданий.

Классификация солнцезащитных и светорегулирующих средств гражданских зданий приведены в прилож. 2.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы требования конструирования энергоактивных гелиозданий? 2. Расскажите о приемах решения конструкций энергоактивных ограждений стен. 3. Как устроен солнечный коллектор? 4. Как проектируют плоские и скатные энергоактивные покрытия гелиозданий? 5. Какова область применения пространственных покрытий в проектировании энергоактивных гелиозданий? 6. Назовите требования конструирования оконных проемов энергоактивных жилых и общественных зданий.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ЭНЕРГОАКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЗДАНИЙ

В данной главе освещается эффективное использование комплексных интегральных систем теплоснабжения зданий, сочетающих энергию, полученную от использования солнца, ветра, биомассы и других возобновляемых природных энергоисточников. Характеризуются требования архитектурно-строительного проектирования ветроэнергоактивных гражданских зданий, а также энергоактивных зданий с использованием низкопотенциальной тепловой геотермальной и гидротермальной энергий. Даны общие сведения по применению биоэнергоактивных зданий.

Большой эффект для энергоснабжения гражданских зданий в использовании возобновляемых природных энергоисточников дает применение интегральных систем теплоснабжения, сочетающих энергию, полученную от использования солнца, ветра, биомассы, а в ряде случаев энергии геотермальной и гидротермальной.

Примером комплексного использования нетрадиционных возобновляемых источников за рубежом является энергетически автономное здание одного из подразделений Олденбургского университета. Энергетические потребности полностью удовлетворяются в этом случае применением комплекса преобразующих источников — интегральных энергоактивных систем. Солнечные коллекторы вместе с резервуаром-аккумулятором получают солнечную энергию для отопления, кондиционирования и бытового горячего водоснабжения; солнечное излучение превращается в электроэнергию на основе применения кремниевых ячеек в методе фотоэлектрического генератора; энергия ветра превращается посредством энергопреобразователя в электрическую энергию; биомасса преобразуется в спирт или газ для приведения в действие двигателя электрогенератора.

Рассмотрим основные особенности архитектурно-строительного проектирования гражданских жилых и общественных зданий с применением новых нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

7.1. Ветроэнергоактивные здания

Возобновляемый источник энергии — ветер во взаимодействии со зданием является производной от солнечной энергии; перемещение воздушной массы в приземном слое имеет кинетическую и тепловую энергии. Наибольшие ветроэнергетические возможности имеются в районах Белоруссии, Нижнего Поволжья и Дона, юга

Западной Сибири, побережья Каспийского и Черного морей, северного Казахстана.

При расчете ветрового потока следует учитывать, что наибольшая мощность ветра имеется в осенний и зимний периоды, когда потенциал солнечной энергии убывает. Площадь сечения воздушного потока соответственно той или иной скорости ветра определяет количество получаемой энергии.

При выборе месторасположения ветроэнергетических установок учитывают розу ветров, построение которой в виде диаграммы характеризует преобладающее направление и силу ветра в данном районе.

Пример построения розы повторяемости и силы ветров, длины лучей которой соответствует величине средней скорости ветра (м/с) в указанном направлении, а также проценту его повторяемости в течение года, приведен на рис. 7.1.

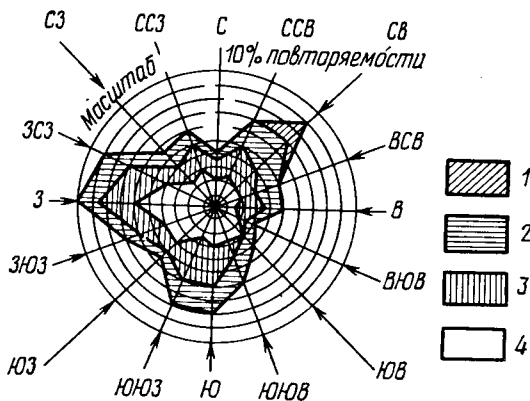


Рис. 7.1. Пример построения розы повторяемости и силы ветров:

1 — шторм $v > 18$ м/с; 2 — сильный ветер $18 > v > 10$ м/с; 3 — средний ветер; 4 — слабый ветер $5 > v > 0,5$ м/с

Выбор площадки для ветроэнергетической установки осуществляется с учетом возможности использования развитой скорости ветрового потока, поэтому учет топографических особенностей местности приобретает решающее значение; площадка должна быть ровной без препятствий — деревьев, скал, холмов с крутыми склонами и др. При этом следует иметь в виду, что скорость ветра для ветроагрегатов должна составлять не менее 3 м/с на уровне до 1,5 м от земли, а на высоте около 10 м — на 15... 20% более.

Комплекс ветроэнергетической установки включает в себя следующие элементы: *ветродвигатель*, преобразующий ветровую энергию в электрическую или механическую с вертикальной и горизонтальной осями вращения ветрового колеса, устанавливаемого на опорных каркасных конструкциях в виде мачты, трубы, столба с подкосами или растяжками, закрепленных в фундаменте; *преобразователь механической энергии*, применяющийся в виде компрессора, энергогенератора или гидронасоса с частотой вращения, большей, чем ротора ветродвигателя; *аккумулятор*, используемый для сохранения энергии преимущественно в безветренный период. В целях снижения стоимости аккумулировать ветровую энергию

возможно помимо электроаккумуляторов также в газгольдерах, пневмокомпрессорных установках и т. п.

Преобразование ветровой энергии целесообразно осуществлять с применением автоматизированных систем.

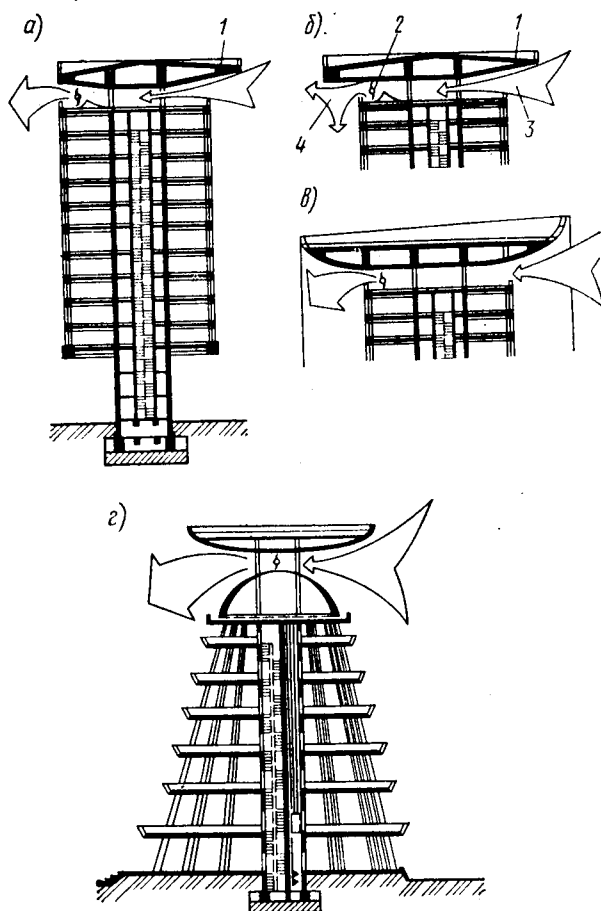


Рис. 7.2. Конструктивные схемы ветроэнергоактивных зданий с солнцезащитным экраном, трансформированным в концентратор и диффузор ветрового потока: а — крыша с односкатным экраном, выполненная в виде концентратора ветровой энергии; б — то же, с продленным экраном, образующим с подветренной стеной малый диффузор; в — покрытие с двускатным экраном с улучшенными аэродинамическими качествами концентратора и диффузора ветра; г — здание с комплексными аэродинамическими и солнцезащитными экранами; 1 — экран; 2 — ветроколеса (турбины); 3 — концентратор воздушного потока; 4 — диффузор

Здания или их комплексы деформируют воздушные потоки и вносят локальные изменения в направление и местную интенсивность ветровых потоков.

Использование энергии ветра для оптимизации энергетического баланса зданий не имеет непосредственного отношения к архитектурно-строительному проектированию; задача ограничивается размещением в окрестностях здания или на его конструкциях распространенных ветродвигателей одноцелевого назначения. Элементы ветроустановки могут быть функционально совмещены с элементами энергетических систем, рассчитанных на другие возобновляемые источники, например на солнечную энергию.

Проектирование ветроактивного здания должно обеспечивать форму части здания, удобную для размещения двигателя ветроэнергоустановки, а здание должно использоваться в качестве опоры для его крепления.

Целесообразно конструирование ветроэнергоактивных зданий с солнцезащитным экраном, трансформированным в концентратор и диффузор ветрового потока.

Форма здания должна обеспечивать улавливание ветра и концентрированную подачу воздушных потоков к элементам ветроколес, например возможно лепестковое расположение секций зданий с образованием концентратора, в узкой части которого размещается ветроприемное устройство.

В качестве ветроэнергоактивных конструкций могут быть использованы покрытия, стены (верхней части здания), защитные элементы светопроемов, конструкции экранов и надстроек. Эти элементы трансформируют в форму ветроколес, ветротурбин; используют тенденции создания аэродинамической формы элементов (поворотные створки защиты светопроемов, вентиляционных шахт преимущественно верхнего света и др.).

Исходя из энергетических потребностей здания, выбирают лишь часть здания для превращения ее в ветроэнергоактивную. Этой части здания придают аэродинамическую форму (вертикальный цилиндр и т. п.), вокруг которого на одной оси размещают ветротурбину.

Примеры конструктивных схем ветроэнергоактивных зданий иллюстрированы на рис. 7.2.

7.2. Энергоактивные здания с использованием низкопотенциальной тепловой гео- и гидротермальной энергий

Отличием возобновляемых видов энергии гео- и гидротермальной от солнечной и ветровой является их физическая сущность, характеризующаяся низким потенциалом энергии, накопленным в естественном аккумуляторе высокой энергоемкости.

Общая для рассматриваемых источников основная схема использования возобновляемой энергии включает узел подачи или отбора энергии внешнего источника с подводом теплоносителя к конструкции здания, систему каналов для подачи теплоносителя

в здание, насос для принудительной регулируемой циркуляции в системе, теплообменники, совмещаемые с ограждающими конструкциями здания развитой площади.

Выбор участка должен осуществляться с учетом достаточной площади для размещения питающего здания внешнего гидро- или гелиотермального коллектора. Исследования показали, что для энергоснабжения одноэтажного коттеджа в условиях области г. Ленинграда за счет теплоты, получаемой из грунта посредством коллектора в виде змеевика из труб, расположенных на глубине около 1 м, требуется участок площадью не менее 0,2... 0,5 га.

Гидротермальные здания. В гидротермальных коллекторах для тепло- и холодоснабжения зданий используют воду с температурой до 30°C низкопотенциальной энергии — грунтовую, водопроводную, естественных и искусственных водоемов, сбросные воды и др.

Проектирование энергоактивных зданий гидротермального типа основано на совмещении водозаборных конструкций, теплообменных и циркуляционных каналов с конструкциями гражданского здания.

Элементы гидроэнергоактивной системы совмещают с фундаментом — при заборе воды из водоема или водонасыщенного слоя.

Фундаменты здания обычно выполняются в виде резервуара с теплоизолированными ограждениями. При глубоком залегании грунтовых вод фундаменты проектируют в виде полых теплообменных свай, аналогично строительству на вечномёрзлых грунтах. Важным является гидроизоляция конструкций зданий.

Элементы гидроэнергоактивных систем зданий проектируют с применением водостойких строительных материалов: алюминия, шлакоситалла, пластмасс, стали.

Гидроколлекторы для преобразования низкопотенциального теплоносителя с естественной температурой размещают в любой части массива ограждения по толщине сечения (в числе подэкранной части). Различают гидротермальные коллекторы открытого, полукрытого и закрытого типов. Последние выполняют совмещенными со слоями ограждения, обращенными в сторону помещения, в виде внутренней облицовки стены, покрытия (перекрытия) либо в виде глухого экрана или с подэкранной прослойкой, сообщенной с помещением.

Для обеспечения нагрева помещения и исключения выпадания конденсата коллектор обычно занимает большую поверхность — всю площадь стены, покрытия (перекрытия) или проема светотехнического или вентиляционного назначения. Коллекторы могут выполняться комбинированными по теплоносителю (первичный теплоноситель — вода, вторичный — воздух). Совмещение гидротермальных коллекторов с коллекторами солнечной энергии повышает эффективность их использования.

Различают гидротермальные коллекторы для системы обогрева помещений и систем защиты зданий от перегрева (рис. 7.3).

Геотермальные здания. В архитектурно-строительных приемах проектирования зданий, теплоснабжение которых осуществляется с использованием геотермальной энергии, в числе общих приемов следует учитывать следующее. Для увеличения повышения энергетического потенциала массива грунта, используемого как аккумулятор, целесообразна теплоизоляция в верхней части зоны, примыкающей к зданию (в виде стационарной теплоизоляции или трансформируемой в виде съемных щитов), гидроизоляция, добавление щебня или галечника.

Массив грунта конструктивно проектируют в виде насыпи с откосами, обрамляющей все стены здания или часть их; откос ориентируют наружу, стену снабжают усиленной гидроизоляцией, покрывают слоем зеленых насаждений (трава, кустарники) или облицовывают плитами.

Целесообразно отделение насыпи от защищаемой стены воздушной прослойкой с помощью промежуточного экрана, воспринимающего давление грунта (рис. 7.4). Рационально продолжение воздушной прослойки в основании насыпи в виде системы сообщаемых с ней воздушных каналов (горизонтальных или наклонных) для сезонной циркуляции воздуха. Пространство между насыпью и зданием во время отопительного периода для уменьшения теплопотерь рационально перекрывать конструкцией прозрачного или непрозрачного строительного элемента (мембрана, сборно-разборный тент, трансформируемая воздухосборная оболочка).

Массив грунта может быть выполнен в виде энергоемкого грунтозаполненного экрана увеличенной толщины или конструктивно введен в ограждение. В качестве заполнителя используют песок, щебень, торф и др.

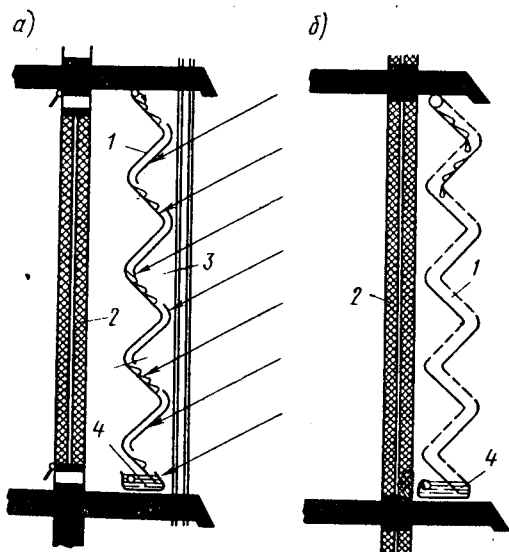


Рис. 7.3. Гидроколлекторы полукрытого типа:

а — в конструкции стены, совмещенной с коллектором солнечной энергии; *б* — в виде солнцезащитного экрана у стены здания; 1 — гидроколлектор, 2 — стена, 3 — селективно-прозрачная защита; 4 — водоприемник

В целях комплексного использования геотермальной и солнечной энергии рационально на внешнем облучаемом солнцем откосе насыпи разместить простейшие солнечные коллекторы типа «горячий ящик» (пленка с образованием под ней воздушных прослоек либо трубчатый теплообменник).

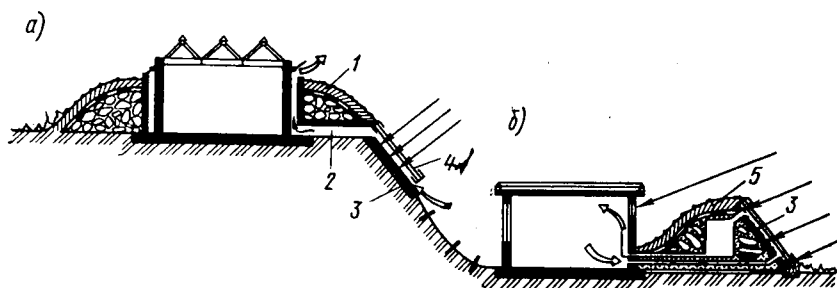


Рис. 7.4. Здания с геотермальным коллектором в виде обременяющей насыпи: *а* — со стационарной или сезонной теплоизоляцией массива насыпи, включающей воздушные прослойки, и дополнительно организованным солнечным подогревом массива; *б* — насыпь или выемка с откосами, обращенными к зданию с улучшенным светотехническим режимом нижних этажей; 1 — грунт; 2 — воздушная прослойка; 3 — аккумулятор; 4 — солнечный коллектор; 5 — теплоизоляция

Рационально снабжение облицовки откоса отражателями для усиления солнечной энергооблученности ограждений здания.

Примеры зарубежного опыта показывают эффективность использования геотермальной энергии для отопления малоэтажных усадебных жилых домов. Например, в Финляндии распространена укладка полиэтиленовых труб змеевика диаметром 20...40 см на глубине 1,5...2,0 м при интервале до 2 м между ними на приусадебных участках малоэтажных жилищ. Достигнуто уменьшение использования электроэнергии для отопления помещений дома до 60%.

Оборудование геотермальной системы основано на использовании резервуара-аккумулятора для нагретого водяного теплоносителя — воды, подающейся с помощью насоса.

Расчет протяженности труб (400 м для дома общей площадью 120 м²) осуществлен с учетом площади отапливаемого объема дома, водопроницаемости грунта, степени солнечной радиации, затененности, влажностного состояния земельного участка и др.

7.3. Биоэнергоактивные здания

Биогаз является конечным продуктом конверсии солнечной энергии. Он относится к вторичным источникам тепловой энергии, являясь производной от первичных природных источников энергии. Наряду с биогазом, выделяемым при метановом сбраживании отходов животноводческих ферм, к источникам тепловой биоэнергии относится этанол, получаемый на основе переработки продуктов растениеводства, а также теплота сжигаемых отходов, теплота, выделяющаяся при компостировании навоза, и др.

Утилизация энергии биогаза осуществляется в строительных энергетических комплексах, предназначенных для производства и обеспечения зданий газообразным топливом — биогазом. Комплекс включает в свой состав блок реакторов (метантенки), снабженных функциональными блоками (загрузки биомассы, перемешивания, отвода газа и др.), а также газгольдеры (отдельные или блоки).

Метантенки для сбора и хранения метана проектируют наземными или заглубленными в грунт разнообразной формы и объема — цилиндрическими, кубическими и т. п.

Биоэнергокомплексы получают широкое применение в агропромышленных комплексах, животноводческих зданиях, предприятиях по переработке сельхозпродукции и других с утилизацией отходов сельскохозяйственного производства в промышленных предприятиях. В качестве биомассы могут быть использованы отходы сельскохозяйственного производства, мусор строительный и бытовой.

Эффективно использование биокомплексов в жилых микрорайонах (туристских комплексах, домах отдыха, пионерских лагерях, общественных зданиях и др.), в системе поселков и др. Блоки теплых вод ТЭЦ, а также зона обогрева отведенными горячими газами из системы дымоудаления котельных, геотермальной энергией и другими отходами производства могут размещаться в проточном бассейне системы метантенков.

Целесообразно выполнение метантенков заглубленными или обвалованными в районах с холодной зимой.

Энергетическая экономичность биоэнергокомплексов — осуществление комплексного использования совместно с солнечной, ветровой, гидро- или геотермальной энергией.

Вопросы для самопроверки

1. Расскажите об интегральных системах энергоснабжения зданий, сочетающих энергию, полученную от использования солнца, ветра, биомассы и т. п.
2. Приведите пример комплексного использования возобновляемых нетрадиционных источников энергии.
3. Каковы требования проектирования ветроактивного здания?
4. Как проектируют гидротермальные и геотермальные здания?
5. Дайте определение биоэнергоактивного здания,

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Условные обозначения

$t_{\text{в}}$ — температура воздуха в помещении, °C;
 $t_{\text{н}}$ — температура наружного воздуха, °C;
 $R_{\text{к}}$ — термическое сопротивление однородной конструкции или слоя, м²·°C/Вт;

$$R_{\text{к}} = \delta / \lambda;$$

δ — толщина слоя материала, м;
 λ — коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м²·°C);
 $R_{\text{о}}$ — общее сопротивление теплопередаче конструкции, м²·°C/Вт;

$$R_{\text{о}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_{\text{к}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}},$$

$\alpha_{\text{в}}, \alpha_{\text{н}}$ — коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности конструкции, Вт/(м²·°C);
 $R_{\text{о}^{\text{эк}}}$ — экономически целесообразное сопротивление теплопередаче, м²·°C/Вт;
 $\tau_{\text{в}}$ — температура внутренней поверхности наружного ограждения, °C;

$$\tau_{\text{в}} = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{н}} - t_{\text{в}}}{R_{\text{о}} \alpha_{\text{в}}};$$

Q — тепловой поток через наружное ограждение, Вт/м²;

$$Q = (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) / R_{\text{о}}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Классификация солнцезащитных и светорегулирующих средств гражданских зданий (по Н. В. Оболенскому)

Наименование	Ориентация, град	Рекомендуемые материалы	Область применения
--------------	------------------	-------------------------	--------------------

I. Архитектурно-планировочные

Конфигурация здания в плане	Продольная ось здания вдоль гелиотермической оси	—	Жилые и общественные здания
Озеленение и обводнение территории	—	Газоны, кустарники, деревья	Внутриквартальные территории, скверы
Покрытия тротуаров и площадок нетеплоемкими материалами	—	Галечник, тощий бетон, песок, грунтовые покрытия	—

II. Конструктивные

1. Затеняющие элементы зданий

Профиль ограждающих конструкций стен	45 ... 135	—	Жилые и общественные здания
Профиль покрытий	330 ... 30		То же

2. Солнцезащитные и светорегулирующие устройства

А. Стационарные наружные			
Козырьки	135...225	Дерево, алюминий, пластмассы, асбоцемент	Общественные здания
Горизонтальные жалюзи	90...270	То же	То же
Пространственные сетки	30...135	Металлический лист	»
Вертикальные экраны и жалюзи	45...90 270...315	Дерево, алюминий, пластмассы, асбоцемент перфорированный	»
Комбинированные (сотовые)	135...225	Алюминий, пластмассы, асбоцемент перфорированный	»
Солнцезащитный диффузор (для фонаря) или шахта	330...30	Алюминий, пластмассы	»
Б. Стационарные внутренние			
Подвесной потолок-решетка		То же	»

Наименование	Ориентация, град	Рекомендуемые материалы	Область применения
В. Регулируемые наружные Козырьки	90...270	Алюминий, асбестоцемент, пластмассы	Общественные здания
Горизонтальные жалюзи (сдвижные, складывающиеся, свертывающиеся)	0...360	Алюминий, пластмассы	Жилые и общественные здания
Пространственные сетки (сдвижные, свертывающиеся)	0...360	Алюминий и металлический лист 0,1...0,5	То же
Вертикальные экраны и жалюзи (сдвижные и складывающиеся)	45...90 и 270...315	Алюминий, асбестоцемент, пластмассы	Общественные здания
Ставни-жалюзи (сдвижные и складывающиеся)	0...360 и 45...315	Дерево, алюминий, пластмассы	Жилые здания
Шторы (свертывающиеся, откидные)	45...315	Деревянные, алюминиевые и пластмассовые планки (пустотелые)	То же
Маркизы откидные	45...315	Солнцезащитные ткани, дерево, алюминий, пластмассы	Общественные здания
Веерные жалюзи для фонарей	—	Алюминий	То же
Г. Регулируемые межстекольные Шторы-жалюзи	45...315	Алюминий и пластмассы	Жилые, общественные здания
Штора (свертывающаяся)	45...315	Солнцезащитные ткани	Жилые здания
Д. Регулируемые внутренние Шторы-жалюзи	90...270	Алюминий, пластмассы	Жилые и общественные здания
Шторы	90...270	Солнцезащитные ткани	

3. Солнцезащитные изделия из стекла и пленки

Теплоотражающие стекла	45...315; 0...360	Металлизированные покрытия	Общественные здания
------------------------	----------------------	----------------------------	---------------------

4. Солнцезащитные устройства для территорий

Сезонный тенд-жалюзи		Солнцезащитные ткани, алюминий	Общественные здания, спортивные площадки
Целярий (солнцезащитный воздушный бассейн)	180	Алюминий, дерево	Общественные здания (санатории, курорты)

Наименование	Ориентация, град	Рекомендуемые материалы	Область применения
III. Технические			
Кондиционирование воз- духа:			
централизованное	—	—	Общественные здания
местное	—	—	Жилые и общест- венные здания

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

- K — коэффициент теплопередачи, Вт/(м·°С);
 $\sum_{i=1} Q_{ni}^*$ — расход тепла на нагрев воздуха, инфильтрующегося через окна кухонь, Вт;
 $Q_{ni}^* = 0,25 F_o Q_{ni} / N$ — расход тепла на нагрев воздуха, инфильтрующегося через окна кухонь рассматриваемого этажа (n), Вт;
 $Q_6 \cdot 18 F_{ж}$ — бытовые тепловыделения, Вт;
 $F_{ж}$ — жилая площадь, м²;
 $Q_{ут}$ — тепло, возвращаемое системами утилизации тепла, Вт;
 G — массовый расход воздуха, кг/ч;
 I — энтальпия воздуха, кДж;
 ϕ — относительная влажность воздуха, %;
 ρ — плотность, кг/м³;
 c — удельная теплоемкость, кДж/(кг·°С);
 v_p — массовая скорость;
 N — мощность, кВт;
 F — площадь теплообменной поверхности, м²;
 f — площадь живого сечения, м²;
 n — количество воздухонагревателей, установленных последовательно по ходу воздуха, шт.;
 m — количество воздухонагревателей, установленных параллельно по ходу воздуха, шт.;
 ε — температурная поправка на коэффициент теплопередачи;
 μ — коэффициент динамической вязкости, кг/м²;
 ν — коэффициент кинематической вязкости, м²/с;
 a — коэффициент температуропроводности, м²/с;
 ψ — коэффициент оребрения;
 ξ — поправка на эффективность установки;
 A и B — эмпирические коэффициенты аппроксимации;
 C — коэффициент для расчета потерь давления в воздухонагревателях.

Индексы

1 — вытяжной, 2 — приточный, k — конечный, n — начальный, m — меньший, b — больший, $ср$ — средний, $в$ — воздух, $ж$ — промежуточный теплоноситель, ϕ — фактический, $об$ — общий, $фр$ — фронтальный, $с$ — сухой, $кон$ — конденсации, $пов$ — поверхности, $ут$ — утилизации, $вент$ — вентиляторов, $нас$ — насыщенный, $год$ — годовой, t — температурный, I — энтальпийный, d — по влагосодержанию, $п$ — помещения, $ус$ — условный, $т$ — табличное, $рек$ — рекомендуемое, $рс$ — росы, $тр$ — требуемое, $см$ — смеси, $пр$ — приточный, $р$ — регенератора, $об$ — обводной канал, ω — насадки.

Безразмерные комплексы

$$F_o = \frac{kF}{G_{всв}} \quad \text{или} \quad \text{— безразмерный параметр соответственно для расчета установок с промежуточным теплоносителем и регенераторов;}$$

$$F_0 = \frac{\alpha F}{G_{всв}}$$

$$W = \frac{G^r c_{ж}}{G^r_b c_b} \quad \text{или}$$

— отношение водяных эквивалентов потоков соответственно для установок с промежуточным теплоносителем и регенераторов;

$$W = \frac{G^b_b c_{в1}}{G^r_b c_{в2}}$$

$$\Theta_{t1} = \frac{t^r_b - t_{вк1}}{t^r_b - t_{жк2}}$$

— температурная эффективность для установок с промежуточным теплоносителем;

$$\Theta_{t2} = \frac{t_{в2} - t^r_n}{t^r_n - t^r_n}$$

— то же;

$$\Theta_{\text{об}} = \frac{t_{в2} - t^r_n}{t^r_b - t^r_n}$$

— общая температурная эффективность для установок с промежуточным теплоносителем;

$$\Theta_f = \frac{I_{н1} - I_{к1}}{I_{н1} - I_{жк2}^{\text{нас}}}$$

— энтальпийная эффективность для воздухонагревателя вытяжного канала;

$$P_h = \frac{\nu}{a}$$

— критерий Прандтля.

Вентиляция. Потребность вентиляции в жилых зданиях зависит от местных и временных факторов. Современные вентиляционные системы некачественно учитывают специфику помещений, особенно жилых. Они работают по определенному централизованному принципу.

Определяющими критериями потребности вентиляции являются: запахи и чад (курение); влажность; концентрация радона. В результате воздухообмена происходит удаление из помещения скапливающихся загрязнений, поддержание в заданных пределах влажности, а также выравнивание и понижение тепловых нагрузок. К задаче вентиляции можно также отнести отвод излишнего тепла от одного объекта к другому, требующему тепла.

Можно, вероятно, утилизировать также и «бесплатную», например, солнечную энергию. Однако при этом необходима более совершенная система для подачи поступающего воздуха в помещения.

Потребность воздухообмена в гостинных и спальнях помещений определяется на основе выделяемых самим человеком газов и запахов. Поскольку обонятельное ощущение функционирует на принципе сопоставления, когда обоняние различает изменения вместо абсолютных значений, воздух следует подавать непрерывно в каждое помещение.

Определяющим фактором воздухообмена на кухне является чад, вызываемый приготвлением пищи. Уменьшение интенсивности чада возможно применением качественной конструкцией вытяжного колпака с вентилятором и индивидуальным вентиляционным каналом.

Главным критерием для ванных и душевых помещений является удаление влажности. Влажность возникает как при пользовании ванной, так и при сушке белья.

Для вентиляции туалетов достаточно сохранение направления вентиляционного потока в сторону помещения туалета.

Объем вентиляции во всех помещениях должен быть в среднем 0,5 обмена в час как минимум, что соответствует $3,0 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$.

Экология среды обитания. Выбросы от промышленных предприятий, автомобилей и другие состоят как из аэрозолей, часть которых может улавливаться фильтрами или уплотнителями, так и из газов, которые улавливаются лишь специальными устройствами.

В последние годы наблюдаются и радиоактивные загрязнения (как в твердой, так и в газообразной фазе, — например, радон), что также ухудшает экологическую обстановку в жилье.

Ограничение воздухообмена между наружным и внутренним воздухом, а также использование фильтров в вентиляционных системах приводит к ухудшению ионного состава воздуха в помещениях, что также приводит к ухудшению среды обитания. Кроме того, сильные биологическое воздействие оказывают электромагнитные колебания промышленной частоты (50 Гц) и высокочастотные. Однако распределение их в помещениях до настоящего времени плохо изучено.

К внешним неблагоприятным факторам добавляются собственные выделения обитателей помещений. Основным выделением, ухудшающим среду обитания, является углекислый газ, которого выделяется человеком в спокойном состоянии при дыхании около 23 л/ч. С учетом содержания углекислого газа в наружном воздухе городов ($0,5 \text{ л/м}^3$) необходимый воздухообмен для одного человека составляет $46 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Чрезвычайно важно, чтобы при снижении содержания углекислого газа за счет вентиляции не ухудшалась среда обитания от воздействия других факторов. Часть неблагоприятных факторов может быть исключена объемно-планировочными или конструктивными решениями. Однако, для разработки таких мероприятий необходимо изучение этих аспектов, а также взаимного их влияния.

Исследования данных факторов является не только остро актуальной, но и чрезвычайно трудоемкой задачей.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Новый метод теплотехнического расчета. В целях экономии топливно-энергетических ресурсов при теплотехнических расчетах следует предусматривать такие объемно-планировочные решения жилых зданий, которые имеют энергетический показатель компактности формы здания Φ_e , не превышающий нормативного значения Φ^* (табл. П.1).

Таблица П.1

Виды жилых зданий	Φ^* при расчетной зимней температуре наружного воздуха, °С				
	—10	—20	—30	—40	—50
Многоэтажные:					
5-этажные	1,01	1,04	1,10	1,21	1,17
9-этажные блок-секции	0,87	0,93	0,98	1,06	1,04
Сельские общежития и блокированные:					
1-этажные	3,04	3,08	9,09	3,19	3,22
2-этажные	2,31	2,31	2,29	2,41	2,48
Сельские секционные:					
2-этажные	1,63	1,69	1,72	1,81	1,95
3-этажные	1,38	1,44	1,47	1,57	1,64
4-этажные	1,21	1,29	1,32	1,41	1,38

Примечание. Для промежуточных значений показатель Φ^* следует определять интерполяцией.

Энергетический показатель

$$\Phi_e = F_0 / F_{\text{п}},$$

где F_0 — площадь поверхности всех наружных ограждающих конструкций, м²; $F_{\text{п}}$ — площадь пола помещений здания, м².

Обобщенный приведенный коэффициент теплопередачи здания K , как правило, не должен превышать значений нормативного коэффициента теплопередачи K^* , приведенных в табл. П.2 в зависимости от типа здания и расчетной зимней температуры наружного воздуха.

Таблица П.2

Виды зданий	F_0/V (объем здания), м ⁻¹	K^* при расчетной зимней температуре, °С				
		—10	—20	—30	—40	—50
Жилые многоэтажные:						
5-этажные	—	1,69	1,27	1,05	0,79	0,65
9-этажные	—	1,97	1,52	1,26	0,93	0,80
Сельские общежития и блокированные:						

Продолжение табл. П.2

Виды зданий	F_0/V (объем зда- ния), м ⁻¹	К _н при расчетной зимней температуре, °С				
		-10	-20	-30	-40	-50
1-этажные	—	1,37	1,02	0,81	0,60	0,52
2-этажные	—	1,75	1,31	1,04	0,77	0,69
Сельские секционные:						
2-этажные	—	1,4	1,07	0,86	0,65	0,62
3-этажные	—	1,6	1,22	0,99	0,75	0,68
4-этажные	—	1,71	1,33	1,08	0,80	0,68
Промышленные	одно- этажные					
		0,3	1,43	1,20	1,03	0,90
		0,4	1,38	1,15	0,98	0,85
		0,5	1,34	1,1	0,94	0,82
		0,6	1,32	1,08	0,92	0,78
		0,7	1,3	1,07	0,90	0,77
		0,8	1,29	1,05	0,89	0,76
		0,9	1,27	1,04	0,88	0,76
		1,0	1,26	1,04	0,87	0,75
		1,1	1,25	1,03	0,86	0,74
		1,3	1,25	1,02	0,86	0,73

Обобщенный приведенный коэффициент теплопередачи здания K Вт/(м²·°С) определяется по формуле

$$K = \frac{\Sigma F_{ст}/R_{ст} + \Sigma F_{ок}/R_{ок} + n \Sigma F_{пок}/R_{пок} + n \Sigma F_{пол}/R_{пол}}{F_0},$$

где n — по СНиП «Строительная теплотехника»; для полов на грунте $n=0,5$; $F_{ст}$, $F_{ок}$, $F_{пок}$, $F_{пол}$ — площади соответственно стен, окон, покрытий, пола первого этажа; $R_{ст}$, $R_{ок}$, $R_{пок}$, $R_{пол}$ — приведенное сопротивление теплопередаче соответственно стен, окон, покрытий, пола первого этажа, м²·°С/Вт.

ЛИТЕРАТУРА К ПЕРВОМУ РАЗДЕЛУ

1. Ахтырский А. А., Скольник Г. М. Экономия топлива и тепловой энергии в ЖСК: Обзорная информация. М., 1987.
2. Беляев В. С., Кемпер Ф. А. Теория теплопередачи в элементах конструкций зданий с учетом многомерной фильтрации воздуха. М., 1988.
3. Богуславский Л. Д. Снижение расхода энергии при работе отопления и вентиляции. М., 1985.
4. Богословский В. Н., Щеглов В. П., Разумов Н. Н. Отопление и вентиляция, М., 1980.
5. Гигиенический комфорт жилища: Обзорная информация. № 9. М., 1982.
6. Железобетонные крыши многоэтажных жилых зданий: Обзорная информация. № 8. М., 1982.
7. Жилые здания повышенной тепловой эффективности: Обзорная информация. № 1. М., 1986.
8. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции/ Калмаков А. А., Кувишинов Ю. А., Романова С. С. и др. М., 1986.
9. Николенко Г. Ю. О повышении тепловой эффективности жилых зданий// Строительство и архитектура. 1981. № 7.
10. Конструкции панелей наружных стен жилых домов с повышенными теплозащитными качествами: Обзорная информация. № 2. М., 1982.
11. Рекомендации по повышению теплозащитных свойств эксплуатируемых полносборных жилых зданий. М., 1987.
12. Рекомендации по проектированию зданий с вентилируемыми устройствами, утилизирующими тепло. М., 1988.
13. Рекомендации по проектированию воздухоприготовительных центров с теплообменниками для утилизации тепла вытяжного воздуха. М., 1983.
14. Рекомендации по улучшению санитарно-гигиенических качеств жилых домов массового строительства с учетом региональных природно-климатических условий. М., 1983.
15. Рекомендации по учету местных климатических условий при выборе архитектурно-планировочных решений жилища. М., 1978.
16. Табуничиков Ю. А., Хромец Д. Ю., Матросов Ю. А. Тепловая защита ограждающих конструкций и сооружений. М., 1986.
17. Утилизация тепла и холода в системах вентиляции и кондиционирования с помощью воздуховоздушных рекуперативных теплообменников, Обзорная информация. № 5. М., 1982.

ЛИТЕРАТУРА КО ВТОРОМУ РАЗДЕЛУ

1. Оболенский Н. В. Архитектура и солнце. М., 1989.
2. Сахаров А. Н., Анисимова И. И. Архитектурное проектирование малоэтажных жилых домов с солнечным энергообеспечением. М., 1983.
3. Селиванов Н. П. Энергоактивные солнечные здания. М., 1982.
4. Селиванов Н. П., Мелуа А. И., Заколей С. В. Энергоактивные здания. М., 1988.
5. Танака С., Суда Р. Жилые дома с автономным солнечным обеспечением: Пер. с япон. М., 1989.
6. Хохлова Л. П. Проектирование гражданских зданий для села. М., 1988.
7. Хохлова Л. П. Основы проектирования сельских зданий. М., 1990.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
Раздел первый. ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНЫЕ ЗДАНИЯ	7
<i>Глава 1. Энергоэкономичные здания с утилизацией тепла</i>	<i>7</i>
1.1. Воздушно-лучистое отопление	7
1.2. Использование тепла уходящего воздуха	15
1.3. Здания с вентилируемыми стенами (СУТ)	19
1.4. Нетрадиционные средства экономии тепла в системах инженерного оборудования	35
<i>Глава 2. Особенности проектирования энергоэкономичных зданий традиционного типа</i>	<i>52</i>
2.1. Архитектурно- и объемно-планировочные решения	54
2.2. Региональные особенности проектирования	76
2.3. Энергосберегающие мероприятия	77
2.4. Совершенствование теплотехнических расчетов	123
<i>Глава 3. Повышение тепловой эффективности эксплуатируемых зданий</i>	<i>138</i>
3.1. Состояние проблемы	138
3.2. Оценка целесообразности утепления эксплуатируемых зданий	140
3.3. Энергосберегающие мероприятия	141
Раздел второй. ЭНЕРГОАКТИВНЫЕ ГРАЖДАНСКИЕ ЗДАНИЯ	161
<i>Глава 4. Основы архитектурно-строительного проектирования</i>	<i>161</i>
4.1. Нетрадиционные возобновляемые источники энергосбережения зданий	161
4.2. Критерии повышения энергетического баланса здания	169
4.3. Системы солнечного энергоснабжения жилых и общественных зданий	177
<i>Глава 5. Типология энергоактивных гражданских зданий</i>	<i>188</i>
5.1. Классификация энергоактивных зданий	188
5.2. Объемно-планировочные решения гелиоэнергоактивных зданий	190
5.3. Жилые здания	192
5.4. Общественные здания	204
5.5. Гелиокомплексы жилых и общественных зданий	208
5.6. Архитектурная композиция в формировании гелиоэнергоактивных зданий	213
<i>Глава 6. Архитектурно-строительное проектирование элементов энергоактивных зданий</i>	<i>217</i>

6.1. Общие требования к конструированию энергоактивных зданий . .	217
6.2. Элементы энергоактивных жилых и общественных зданий	218
Глава 7. Интегральные энергоактивные системы зданий	234
7.1. Ветроэнергоактивные здания	234
7.2. Энергоактивные здания с использованием низкопотенциальной тепловой гео- и гидротермальной энергий	237
7.3. Биоэнергоактивные здания	241
Приложение 1	242
Приложение 2	243
Приложение 3	246
Приложение 4	249
Приложение 5	250
Литература к первому разделу	252
Литература ко второму разделу	253

Учебное издание

**Беляев Владимир Сергеевич
Хохлова Лариса Павловна**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНЫХ И ЭНЕРГОАКТИВНЫХ
ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

Зав. редакцией *Б. А. Ягунов*
Редактор *Л. Б. Лохова*
Мл. редакторы *О. С. Смотрина, Н. В. Траханова*
Художественный редактор *С. Г. Абелин*
Технические редакторы *В. М. Романова, С. В. Талагаева*
Корректор *Р. К. Косинова*

ИБ № 8861

Изд. № СТР—599. Сдано в набор 28.08.90. Подп. в печать 30.11.90. Формат 60×88¹/₁₆. Бум. офс. № 2. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Объем 15,68 усл. печ. л. 15,68 усл. кр.-отт. 17,11 уч.-изд. л. Тираж 5800 экз. Зак. № 575. Цена 1 р. 10 к.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.

Московская типография № 8 Государственного комитета СССР по печати, 101893, Москва, Хохловский пер., 7