

Е. СОЛДАТОВ, П. АЗИЗОВ

АРХИТЕКТУРНО- СТРОИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

*Допущено Министерством высшего и среднего
специального образования Республики Узбекистан
в качестве учебного пособия для студентов
архитектурно-строительных вузов и факультетов*

ТАШКЕНТ
"ЎЗБЕКИСТОН"
1994

ISBN 5-640-01737-6

С $\frac{3301000000-81}{М 351 (04) 94}$ 94

© Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт
им. М. Улугбека, 1994 г.

ВВЕДЕНИЕ

В течение последних лет во всем мире все острее встают вопросы, связанные с экономией топливно-энергетических ресурсов. Топливный баланс в странах СНГ также весьма напряжен, так как непрерывно растет потребность в топливе, и во многих случаях оно расходуется неэкономично. Жилой фонд и здания общественно-бытового назначения в городах и селах потребляют около 1/5 части всех топливно-энергетических ресурсов.

В результате ежегодного ввода в действие новых зданий расход топлива на их эксплуатацию увеличивается на 6 млн т. у. т. [1]. При этом значительная его часть затрачивается на компенсацию теплопотерь через наружные стены зданий, за счет несовершенной объемно-планировочной структуры и градостроительных решений.

В начале 70-х годов во всем мире произошло осознание того факта, что человечество вплотную подошло к двум глобальным кризисам — экологическому и энергетическому. Это стимулировало развертывание разработок, связанных, во-первых, с использованием возобновляемых источников энергии, во-вторых, с интенсификацией самого процесса потребления энергии путем максимального снижения потерь, в том числе в зданиях общественно-бытового назначения. Перед проектировщиками встала задача, как преобразовать архитектуру зданий, чтобы они как можно меньше нуждались в отоплении и охлаждении.

За рубежом дело сразу поставили на солидную основу. Во многих странах быстро организовали хорошо оборудованные и крупно финансируемые научно-исследовательские центры, построили ряд экспериментальных жилых домов, осуществили энергоэффективные реконструкции ряда существующих зданий. Хотя определенные сдвиги в этой области сделаны. Так, после утверждения в 1979 г. и уточнения в 1980 и 1986 гг. главы СНиП-3-79^{*} "Строительная теплотехника" была расширена область применения окон с тройным остеклением, повышены требования по воздухопроницанию наружных ограждений, установлены экономически обоснованные требования к их сопротивлению теплопередаче. В результате применения

в откорректированных проектах стеновых панелей из легкого бетона расход тепла сократился на 8—10%, а при использовании трехслойных панелей на гибких связях — до 25%.

Имеются исследования по использованию пассивных и активных систем солнечного отопления жилых домов, строящихся в южных регионах.

Определенный вклад в разработку вопросов энергосберегающих жилищ внесли выполненные ТашЗНИИЭП и ЛенЗНИИЭП проекты жилых домов. В проектах предусматривалось использование новых эффективных теплоизоляционных материалов, а также различных видов инженерного оборудования для регулирования микроклимата.

Проблема повышения тепловой эффективности исследовалась в основном применительно к вновь строящимся жилым зданиям. Как решать аналогичные вопросы в реконструируемых домах, еще предстоит изучить.

При жилищном строительстве в местах с относительно холодным климатом основные надежды возлагаются на увеличение ширины корпуса. Так, в разработанных ЦНИИЭПжилища рекомендациях утверждается, что при увеличении ширины корпуса 9-этажного дома с 11 до 13 м снижается удельный расход тепла на 3,2—4,1%, на каждый метр изменения ширины с 13 до 15 м — на 2,3—2,9%, а с 15 до 18 м — на 1,6—2,1% [2].

В последние годы достигнуты определенные результаты в решении отдельных технических вопросов, связанных с экономией энергии в жилище. Так, разработаны различные приемы утепления ограждающих конструкций, изоляции стыков наружных стен и т. п. И все же это увеличение теплоэффективности отдельной части здания, а окончательной целью является теплоэффективность здания в целом.

Приходится констатировать, что в изучении данной проблемы, особенно в строительстве энергосберегающих жилищ, мы значительно отстали от передовых зарубежных стран и этот разрыв продолжает увеличиваться.

В США исследованием проблем повышения теплоэффективности жилых и общественных зданий занимается специальная лаборатория при Калифорнийском университете.

Работа осуществляется по четырем основным направлениям: проведение опытов на специальных экспериментальных установках; наблюдения и анализ эксплуатации существующих жилых зданий, построенных с применением различных энергосберегающих приемов; моделирование теплотехнических ситуаций на ЭВМ с использованием системного анализа; разработка архитектурно-строительных композиционных приемов, снижающих теплопотери зданий.

Значительные работы по проблеме энергосберегающих жилых домов, как строящихся, так и реконструируемых, развернуты во Франции, где для этих целей организован специальный научно-исследовательский центр.

Заметный вклад в проблему экономии энергии в жилище сделан германскими специалистами, особенно архитектурной группой LOG из г. Тюбингена. Интересно, что в эту работу активно включились ученые института производственной и социальной медицины местного университета, начавшие исследовать не только теплотехнические, но и медицинские вопросы, возникающие при эксплуатации энергосберегающих жилищ.

Особый интерес представляет опыт Канады, Швеции и Финляндии. В Канаде в 1980 г. построено около 200 энергосберегающих односемейных жилых домов. В Финляндии возведен экспериментальный экологически чистый жилой дом по проекту Национального технического института, сотрудники которого проводят постоянные наблюдения над этим зданием с целью исследования проблем снижения эксплуатационных расходов и использования отходов. В Хельсинки организовано строительство жилого комплекса, использующего пассивные системы солнечного отопления. В зданиях, завершенных в конце 1981 г., с 1982 по 1985 г. проведены специальные исследования, позволившие выяснить, в какой степени оправдались ожидания проектировщиков.

Учитывая резко обострившуюся проблему загрязнения окружающей среды, шведский парламент принял решение начать постепенное сокращение использования нефтепродуктов для отопления, а в 1981 г., за пять лет до чернобыльской трагедии, решил к 2010 г. закрыть все свои атомные электростанции. В связи с этим перед специалистами поставили задачу разработать такие способы сокращения теплопотерь в жилище, чтобы за 10 лет снизить энергопотребление жилых зданий на 30%. Сейчас этими вопросами занимается специальная группа в университете Гетеборга.

Всех этих целей нельзя достигнуть, занимаясь лишь экономией, какую только и может дать улучшение теплофизических характеристик отдельных конструктивных фрагментов жилого и общественного здания. Нужен более широкий подход. Это значит, что следует сначала рассмотреть проблему глазами архитектора и, лишь поняв таким образом ситуацию на более обобщенном уровне, передать свои "архитектурные заказы" другим специалистам на разработку соответствующих технических вопросов, а не наоборот.

Положение резко усугубляется, если учесть, что в условиях Узбекистана не менее важное значение имеют вопросы борьбы с летним перегревом помещений и связанная с этим необходимость искусственного охлаждения зданий. Это вызывает дополнительные

затраты энергии на производство холода, которое в три раза дороже производства тепла. Все это говорит о том, насколько серьезно и обоснованно необходимо подходить к разработке объемно-планировочных и архитектурно-конструктивных решений зданий.

Уровень теплозащиты зданий, таким образом, зависит от оптимального решения "инженерных средств" (утолщение стен и утеплителя, применение более эффективных легких бетонов, специальных конструкций, которые имеют свои возможности и пределы). Так, утолщение наружных ограждений приводит к расходу материала, повышению трудозатрат, времени, транспортных расходов и др. Поэтому все инженерные средства по своему эффекту ограничены, кроме уменьшения объемной массы материалов, и в скором будущем могут быть исчерпаны. Для повышения теплотехнической эффективности инженерных средств необходима разработка новых конструкций окон, стен, покрытий, обладающих повышенными теплозащитными качествами.

Говоря об инженерных средствах, необходимо в первую очередь сказать о нормировании, расчете и проектировании необходимой площади светопроемов, улучшении конструкций окон. Эти элементы наиболее уязвимы в теплотехническом отношении, поэтому их площадь должна быть ограничена СНиП 11-4-79, т. е. удовлетворять только условиям естественного освещения помещений.

Однако даже и эти мероприятия недостаточны, т. е., сокращая площадь светопроемов, мы увеличиваем площадь наружных ограждений. Для кардинального решения данной проблемы необходимо шире привлекать "архитектурные средства". Выбирать наиболее оптимальные объемно-планировочные решения (форму и площадь здания), что позволит сократить площадь наружных ограждений.

Существенную величину экономии энергии можно получить, используя для отопления и охлаждения зданий возобновляемые нетрадиционные источники энергии (тепло солнечной радиации, наружного воздуха, геотермальная энергия, внепиковая электроэнергия и др.)

ГЛАВА I

ОСНОВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ИХ УЧЕТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ

В соответствии с требованиями СНиП 2.01.01.82 "Строительная климатология и геофизика", территорию СНГ можно разделить на четыре климатических района и подрайоны (А, Б, В, Г), характеризующиеся соответствующими температурно-влажностными условиями. Схема районирования показана на рис. 1.

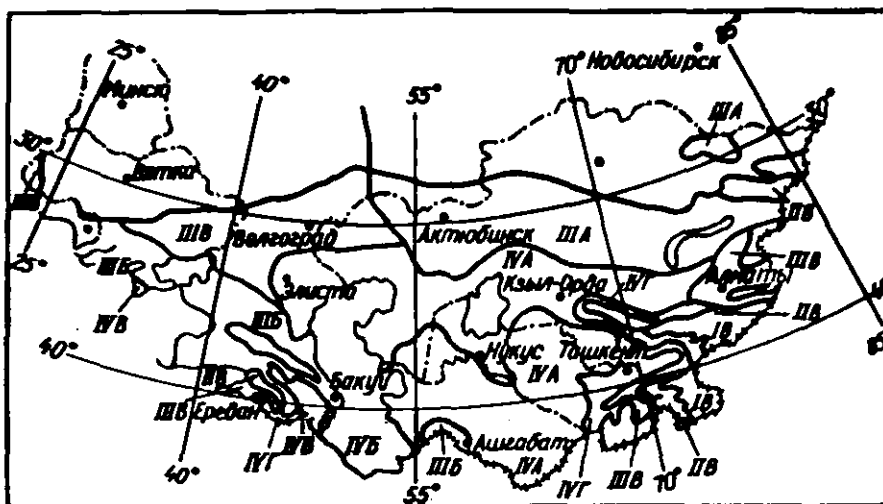


Рис.1. Схема климатического районирования для строительства на территории СНГ в районах с жарким климатом.

Средняя Азия занимает южную часть и относится к IV строительно-климатической зоне. Сюда входят Туркменистан, часть

территории Таджикистана и почти весь Узбекистан (кроме городов Алмалыка, Ахангарана и Янгиабада Ташкентской области).

Положительные стороны климата — большая продолжительность теплого периода года, низкая относительная влажность воздуха, благоприятный солнечный климат, континентальность; отрицательные стороны — высокий уровень солнечной радиации, маловетрие или повышенные скорости ветра в ряде районов, высокие температуры в летний период, приводящие к перегреву территории и помещений.

Климат Средней Азии отличается резкой континентальностью и засушливостью. Для равнинной территории характерно преобладание ветров северо-восточного и западного направлений в зимний период и восточного, северного или северо-западного — в летний. Скорость для западных направлений 2,0—4,0 м/с, для восточных — 1,7—3,0, для северных и северо-западных — 2,5—3,0 м/с. В летнее время в Средней Азии выпадает незначительное количество осадков. Влияние Аральского и Каспийского морей распространяется лишь на прибрежную зону. Относительная влажность воздуха невелика и при продвижении на восток от Каспийского моря уменьшается с 70 до 20%.

Средняя Азия получает громадное количество излучаемого солнцем тепла в виде прямой и рассеянной радиации: от 145—157 Вт/см² в год в северных; до 174—186 Вт/см² — в крайних южных районах. Благодаря этому здесь очень велики как абсолютные значения температуры воздуха, так и суточные ее колебания. Продолжительность солнечного сияния в среднем за год 2889 часов. Средняя величина суммарной радиации за три наиболее холодных месяца 5,12 Вт/см², а за три летних — 21,75 Вт/см².

Значения интенсивности суммарной солнечной радиации на различно ориентированные поверхности в зависимости от географической широты местности представлены на рис. 2. Оптимальная температура наружного воздуха принята ниже +34 °С, а внутренней среды +26 °С при относительной влажности 30—45% и скорости движения воздуха 0,1 м/с.

Граница района с продолжительностью перегрева внешней среды с менее 30 днями на севере проходит немного южнее Аральского моря, на юге и на востоке по отметке значительно выше 1000 м над уровнем моря. Основная часть территории Средней Азии подвержена перегреву продолжительностью более 90, а южная — 120 дней.

1.1. РАСЧЕТНЫЕ ЛЕТНИЕ СРЕДНЕСУТОЧНЫЕ И СРЕДНЕМАКСИМАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Большинство внешних физико-климатических воздействий, воспринимаемых зданиями и сооружениями, являются комплексными, т. е. вызванными совместными действиями нескольких метеорологических показателей. При проектировании ограждающих конструкций следует особо учитывать те физико-климатические факторы,

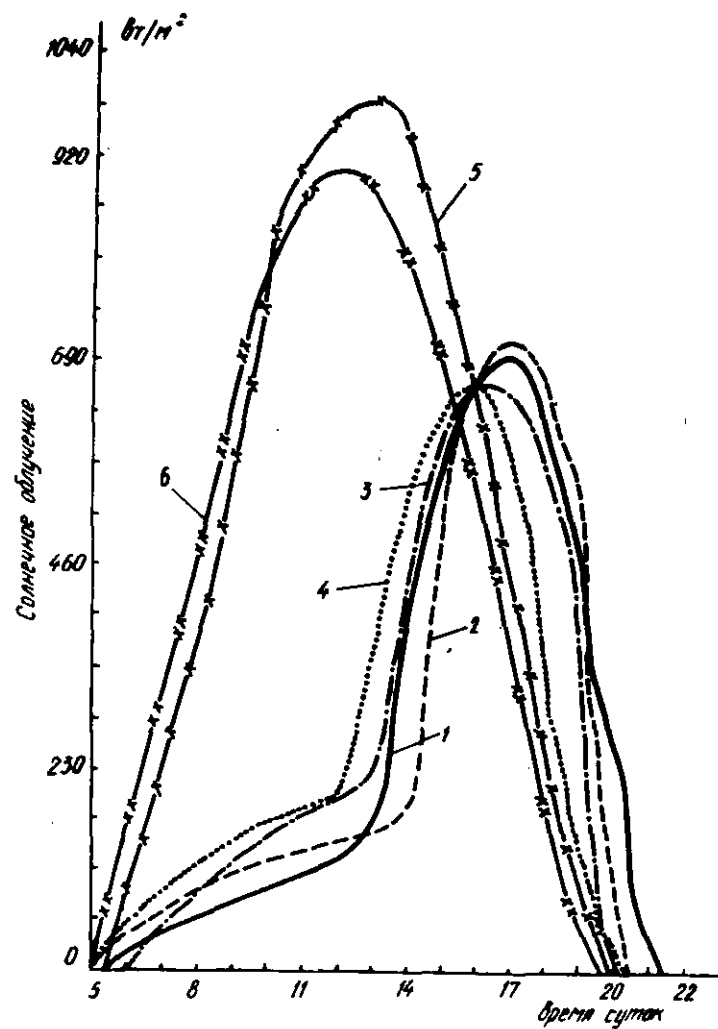


Рис. 2. Интенсивность суммарной солнечной радиации на горизонтальную и вертикальные поверхности:
 1— западная стена (г. Бухара); 2— запад-юго-западная стена (г. Самарканд); 3— юго-западная стена (Голодная степь); 4— западная стена (расчетная); 5— горизонтальная поверхность (г. Бухара); 6— горизонтальная поверхность (расчетная).

которые влияют на изменение температурно-влажностного режима ограждений и эксплуатационные качества помещений: расчетные температуры наружного воздуха в летний и зимний периоды, интенсивность солнечной радиации для обеспечения требуемой теплоустойчивости ограждений, расчетные скорости ветров для защиты от воздухопроницаемости и влажность наружного воздуха, необходимую для определения влажностного состояния ограждений.

Анализ метеорологических данных показывает, что наступлению жарких дней обычно предшествует период относительного похолодания. В течение месяца разница между максимальными температурами составляет несколько градусов, поэтому важным моментом является выбор расчетных суток с их максимальными и средними температурами.

Таблица 1

Требуемая обеспеченность расчетных внутренних условий в летний период и ее связь с градациями климата по СНиП

Эксплуатационная характеристика основных помещений	Уровень требований	ΔZ , час	Коб, ΔZ	Градация климата по СНиП
Особо высокие требования к санитарно-гигиеническим условиям	Повышенный (П)	0	1	В
Круглосуточное пребывание людей или постоянный технологический режим	Высокий (В)	50	0,98	Б
Ограниченное во времени пребывание людей	Средний (С)	200	0,92	—
Кратковременное пребывание людей	Низкий (Н)	400	0,8	А

Полученные нами на основе многолетних метеорологических сводок среднесуточные температуры колеблются в пределах 28,3—35,5°C, а расчетная среднемаксимальная 37—43°C (табл. 2). Амплитуда температуры воздуха в течение суток изменяется от 10,7 до 5,5°C. Расчетные параметры выбраны с учетом коэффициента обеспеченности заданных условий в помещении по методике В. Н. Богословского.

Рекомендуемые коэффициенты обеспеченности в зависимости от назначения и режима помещения приведены в табл. 1 работы [3], показано число случаев (в часах или долях единицы), когда недопустимо отклонение от принятых внутренних параметров в сторону ухудшения. Если расчет теплоустойчивости ограждений провести на самые высокие температуры, то это будет соответствовать обеспеченности 100% возможных случаев, а при расчете по средним данным — 50% и т. д.

Таблица 2

Расчетная температура наружного воздуха и скорость ветра в июле

Пункт	Температура, °С			Скорость ветра, м/с
	максимальная	суточная	амплитуда	
Ташкент	39,0	30,3	8,7	1,3
Чурук	39,0	30,9	8,1	4,2
Тамды	41,0	34,6	6,4	3,8
Самарканд	37,0	28,3	8,7	1,5
Термез	43,0	32,3	10,7	2,8
Джизак	39,8	32,3	7,5	3,3
Фергана	37,8	30,0	7,8	1,7
Даргоната	41,6	32,8	8,8	1,7
Керки	41,0	34,2	6,8	2,4
Кушка	40,2	31,6	8,6	3,5
Карши	41,7	33,4	8,3	2,2
Нукус	38,0	30,9	7,1	4,2
Машикудук	42,4	35,5	6,9	2,0
Янгйер	39,0	32,7	6,3	3,5
Кызыларват	40,9	33,2	7,7	2,8
Красноводск	37,7	31,2	6,5	4,5
Гасанкули	34,7	29,2	5,5	5,6
Хива	38,5	31,3	7,2	2,8
Душанбе	38,7	29,0	9,7	1,5
Казанджик	40,7	34,4	6,3	2,8
Ашгабат	40,9	33,8	7,1	2,4
Бухара	40,2	31,4	8,8	4,0
Навои	40,0	31,8	8,2	2,3
Чагыл	41,2	34,3	6,9	4,9

Максимальные и среднесуточные температуры при различных коэффициентах обеспеченности для наиболее характерных пунктов территории Средней Азии отражены на рис. 3. Максимальные и суточные июльские температуры за 10 лет, что соответствует 310 возможным случаям, нанесены на график, причем по оси абсцисс — возможные случаи, а по оси ординат — температуры, соответ-

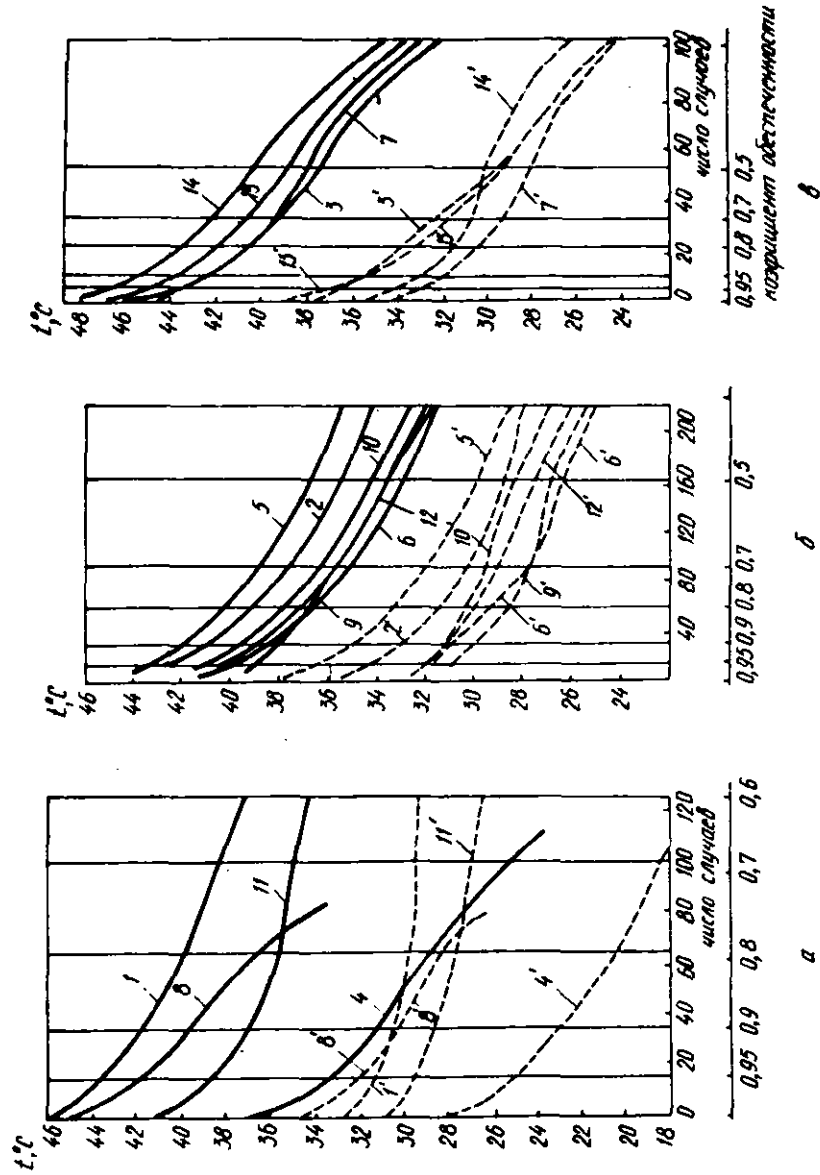


рис. 3. Расчетные значения максимальных (сплошная линия) и среднесуточных (пунктирная линия) температур для городов Средней Азии при различных коэффициентах обеспечения: 1-1' — Термез; 2-2' — Карши; 3-3' — Чирчик; 4-4' — Бишкек; 5-5' — Ташкент; 6-6' — Хива; 7-7' — Кушка; 8-8' — Мары; 9-9' — Фергана; 10-10' — Нукус; 11-11' — Ташкент; 12-12' — Чурук; 13-13' — Керки; 14-14' — Дарганата.

вующие этим случаям. Нанесенные точки соединены кривыми. Полученные зависимости позволяют определить расчетные значения температуры при любом коэффициенте обеспеченности.

1.2. РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

Основной составляющей тепловых воздействий на здание является солнечная радиация. Интенсивность облучения ограждающих конструкций зависит от географического положения местности, степени прозрачности атмосферы, ориентации по странам света, времени года и суток. До настоящего времени значение солнечной радиации, поступающей на горизонтальную и вертикальную поверхности, определялось по теоретическим данным, рассчитанным для ясного дня в зависимости от широты местности без учета особенностей каждого района.

В табл. 3 приведены расчеты суммарной солнечной радиации на горизонтальную и вертикальную поверхности с учетом климатических условий Средней Азии (пункты наблюдения расположены в порядке возрастания географической широты). С этой целью были определены значения прямой $I_{\text{п}}^{\text{Г}}$ и рассеянной $I_{\text{р}}^{\text{Г}}$ солнечной радиации на горизонтальную поверхность по имеющимся метеорологическим данным за многолетний период. Полученные значения послужили исходными для расчета облучения вертикальных поверхностей. Сумма тепла от прямой радиации на вертикальные поверхности $I_{\text{п}}^{\text{В}}$ зависит от их ориентации и рассчитывается по формуле

$$I_{\text{п}}^{\text{В}} = I_{\text{п}}^{\text{Г}} \cdot \text{ctg} \cdot \beta ,$$

где $I_{\text{п}}^{\text{Г}}$ — сумма тепла от прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность, Вт/м²;

β — профильный угол, т. е. вертикальный угол между проекцией солнечного луча на вертикальную, перпендикулярную фасаду плоскость и горизонтом.

Профильный угол определяется по формуле

$$\text{ctg} \beta = \text{ctg} h \cdot \cos \alpha ,$$

где h — высота солнца;

α — горизонтальный угол между проекцией солнечного луча и нормалью к плоскости (определяется как разность азимутов солнца и ориентации вертикальной плоскости).

Таблица 3

Расчетные значения суммарной солнечной радиации на вертикальную (западную) и горизонтальную поверхности, Вт/м²

Климатические районы	Сумма за сутки			Среднесуточная			Максимальная					
	прямая	рассеянная	отраженная	суммарная	прямая	рассеянная	отраженная	суммарная				
Верховье Амударьи (гг. Термез, Денау, Шерабад)	2359	1072	879	4311	99	44	37	180	515	79	60	654
Бухарский (гг. Бухара, Каган, Навои) и Каршинская степь	2599	940	912	4451	99	39	38	186	534	68	60	662
Ферганская долина (гг. Фергана, Наманган, Андижан, Коканд)	2000	1044	812	3856	83	43	34	160	404	88	71	563
Ташкентский (гг. Ташкент, Чирчик) и Голодистелский	2480	900	865	4250	103	37	36	176	530	64	58	652
Кызылкумы (г. Тамды)	2540	837	909	4246	105	35	36	176	535	60	60	655
Северный Каракалпакстан (гг. Нукус, Чурук)	2167	1049	787	3992	89	44	32	166	453	68	52	574
Горизонтальная поверхность для всех климатических районов	6312	1611	—	7923	262	67	—	329	783	180	—	963

Сумма тепла от рассеянной солнечной радиации на вертикальные поверхности (I_p^B) рассчитывается по формуле

$$I_p^B = I_p^r \cdot K,$$

где I_p^r — поток рассеянной радиации на горизонтальную поверхность, Вт/м²;

K — коэффициент вертикальной освещенности.

Коэффициент K учитывает положение неравноярких участков небосвода относительно вертикальных поверхностей разных ориентаций. Почасовые значения коэффициента K для инсолируемых поверхностей определяются по формуле

$$K = 0,55 + 0,437 \cos \theta + 0,313 \cos \theta,$$

где θ — угол падения солнечных лучей на вертикальную поверхность западной ориентации.

Величина θ зависит от положения солнца на небосводе и рассчитывается по формуле

$$\cos \theta = \cos h \cdot \cos \alpha.$$

Отраженная радиация на вертикальные поверхности вычисляется по формуле А. В. Ершова и Г. К. Гольдштейн [4]

$$I_o^B = 0,47 \cdot \alpha (I_n^r + I_p^r),$$

где I_n^r и I_p^r — сумма тепла на горизонтальную поверхность, обусловленная прямой и рассеянной радиацией, Вт/м²

α — коэффициент отражения горизонтальной поверхности, равный 0,36 для декабря-февраля и 0,25 — для остальных месяцев;

0,47 — коэффициент взаимного облучения горизонтальной и вертикальной поверхности.

Суммарная радиация на вертикальную поверхность

$$I_c^B = I_n^B + I_p^B + I_o^B.$$

Расчеты показали, что максимальная сумма тепла на вертикальные поверхности приходится на восточные и западные румбы. Вместе с тем облучение западных поверхностей во вторую половину дня совпадает с максимумами температуры воздуха, что является неблагоприятным условием для ограждений. В связи с этим в качестве расчетных значений для стен принята суммарная солнечная

радиация на вертикальную (западную) поверхность и для покрытий — на горизонтальную поверхность (табл. 3).

Полученные данные показывают, что специфические условия отдельных пунктов имеют большее значение, чем широтное расположение. Например, Термез ($\varphi = 37^{\circ}17'$) расположен южнее Чарджоу ($\varphi = 39^{\circ}05'$), но приход солнечного тепла здесь меньше. Это объясняется тем, что в Термезе в июле наблюдается мгла, уменьшающая прямую и суммарную радиацию. Подобная особенность характерна и для Ферганской долины, где повышенная (по сравнению с другими районами) влажность воздуха заметно уменьшает интенсивность солнечной радиации. Рекомендуемые для расчета теплоустойчивости значения солнечной радиации на горизонтальную и вертикальную (западную) поверхности представлены в табл. 3.

При теплотехнических расчетах наружных ограждающих конструкций зданий важным условием является правильный учет коэффициента теплообмена.

Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности ограждения (α_n) соответствуют определенным параметрам внешних условий и в зависимости от величины расчетной скорости ветра уточняются. Они дифференцированы в соответствии с климатическими условиями территории Средней Азии и отражают действительные теплообменные характеристики (табл. 4).

Тепло от солнечной радиации, падающей на поверхность ограждения, частично поглощается ограждением, частично отражается от поверхности. Количество тепла от солнечной радиации, поглощаемое поверхностью, зависит от цвета и фактуры наружной поверхности и оценивается коэффициентом поглощения P , равным $1-A$, и коэффициентом отражения A (альбедо).

Для уменьшения теплового действия солнечной радиации на наружные поверхности ограждающих конструкций рекомендуется применять отделочные материалы и окраски светлого цвета с коэффициентом поглощения солнечной радиации не более 40—50%.

Исходя из расчетных данных по температуре наружного воздуха, солнечной радиации и скорости ветра для различных пунктов территории Средней Азии, а также величины поглощения тепла солнечной радиации наружной поверхностью можно получить наиболее вероятные амплитуды суммарных тепловых воздействий на наружные поверхности ограждений. Величина амплитуды суммарных тепловых воздействий вычисляется по формуле

$$At_{\text{сумм}} = (t_{\text{ср.макс}} - t_{\text{ср.сут}}) + \frac{(I_{\text{макс}} - I_{\text{ср.сут}}) \cdot P}{\alpha_n},$$

где $t_{\text{ср.макс}}$ и $t_{\text{ср.сут}}$ — среднемаксимальные и среднесуточные значения температур наружного воздуха, принимаемые для

различных пунктов территории Средней Азии (по табл. 2 и рис. 3);

$I_{\text{макс}}$, $I_{\text{ср.сут.}}$ — максимальные и среднесуточные значения суммарной солнечной радиации на горизонтальную и вертикальную (западную) поверхности, принимаемые по табл. 3 и рис. 2;

P — коэффициент поглощения тепла солнечной радиации;

α_n — коэффициент теплообмена на наружной поверхности (по табл. 4), Вт/м² °С.

Таблица 4

Расчетные значения коэффициентов теплообмена (α_n) и суммарной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха

Пункт	Суммарная амплитуда колебания температуры $A_{\text{сумм.}}$, °С			Коэффициент теплообмена α_n , Вт/м ² °С
	при $P=0,3$	при $P=0,4$	при $P=0,5$	
Ташкент	20,4	24,4	28,3	15,4
Чурук	13,7	15,6	17,5	32,2
Тамды	12,6	14,6	16,7	30,7
Самарканд	19,7	23,3	27,0	16,6
Термез	18,2	20,7	22,0	24,1
Джизак	14,4	16,7	19,0	26,4
Фергана	18,1	20,9	24,9	17,7
Даргоната	16,4	19,0	21,4	24,9
Керки	15,1	17,8	20,6	22,0
Кушка	15,9	17,8	20,0	25,2
Карши	17,1	20,0	23,0	20,6
Нукус	12,7	14,6	17,0	32,2
Машикудук	15,7	18,0	21,6	20,6
Янгйер	13,6	15,5	18,3	25,2
Кызыларват	15,2	17,8	20,3	24,1
Красноводск	11,5	13,2	14,8	26,9
Гасанкули	9,7	11,1	12,5	43,6
Хива	14,2	16,6	19,6	25,7
Душанбе	20,7	24,3	28,0	16,6
Казанджик	13,8	16,4	18,9	24,1
Ашгабат	15,4	18,1	20,9	22,0
Бухара	14,2	16,1	17,9	33,4
Навои	16,3	18,9	21,6	22,6
Чагыл	11,5	13,1	14,7	39,2

Требуемая величина затухания колебаний температуры внешней среды представляет собой отношение амплитуды температуры наружного воздуха и эквивалентной температуры солнечного облучения к амплитуде на внутренней поверхности:

$$\nu_{\text{тр}} = \frac{A_{\text{т.сум}}}{A_{\text{т.п.}}} \cdot \varphi,$$

где $A_{\text{т.сум}}$ — суммарная амплитуда колебаний температуры (по табл. 4);

$A_{\text{т.п.}}$ — допустимая амплитуда колебания температуры на внутренней поверхности конструкций;

φ — коэффициент несовпадения максимумов температуры наружного воздуха и солнечной радиации (по табл. 44).

При расчетах наружных ограждений на теплоустойчивость принимаем наименьшую величину амплитуды ($A_{\text{т.п.}} = \pm 1^\circ \text{C}$).

1. 3. РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Температура наружного воздуха для расчета теплозащитных свойств наружных ограждений устанавливается с учетом времени, необходимого для предельного охлаждения конструкций, и особенностей возможных изменений зимних температур в данной местности.

За расчетную принимается средняя температура наиболее холодного интервала времени, требуемого для завершения процесса охлаждения конструкции и предельного понижения температуры на ее поверхности, обращенной в помещение. Время, необходимое для охлаждения наружных ограждений, зависит от их размера. Средняя температура за этот период, влияющая на температуру внутренней поверхности, нестабильна.

Для теплофизических расчетов по зимним условиям можно использовать полученные расчетные температуры и скорость ветра в январе в соответствии с указаниями СНиП и табл. 5.

Охлаждение помещений зависит не только от действия низких температур наружного воздуха, но и в значительной степени от скорости зимних ветров. Наиболее интенсивное охлаждение происходит при большой скорости ветра и сравнительно низком качестве изготовления окон и балконных дверей. Причем температура наружного воздуха меньше влияет на охлаждение, чем ветер. При расчетах сопротивления наружных ограждений воздухопроницанию за среднюю скорость ветра СНиП 2.01.01.82 рекомендует принимать среднюю скорость из тех румбов за январь, повторяемость которых составляет 16% и более.

Таблица 5

Расчетная температура и скорость наружного воздуха в январе

Пункт	Средняя наиболее холодная пятидневка, °С	Средняя наиболее холодных суток, °С	Скорость ветра, м/с
УЗБЕКИСТАН			
Андижанская область			
Андижан	—16	—18	1,0
Наманган	—14	—17	1,9
Бухарская область			
Тамдыбулак	—16	—19	4,2
Бухара	—12	—15	2,6
Самаркандская область			
Самарканд	—14	—16	1,7
Сурхандарьинская область			
Термез	—10	—12	2,1
Денау	—8	—11	2,8
Шерабад	—8	—10	2,9
Сырдарьинская область			
Мирзачуль	—16	—21	2,9
Урсатьевская	—13	—15	6,8
Кашкадарьинская область			
Китаб	—11	—13	1,9
Карши	—12	—15	2,3
Джизакская область			
Джизак	—17	—20	2,8
Ташкентская область			
Ахангаран	—22	—25	2,5
Ташкент	—15	—18	2,0
Ферганская область			
Коканд	—14	—17	1,5
Фергана	—15	—17	1,0
Хорезмская область			
Ургенч	—19	—21	3,7
Турткуль	—21	—24	3,7
Таджикистан			
Гарм	—17	—20	3,6
Душанбе	—10	—13	1,3
Кургантюбе	—10	—12	1,2
Куляб	—9	—12	2,3
Регар	—9	—11	1,4
Пенджикент	—16	—19	1,6

Продолжение табл. 5.

Пункт	Средняя наиболее холодная пятидневка, °С	Средняя наиболее холодных суток, °С	Скорость ветра, м/с
Уратобе	—15	—18	1,5
Исфара	—14	—17	1,3
Худжанд	—13	—16	5,3
Горно-Бадахшанская автономная область			
Мургаб	—3	—36	1,2
Каракуль (озеро)	—33	—36	1,9
Хорог	—17	—20	1,6
Туркменистан			
Кызыларват	—14	—17	3,4
Ашгабат	—11	—14	1,9
Красноводск	—7	—14	3,6
Гасанкули	—3	—10	3,1
Марыйская область			
Тахта-Базар	—14	—16	2,4
Мары	—12	—15	2,5
Байрамали	—12	—15	2,5
Теджен	—12	—14	1,5
Ташаузская область			
Ташауз	—18	—22	3,2
Зеагли	—16	—19	4,5
Чарджоуская область			
Чарджуй	—13	—16	3,9
Керки	—9	—12	3,5

Важное значение имеет и влажность наружного воздуха, от которой в значительной степени зависят процессы испарения влаги из ограждающих конструкций зданий в летний период: чем больше относительная влажность наружного воздуха, тем медленнее сохнут стены. Для климата Средней Азии характерны сравнительно небольшая относительная влажность воздуха (28—50%) и большое количество сухих дней с влажностью ниже 30% (в отдельных случаях 7—9%), что способствует быстрому испарению влаги из ограждающих конструкций зданий. Исключение составляет сравнительно небольшая территория Средней Азии вдоль рек Сырдарьи, Амударьи и прибрежных районов Аральского и Каспийского морей. Среднемесячная относительная влажность в летний период здесь достигает 45—50%.

ГЛАВА II

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ СРЕДСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЙ

Для обеспечения нормального функционирования жилых и общественных зданий в Средней Азии, комфортности и благоустройства необходима защита их от перегрева в летнее время. Издавна с этой целью применялись солнцезащитные ставни или другие затеняющие устройства, сквозное проветривание. Здания строились только одноэтажные с толстыми стенами и хорошо вентилируемым чердаком. Жилища прижимали к земле, затеняли деревьями, а придомовую территорию обводняли прудами, арыками и фонтанами. Все это позволяло поддерживать летом внутри помещений благоприятный микроклимат.

С ростом технического прогресса коренным образом изменились строительная технология, приемы и методы градостроительства. Некоторые положительные способы организации благоприятного микроклимата жилой среды оказались утраченными. Появление крупных городов с мощными промышленными комплексами привело к снижению удельного веса зеленых насаждений и водных бассейнов. В результате асфальтирования значительных площадей поток отраженной солнечной радиации увеличился. Рост энергопотребления и высокая плотность застройки привели к увеличению тепловыделений из зданий и городских коммуникаций, что способствовало локальному повышению температуры наружного воздуха в городской черте.

Индустриальное домостроение обусловило переход на облегченные строительные конструкции с малыми инерционными свойствами и повышенной фильтрацией. Это, в свою очередь, снизило тепловую изоляцию зданий от внешних воздействий. Уменьшилась высота жилых помещений, возросла этажность. Квартиры верхних этажей лишились благоприятного влияния грунта, озеленения и обводнения и попали под прямое воздействие солнечной радиации. Указанные факторы значительно ухудшили микроклимат жилой среды в современных городских образованиях в южных регионах. Многочис-

ленные натурные микроклиматические исследования, выполненные на территории Средней Азии сотрудниками отдела архитектурной климатологии ТашЗНИИЭП, позволяют заключить, что тепловой режим существующих многоэтажных жилых домов совершенно неудовлетворителен.

Таблица 6

Зависимость внутрижилищной температуры воздуха от среднесуточной наружной температуры

Автор	Место исследования	Среднесуточная температура наружного воздуха, °С	Максимальная температура воздуха в квартирах, °С
И. А. Мерпорт, А. В. Ершов	Ташкент	27,2	30,3
А. В. Ершов, Е. А. Солдатов	Голодная степь	28,6	30,7
А. В. Ершов, Е. И. Угрюмов	Бухара	30,2	32,6
Б. Ф. Васильев	Ашгабат	31,0	33,6
Б. Ф. Васильев	Ашгабат	32,4	35,7

Температура воздуха внутри жилых домов Средней Азии летом (табл. 6) достигает иногда 33—36°С, что на 2—3,5°С выше среднесуточной наружной. В зданиях, сооруженных с отступлениями от требований строительных норм и правил, возможно повышение внутренней температуры до 38—40°С (Б. Ф. Васильев) [6]. Верхней границей зоны теплового комфорта в Средней Азии является температура 25—26°С в оазисах и 26—27°С в пустынных районах. Таким образом, в современных зданиях температура воздуха в летний период значительно превышает комфортные значения, и квартиры значительно перегреваются.

Перегрев в одноэтажном жилище наблюдается при наружной температуре 34—35°С, а в многоэтажном — при 30—32°С (рис. 4). На основании данных анализа климата городов Средней Азии установлено, что продолжительность перегревного периода для многоэтажного жилища достигает 134 дня (табл. 7).

В условиях современного градостроительства архитектурно-планировочные и теплозащитные мероприятия сами по себе оказываются уже недостаточными для обеспечения благоприятного микроклимата. Это объясняется тем, что такие естественные средства регулирования микроклимата, как применение массивных теплоустойчивых ограждений, использование благоприятного влияния охлаждающего подполья, затенение зелеными древесными насажде-

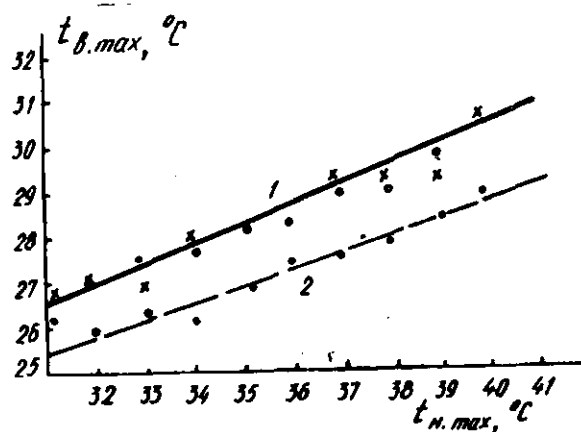


Рис. 4. Микроклиматическая зависимость максимальных температур внутреннего и наружного воздуха для: 1—многоэтажных, 2—малоэтажных зданий.
(По данным исследований А. В. Еришова, Е. А. Насонова, З. А. Вавиловой).

ниями стен, малоприемлемы, другие же,— как солнцезащита светопроемов, благоприятная ориентация, проветривание, обводнение и озеленение участков,— остаются необходимыми, но уже не решающими проблему защиты зданий от перегрева, поскольку они не могут справиться с возросшими тепловыми нагрузками.

Таблица 7

Продолжительность перегревного периода, в днях

Город	Для одноэтажных домов	Для многоэтажных домов	Увеличение продолжительности перегревного периода многоэтажного жилья по сравнению с одноэтажными
Фергана	39	92	53
Нукус	44	97	53
Ташкент	57	98	41
Ашгабат	76	112	36
Термез	92	134	42

Достичь теплового комфорта в современных зданиях даже при максимальном использовании всех естественных средств регулирования микроклимата невозможно в дни с максимальной наружной

температурой выше 34°C без внесения искусственного холода с помощью систем охлаждения и кондиционирования воздуха. Поэтому инженерные способы климатической защиты зданий в жарких районах в настоящее время стали совершенно необходимыми.

А. А. Гоголин отмечает, что очередность внедрения кондиционирования воздуха должна быть связана с величиной теплонапряженности помещения, которая зависит от типа и назначения здания. Наиболее теплонапряженные помещения следует считать первоочередными объектами для внедрения кондиционирования воздуха.

Внедрение систем в объекты промышленного и гражданского строительства Средней Азии проходит поэтапно. Сначала кондиционируются объекты промышленного строительства (технологическое кондиционирование) и наиболее теплонапряженные объекты гражданского строительства (рестораны, театры), затем общественные здания (больницы, родильные дома, магазины, учреждения), гостиницы и промышленные предприятия (комфортное кондиционирование), в третью очередь — жилые здания. В настоящее время второй этап в южных районах Средней Азии можно считать осуществленным. Настало время широкого внедрения кондиционирования в жилые здания.

Для осуществления массового внедрения систем кондиционирования требуется развитие промышленной базы холодильного машиностроения и кондиционеростроения, проведение большой исследовательской, организационной работы и технико-экономических обоснований. Очень важно наметить очередность внедрения систем охлаждения и кондиционирования, определить архитектурные и конструктивные решения жилых зданий с искусственным охлаждением, установить оптимальные методы применения систем искусственного климата.

Системами кондиционирования микроклимата называются все инженерные устройства, служащие для поддержания в помещениях определенного микроклимата. Это понятие включает в себя все виды систем кондиционирования воздуха, охлаждения, отопления и вентиляции. С архитектурно-типологической точки зрения представляет интерес деление всех систем на две принципиально различные группы. К первой относятся устройства, служащие только для охлаждения и отопления помещений и не выполняющие функции вентиляции, ко второй — не только создающие в помещениях нужные температурные условия, но и регулирующие состав воздушной среды путем постоянной подачи обработанного наружного воздуха.

Радиационные и конвекторные системы охлаждения относятся к первой группе. Они представляют собой систему трубопроводов и установленных в каждом помещении охладительных приборов:

конвекторов или радиационных панелей. Вода, охлажденная холодильной установкой или полученная из естественных источников (артезианских скважин, рек, каналов и т. д.), подводится по трубопроводам к охладительным приборам. Радиационные и конвекторные системы иногда называются водяными системами кондиционирования. При их применении вентиляция помещений осуществляется естественным образом за счет проветривания и качество внутреннего воздуха зависит от состава наружного.

Системы второй группы поддерживают в помещении помимо заданной температуры требуемый состав воздушной среды (чистоту, влажность и т. п.) независимо от состава наружного воздуха. Это воздушные и водо-воздушные, центральные и местные, неавтономные и автономные системы кондиционирования воздуха. Свежий наружный воздух подается в помещения после предварительной обработки его в кондиционере, где он очищается, охлаждается, осушается или увлажняется. В случае необходимости воздуху придаются новые свойства путем ионизации, озонирования, одорирования и т. д.

В экономическом отношении системы радиационного и конвекторного охлаждения жилых зданий имеют значительное преимущество перед системами воздушного кондиционирования, объясняемое более эффективным расходом холода и тепла, отсутствием сложного оборудования, простотой обслуживания, способностью их массовой централизации. Расход холода и тепла при применении систем первой группы сокращается на 40—90%, а приведенные затраты в два раза ниже наиболее экономичных систем воздушного кондиционирования (А. С. Быстров, С. М. Легейдо, Е. А. Насонов).

С целью проверки эффективности систем радиационного и конвекторного охлаждения лабораторией кондиционирования воздуха ТашЗНИИЭП проводилось всестороннее исследование микроклиматических, теплотехнических и эксплуатационных качеств этих систем климатизации. Опыты проводились на двух экспериментальных объектах с участием сотрудников Узбекского научно-исследовательского института санитарии, гигиены и профзаболеваний Министерства здравоохранения республики. Исследования показали полную жизнеспособность и эффективность систем конвекторного охлаждения (Е. А. Насонов) и подтвердили высокие возможности систем радиационного охлаждения. Оба типа систем охлаждения являются весьма перспективными для климатизации жилых зданий.

В Ташкенте был проведен анкетный опрос относительно важности регулирования различных параметров микроклимата, в результате которого выяснилось, что 66% опрошенных считали достаточным обеспечить в жилых комнатах комфортную температуру. К уровню прочих параметров микроклимата предъявлялись значительно мень-

шие требования. Важность поддержания требуемого состава воздушной среды оценивалась в 23%, а снижения шума, проникающего с улицы,— в 11%. Результаты опроса объясняются тем, что высокая температура воздуха и ограждений в некондиционируемом помещении наиболее неблагоприятно отражается на самочувствии человека. Влажность воздуха в помещениях летом в большинстве районов Средней Азии, в том числе в Ташкенте, находится на приемлемом уровне, так же, как и его подвижность [51].

Особых беспокойств в проветриваемых жилых зданиях не вызывает и состав воздуха, за исключением центров крупных городов и районов с частыми пыльными бурями. И, наконец, шум, проникающий через раскрытые для проветривания оконные проемы, мешает проветриванию только в зданиях, расположенных вдоль улиц и дорог с весьма интенсивным движением или находящихся возле заводов и фабрик.

Все сказанное позволяет сделать вывод о возможности широкого применения в жилых зданиях систем кондиционирования только температурных условий. Учитывая высокую стоимость систем воздушного кондиционирования, дефицитность оборудования для них и сложность его эксплуатации для массового жилищного строительства, следует рекомендовать системы охлаждения (радиационного и конвекторного), если только запыленность и загазованность наружного воздуха не препятствует проветриванию помещений. Если атмосферный воздух сильно загрязнен или район застройки отличается повышенным шумом, должны применяться системы воздушного кондиционирования или системы охлаждения совместно с механической приточной вентиляцией. Именно эти основные положения использованы в качестве критерия при районировании территории Средней Азии по рекомендуемым типам систем кондиционирования [51].

Системы кондиционирования жилых зданий в Средней Азии должны обладать определенными свойствами, позволяющими максимально использовать благоприятные факторы климата: его резкую континентальность и низкие ночные температуры. На основании анализа и проведенных экспериментов признано целесообразным соблюдение таких требований к системам кондиционирования микроклимата, как:

а) невысокая инерционность и малая теплоаккумулирующая способность;

б) высокая гидравлическая устойчивость воздушного тракта в системах кондиционирования воздуха.

В литературе высказывается мнение о том, что в районе с резкими колебаниями климатических условий должны применяться маневренные системы отопления и охлаждения (В. Е. Кореньков,

J. J. Mann), которые требуют меньших затрат. Опыты на экспериментальных объектах подтвердили эти выводы [51]. Наиболее экономично использовать кондиционирование только в часы перегрева с переходом в остальное время на режим проветривания. Быстрой смене режимов способствует малая инерция систем.

При применении весьма инерционных устройств быстрое отключение их оказывается невозможным. При организации проветривания продолжается поступление искусственного холода в помещение, который уносится потоками аэрируемого воздуха. Например, в экспериментах с бетонными радиационными панелями зафиксирован бесполезный расход холода в размере 30—40% от потребного при малоинерционных системах. Поэтому во всех случаях желательно, чтобы инерция систем не препятствовала поочередному применению их с проветриванием, т. е. была бы не больше, чем 0,5—1,0 час.

Высокая гидравлическая устойчивость воздушного тракта систем кондиционирования воздуха также способствует эффективной работе и позволяет отказаться от нежелательной во всех отношениях герметизации оконных проемов. Достаточная гидравлическая устойчивость может обеспечиваться правильным расчетом воздухопроводов. Это предотвратит гидравлическую разрегулировку работающей системы при случайном раскрытии окон в помещении.

Если система не обладает требуемой гидравлической устойчивостью, то количество воздуха, поступающего в раскрытое помещение, резко увеличивается, а в соседнем уменьшается, что приводит к ухудшению микроклимата во всех помещениях.

II.1. НАТУРНЫЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ДОМАХ БЕЗ ИСКУССТВЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Микроклимат помещений — совокупность метеорологических процессов, создающих определенные условия теплообмена человека со средой. Данное определение связывает две стороны микроклимата: метеорологическую, представляющую собой объективную характеристику среды, окружающей человека в доме, и физиологическую, т. е. действие данной среды на организм человека. Основные метеорологические элементы микроклимата — температура, влажность и скорость движения воздуха, температура поверхностей ограждений и окружающих человека предметов. Физиологические качества микроклимата могут быть охарактеризованы уровнем физиологических реакций организма.

В климатических условиях Узбекистана летний микроклимат помещений имеет характерные особенности. Если зимой отопительная система парализует внешние воздействия, то летом микроклимат жилища во многом зависит от внешних климатологических факторов.

Положительные стороны климата — большая продолжительность теплового периода года, низкая относительная влажность воздуха, благоприятный солярный климат, континентальность; отрицательные — высокий уровень солнечной радиации, маловетрие или повышенные скорости ветра в ряде районов, высокие температуры в летний период, приводящие к перегреву территорий и помещений.

Большая продолжительность теплового периода при сравнительно мягких зимних температурах создает условия для длительного пребывания жителей на открытом воздухе. В холодный период при характерном холодно-ветровом режиме биотермические условия внешней среды в дневное время по степени суровости относятся к прохладным типам погод.

Продолжительность и повторяемость более суровых — холодных типов погод невелика: на севере в январе — 5—10 дней, на юге — до 3 дней при 15—30% и 2—9% повторяемости. Кроме того, в зимнее время режим погоды неустойчив и часто сопровождается значительными потеплениями. В теплый период, продолжительность которого весьма значительна — от 200—220 дней на севере и до 270—310 дней на юге, благоприятные тепловые условия позволяют интенсивно использовать наружные пространства и приквартирные летние помещения для различных хозяйственно-бытовых процессов. Ночной сон на открытом воздухе возможен с мая по сентябрь.

С биологической точки зрения микроклимат внешней среды более благоприятен для человека, чем микроклимат помещений (большая насыщенность кислородом и ультрафиолетовыми лучами, меньшая бактерицидная загрязненность), поэтому практическое значение имеет организация быта на открытом воздухе.

Низкая относительная влажность воздуха на территории обусловлена незначительным количеством осадков в течение года. Летом очагом формирования сухого воздуха являются разогретые пустынные территории. Например, в Ташкенте среднегодовая относительная влажность воздуха 58—60%, в летние месяцы 40—50% ночью и 25—30% днем. Этот фактор играет немаловажную роль в тепловых ощущениях человека. При таком уровне относительной влажности легче переносятся высокие температуры воздуха.

Для Узбекистана характерен благоприятный солярный климат. Благодаря незначительной облачности величина ультрафиолетовой радиации на территории значительно больше, чем в других районах СНГ, а спектральная граница короче.

Для получения биологической дозы (оцениваемой по эритемной дозе) для жителей юга достаточно пребывание на улице летом в течение 15—20 мин., в то время как в северных районах для этого необходимо 1—2 часа (Н. Ф. Галанин, И. А. Сивцов).

В связи с тем, что вероятность солнечного сияния даже в декабре превышает 30%, это позволяет обеспечить необходимые условия инсоляции и в прохладное, и в холодное время года. При этом высокий уровень солнечной радиации и обилие солнечного тепла служат дополнительным источником обогрева помещений.

Эффективность теплового воздействия солнца для человека, находящегося в полукрытых летних помещениях и на территории застройки, заключается в снижении нижней границы зоны комфорта от 15 до 12°C (при маловетрии для человека, одетого в костюм), что влечет за собой увеличение продолжительности использования внешней среды.

Резкая континентальность — одна из наиболее характерных черт Средней Азии — выражается в большой годовой амплитуде температур (28—29°C для Ташкента) в значительных колебаниях метеорологических элементов в разные периоды года, и, что наиболее важно для типологии жилища, в больших амплитудах суточного хода метеопоказателей. В Ташкенте максимальная амплитуда температуры воздуха в июле при ясном небе днем и ночью составляет 23,7°C, а средняя 17,4°C (в Тбилиси соответственно 19,9 и 14,3°C и в Москве 15,7 и 11,8°C).

Благодаря высоким суточным амплитудам термический фон внешней среды ночью, как правило, находится в зоне теплового комфорта (среднеминимальные температуры воздуха ночью в Ташкенте в июне 16,8°C, в июле 18,2°C, в августе 16,0°C). Это дает возможность восстановить тепловой баланс организма человека, нарушенный днем, охладить помещения и застройку.

Отрицательные стороны климата Узбекистана проявляются в теплый период года и заключаются в перегреве внешней среды. Из факторов, вызывающих перегрев среды, в первую очередь следует отметить солнечную радиацию. Благоприятные атмосферные условия при высоком стоянии солнца способствуют тому, что действительные суммы радиации составляют значительную долю возможных.

Если сумму тепла, падающего на горизонтальную поверхность от прямой солнечной радиации, принять для Ташкента за 100%, то Тбилиси получает лишь 74%. В часы максимального облучения на горизонтальную поверхность в Ташкенте в полдень в июле приходится 890 Вт/м², на вертикальную — 610 Вт/м² (см. рис. 2). Еще выше действие солнечной радиации в Бухаре и Термезе.

Отрицательная роль ветрового режима на территории Узбекистана проявляется различно в зависимости от скорости ветрового потока. Например, в пустынных районах, а также на побережье Аральского моря и локальных участках (Урсатьевская, Айвадж) ветер не благоприятствует использованию открытых пространств в дневное время, способствует нагреванию конструкции и усиливает

ощущение жары при температуре 38°C и выше и затрудняет ночное проветривание жилых и летних помещений. В дневные часы скорость ветра около 5 м/с , в ночные — более 5 м/с , что превышает бытовой порог ощущения человека и санитарно-гигиенический критерий, ограничивающий проветривание жилища.

В предгорьях и оазисах, где ландшафт смягчает ветровой режим, создаются благоприятные условия для проветривания застройки и помещений. Однако в районах городов Ташкента и Термеза ветровой режим в ночные часы недостаточно интенсивен: скорость ветра в июле менее $1,5\text{ м/с}$, что снижает эффективность ночного охлаждения жилища, а также наружных пространств.

В Ташкенте летом скорость ветра $2,0\text{—}2,5\text{ м/с}$. В течение суток средняя скорость ветра в дневные часы увеличивается от $1,3$ до $1,5\text{—}1,9\text{ м/с}$, снижаясь в вечерние и ночные часы до $1,0\text{—}1,1\text{ м/с}$.

На характер ветрового режима пограничной юго-западной зоны республики оказывают влияние пустыни (пыльные бури). Пыльные бури, охватывая высокие слои воздуха, распространяются широким фронтом. Скорость ветра, наиболее характерная для пыльных бурь, по сведениям Н. С. Орловского, $7\text{—}10\text{ м/с}$, но возможны и при меньших значениях $4\text{—}6\text{ м/с}$. При этом лессовая пыль и барханный песок поднимаются высоко в воздух и переносятся на большие расстояния. Более часты пыльные поземки, возникающие в приземном слое воздуха при скорости ветра $3\text{—}4\text{ м/с}$, а иногда и при 1 м/с . Их действие носит местный характер и полностью связано с особенностями подстилающей поверхности.

Особо неблагоприятными ветровыми условиями (пыльными бурями) отличаются Кашкадарьинская область, район г. Термеза. Летом на месяц приходится три дня с пыльной бурей. Как правило, пыльные бури возникают на высоком термическом фоне и им предшествуют тяжелые штилевые условия. Значительная радиация и неблагоприятные ветровые условия приводят к формированию тяжелого термического режима, который характеризуется высокой температурой воздуха и поверхностей. Абсолютные максимумы температуры воздуха достигают на юге республики $47\text{—}49^{\circ}\text{C}$ (в Ташкенте $43,6^{\circ}\text{C}$).

Климатический фон местности может в значительной степени изменяться в пределах городской застройки. С одной стороны, усугубляются условия естественного перегрева, с другой, — могут быть смягчены или локализованы неблагоприятные воздействия внешней среды. Существенную роль при этом играют степень концентрации застройки и уровень благоустройства городских территорий. Например, по данным Г. Гольдштейн и А. Демидковой, температура воздуха открытых пространств в пределах городской

застройки Ташкента, как правило, была в среднем выше на 1°C днем и на $1,5^{\circ}\text{C}$ ночью, общий уровень радиационного фона превышал естественный в значениях, эквивалентных повышению температуры воздуха на 1°C .

В пределах города на отдельно застроенных территориях также наблюдались микроклиматические различия. В центре города при слабом уровне благоустройства формировались более жесткие условия, чем на окраине; при хорошем озеленении и обводнении микроклимат открытых пространств мало отличался от окрестностей. Как правило, температурные контрасты в пределах самой застройки между благоустроенными и неблагоустроенными территориями могут достигать $4\text{--}5^{\circ}\text{C}$ и более (А. В. Ершов, Г. К. Гольдштейн).

Основные факторы, вызывающие перегрев территории застройки: повышенная площадь инсоляции междомовых территорий при большой интенсивности облучения, воздействие отраженной радиации, неблагоприятное снижение или усиление скорости ветра.

Вследствие высокого положения солнца даже при наиболее благоприятных с точки зрения затенения территории приемах застройки летом в течение 8—9 час. затенено менее 50% территории, а в самые жаркие часы междомовые пространства инсолируются на 70—90%.

Помимо тепловых нагрузок от прямой солнечной радиации элементы зданий и территории получают значительную долю тепла за счет радиации, отраженной горизонтальными и вертикальными поверхностями окружающего городского ландшафта (земля, зеленые насаждения, стены домов). Это объясняется большой величиной суммарной солнечной радиации, поступающей на данные поверхности, и высоким коэффициентом отражения этих поверхностей. Например, стены домов в Ташкенте получают до 31% дополнительной солнечной радиации, отраженной от поверхности земли.

Зона неблагоприятного влияния отраженной от стен радиации на человека от 6 м (южная ориентация) до 15 м (западная ориентация). Неблагоприятные стороны аэрационного режима в застройке в условиях маловетрия выражаются большими зонами малоподвижного воздуха и значительной кратностью снижения скорости ветра. Так, при длине здания 200 м, высоте 12 м и перпендикулярном его расположении по отношению к ветровому потоку ветровая тень составляет 156 м. Кратность снижения скорости ветра за зданием может быть от 1,5 до 30 м/сек. При подобных условиях тепловой дискомфорт увеличивается на 3—4 час.

В результате совместного воздействия перечисленных выше факторов значительно повышается общий термический фон застройки. Поверхности стен могут нагреваться до 60°C , естественный грунт и асфальт до 70°C . Температура воздуха в отдельных зонах

застройки превышает температуру воздуха открытых пространств на 3—4°C. Эти факторы, особенно в перегревные дни, существенно ухудшают тепловое самочувствие человека. По исследованиям И. М. Геллера, на облучаемых площадках в застройке дискомфортные теплоощущения людей наблюдались при температуре воздуха 24—26°C, в теневых условиях в зависимости от подвижности и относительной влажности воздуха — при 28—32°C. Соответственно в застройке увеличивается дискомфортный период в течение дня на 4—6 час., смещаются часы необходимого вечернего отдыха на более позднее время.

В Ташкенте наиболее вероятен дискомфорт с 12—13 до 19—20 час., в южных городах, например, в Термезе, — практически весь световой день. В это время территория застройки используется очень ограниченно — только для деловых передвижений.

Летний микроклимат зданий формируется при непосредственном воздействии внешней среды и зависит от различных планировочных, конструктивных и градостроительных факторов. При типичных условиях эксплуатации жилища в Узбекистане относительная влажность воздуха днем при режиме ночного проветривания квартир равна 30—45%, а скорость движения воздуха не превышает 0,10 м/сек. В этих условиях верхняя граница комфорта находится в пределах 24—26°C. При круглосуточном проветривании помещений, когда относительная влажность составляет 20—36%, а скорость движения воздуха в двухсторонних квартирах 0,30—0,50 м/сек., верхняя граница зоны комфорта поднимается до 29—30°C.

Благодаря значительной изоляции жилых помещений их микроклимат может отличаться от наружных условий на 8—10°C при наружной температуре воздуха 34—40°C. В Ташкенте в приквартирных летних помещениях, которые в меньшей степени изолированы от внешней среды, чем жилые комнаты, дневная температура воздуха веранд ниже наружной на 3°C.

Неблагоприятное воздействие внешней среды на жилище начинает сказываться при превышении наружной максимальной температуры 34°C. В этот период в жилище устанавливаются устойчивые дискомфортные условия. В ночное время комфортный микроклимат поддерживается не менее 6 час. на севере, а на юге не достигает комфортных пределов. При температуре воздуха выше 37°C дискомфортные условия большую часть суток наблюдаются и в летних помещениях. Тем не менее в вечерние и ночные часы летние помещения могут быть использованы для вечернего и ночного сна, так как здесь микроклиматические условия более благоприятны, чем в жилых помещениях.

Для снижения перегрева жилой среды в Узбекистане необходим комплекс мероприятий по регулированию радиационного, аэрацион-

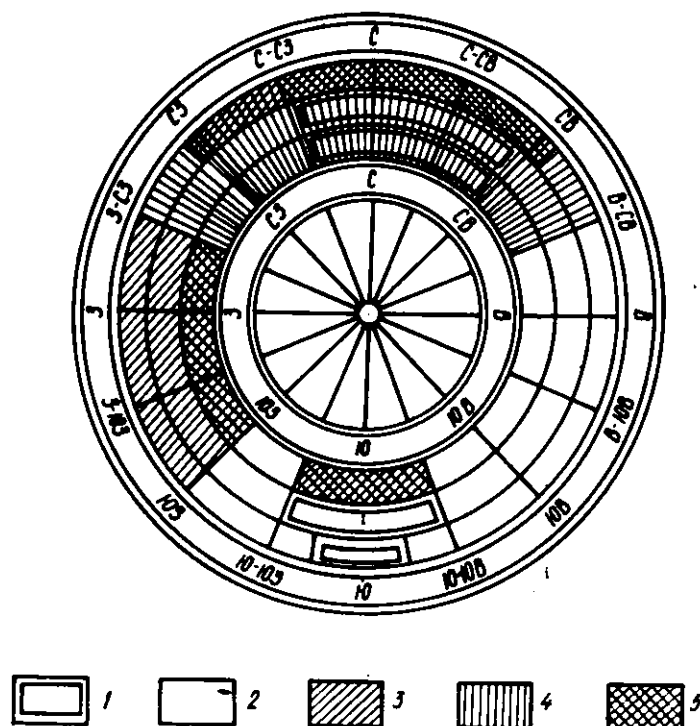


Рис. 5. Требования к ориентации жилых зданий: внешний круг — жилые комнаты; средний — летние помещения; внутренний — летние помещения, расположенные по фронту всей квартиры и имеющие глубину более $3/4$ высоты: 1 — оптимальная ориентация, 2 — допустимая (желательно солнцезащита), 3 — допустимая с обязательным солнцезащитным устройством, 4 — допустимая без солнцезащиты, 5 — недопустимая.

ного и температурно-влажностного режимов. Важнейший принцип улучшения микроклимата жилой среды — комплексная солнцезащита, включающая ориентацию зданий по сторонам горизонта, использование отражающих свойств отделочных материалов наружных поверхностей ограждений и зеленых насаждений, применение солнцезащитных средств для светопроемов, несветопрозрачных конструкций и элементов территории.

Оптимальной ориентацией для окон жилых домов и летних помещений, не препятствующих нормируемой инсоляции жилых домов (рис. 5), является южная часть горизонта в пределах $\pm 12^\circ$ от меридиана (А. В. Ершов, Г. К. Гольдштейн, Е. А. Солдатов).

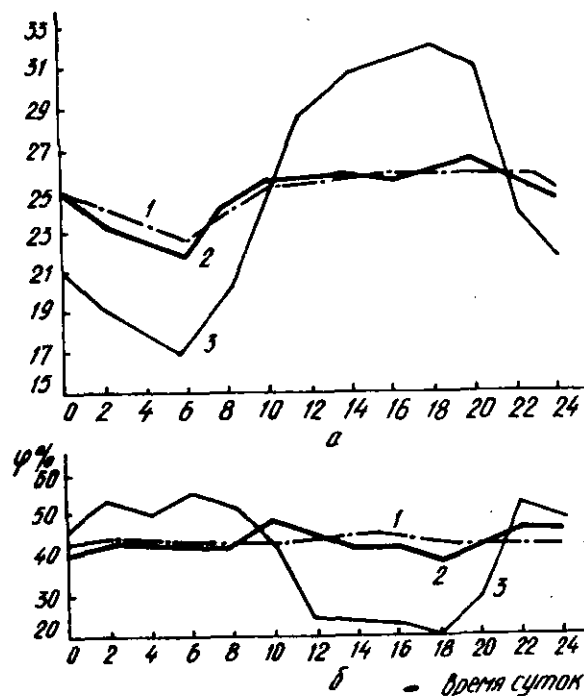


Рис. 6. Температурный (а) и влажностный (б) режимы в односторонних квартирах при солнцезащите: 1— южной ориентации, 2— запад — юго-западной ориентации, 3— наружный воздух.

Ориентация на юг летних помещений глубиной более 1,2 м, расположенных перед световым фронтом жилых комнат, которые при этом не инсолируются круглый год, недопустима. Оптимальная ориентация этих помещений — северная, если большинство жилых комнат ориентировано на юг. Ориентация окон на северную часть горизонта от север — северо-востока до север — северо-запада для односторонних квартир недопустима, так как жилые комнаты весь год лишены солнца. При двусторонней ориентации допускается ориентация на север не более одной комнаты в двухкомнатных квартирах, двух комнат — в трех- и четырехкомнатных. При северной ориентации летних помещений избегается их перегрев.

Наибольший перегрев помещений наблюдается при ориентации на запад: по сравнению с ориентацией на юг и восток максимальная температура воздуха может быть выше на 3 и 1°C, соответственно. Поэтому ориентация в пределах сектора горизонта от 200 до 290°

возможна для жилых помещений только при обеспечении эффективной солнцезащиты и проветривании, снижающих дополнительный перегрев. При эффективной солнцезащите, как показали исследования А. В. Ершова и Е. А. Солдатова в Ташкенте, в квартирах разной ориентации практически создается одинаковый температурно-влажностный режим — микроклиматические различия не превышают 1°C , который обусловлен не ориентацией светопроемов, а эксплуатационно-бытовыми условиями квартир (рис. 6).

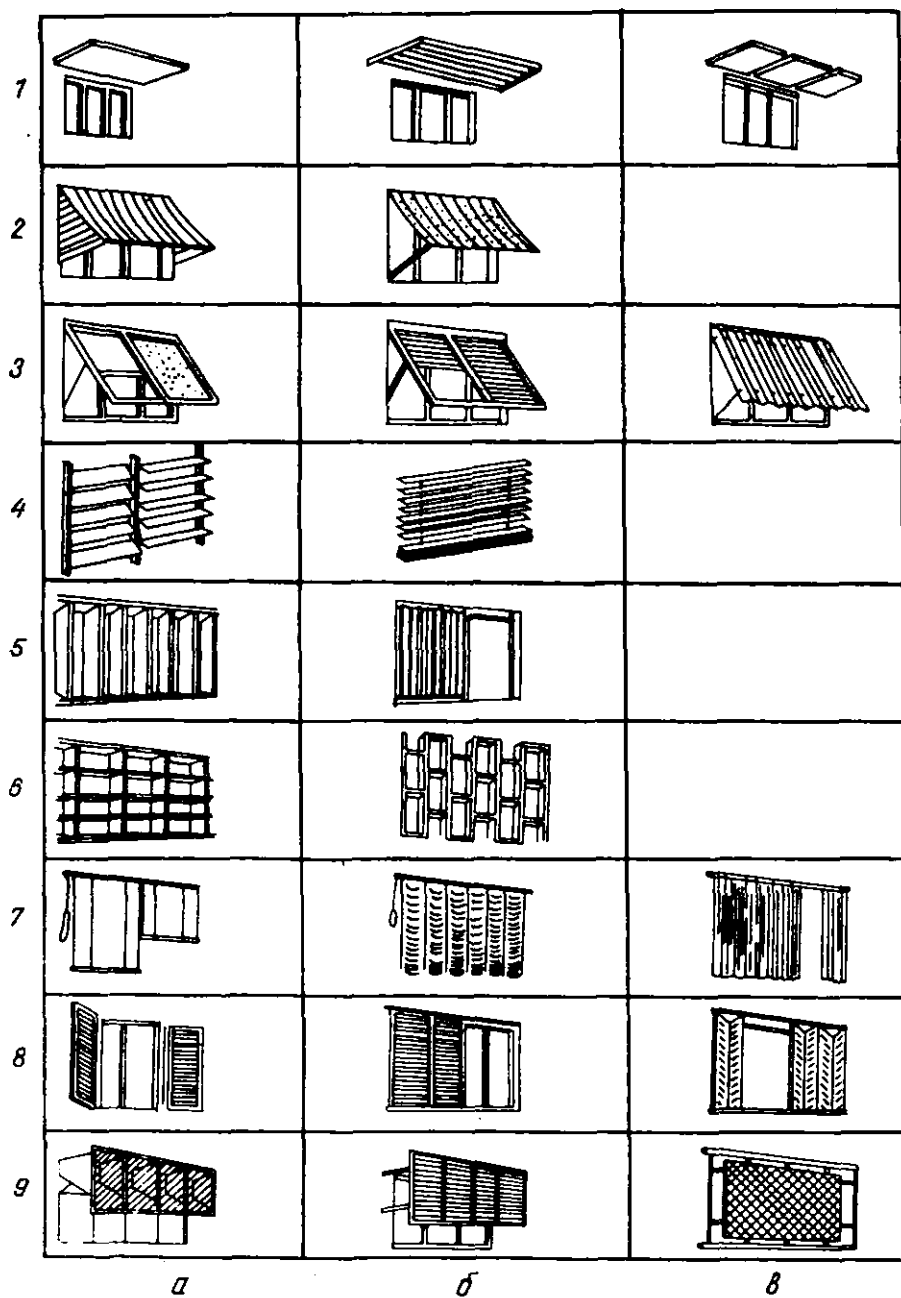
Летние помещения, ориентированные на запад, во второй половине дня, по сравнению с ориентированными на север и юг, перегреваются на 10 и 6°C . Солнцезащита также способствует значительному улучшению микроклимата летних помещений западной ориентации, и они могут быть использованы в вечерние и ночные часы. Однако ориентация летних помещений на запад недопустима даже при солнцезащите, если они расположены перед жилыми комнатами, так как при этом замедляется вечернее охлаждение последних.

Микроклиматическая эффективность солнцезащиты светопроемов зависит от типа устройства и ориентации фасада. По данным исследований, в Средней Азии солнцезащитные конструкции типа козырька или маркизы при южной ориентации светопроема снижают среднемаксимальную температуру внутреннего воздуха на 1°C , а среднесуточную на $0,5^{\circ}\text{C}$ (Б. Ф. Васильев, З. П. Ломтатидзе). Эффективная солнцезащита типа наружных жалюзи на окнах западной ориентации снижает среднемаксимальную температуру на $3,5\text{—}5,0^{\circ}\text{C}$, а среднесуточную на $1\text{—}2^{\circ}\text{C}$ (А. В. Ершов, Е. А. Солдатов).

Выбор типов солнцезащитных устройств по геометрической схеме (рис. 7) зависит от степени регулировки солнцезащитного устройства, ориентации светопроема и положения солнцезащиты по отношению к остеклению. В Узбекистане рекомендуется применять лишь наружные солнцезащитные конструкции, обладающие наибольшей эффективностью по сравнению с внутренними и межстекольными.

Использовать стационарные средства солнцезащиты следует в пределах: козырьки — южная сторона горизонта на 15° в обе стороны от меридиана; маркизы — южная сторона горизонта от запад — юго-запада до восток — юго-востока; горизонтальные нерегулируемые жалюзи — южная от юго-запада до юго-востока, вертикальные нерегулируемые жалюзи от запад — северо-запада до север — северо-запада и от восток — северо-востока до север — северо-востока. Пределы применения регулируемых солнцезащитных устройств не ограничены.

Для защиты от солнца окон многоэтажных жилых зданий рекомендуются козырьки, итальянские шторы со сгущающимся



заполнением, откидные или сдвигающиеся ставни с регулируемым жалюзийным заполнением, жалюзи, а для лоджий и террас — мобильные козырьки, итальянские шторы, раздвижные и складывающиеся экраны ставенного типа, вертикальные регулируемые ребра, ячеистые регулируемые устройства, специальные устройства для вьющейся зелени.

Использование солнцезащитных конструкций эффективно не только для таких светопрозрачных участков ограждений, как окна, но и для несветопрозрачных стен и покрытий зданий. Например, солнцезащитный экран снижает максимальную температуру поверхности стены белого цвета на 9—10°C (П. М. Лернер, З. П. Ломтатидзе). Солнцезащита ограждений включает следующие мероприятия:

1) изоляцию стен зданий от воздействия солнечной радиации с помощью экранов-стенок и зеленых насаждений, а также использование вьющейся зелени для затенения стены. Этот прием целесообразен также для защиты пешеходных дорожек от отраженной радиации;

2) соответствующее размещение высокорослых деревьев в зависимости от ориентации зданий в целях затенения стен домов;

3) применение специальных конструкций для защиты стен и покрытий от солнечной радиации. В данном решении обычно объединяют принцип сочетания конструкций с экраном, отделенным от последней воздушной прослойкой, проветриваемой в летнее время. Можно использовать и обычные солнцезащитные экраны (например, затенение стены южной ориентации многоярусными козырьками).

Задача наружных ограждающих конструкций — задержать прохождение внешнего теплового потока и снизить амплитуду изменения температурной волны. Эти требования в определенной степени связаны с весом конструкции, а достичь их можно аккумуляцией тепла наружным ограждением (температуропроводность материала, теплоусвоение отдельных слоев конструкции).

Рис. 7. Типы солнцезащитных устройств: 1 — стационарные козырьки (а — сплошные, б, в — решетчатые); 2 — маркизы (а — обычный тип с боковыми гранями, б — венецианский тип без боковых граней); 3 — наклонные регулируемые устройства (а — итальянский тип, б — ставенный тип, складчатый тип); 4 — горизонтальные жалюзи (а — ребра-жалюзи, б — венецианские шторы-жалюзи); 5 — вертикальная солнцезащита (а — нерегулируемые ребра-солнцеломы, б — регулируемые вертикальные жалюзи); 6 — ячеистая солнцезащита (а — с преобладанием горизонтальных, б — вертикальных элементов); 7 — штора и драпировка (а — шторы, б — шторы-драпировки, в — драпировки); 8 — ставни (а — откидывающиеся, б — скользящие, в — складчатые); 9 — экраны (а, б — сплошной и жалюзийный на окна, в — для летнего помещения).

Условиям континентального климата Узбекистана наиболее соответствуют конструкции с воздушными прослойками и солнцезащитными экранами. Применяя конструкции с проветриваемой воздушной прослойкой, можно полностью исключить влияние солнечной радиации на наружную поверхность последующих слоев. Наружный слой такой конструкции служит солнцезащитным экраном. Этот принцип пригоден для наружных стен и для покрытий зданий.

Согласно исследованиям, скорость движения воздуха в вентилируемых воздушных прослойках и покрытиях должна быть около 1 м/с, что достигается естественной вентиляцией в районах со средней скоростью ветра в дневные часы не менее 3—4 м/с (например, в Бухаре) при положении входных отверстий прослойки с наветренной стороны (А. В. Ершов, А. Б. Кузанов, Е. А. Солдатов). В тех районах, где ветровой режим слабее, требуется принудительная вентиляция покрытий.

Используя отражающие свойства строительных материалов, применяемых для отделки наружной поверхности ограждающих конструкций, можно значительно уменьшить солнечную радиацию и соответственно снизить температурную волну, воздействующую летом на здания. Как свидетельствуют расчеты и наблюдения, с изменением альбедо (коэффициента отражения) наружных стен западной ориентации от 40% (кирпичные неоштукатуренные стены, пансли, имеющие серую окраску) до 70% (светлые отделки), максимальная температура нагрева конструкции практически снижается на 12—15°C. Поэтому рекомендуется применять отделки светлые с альбедо не менее 65—70%.

Древесные насаждения, используемые для защиты свестопроемов жилых и летних помещений от прямой солнечной радиации, должны предусматриваться следующей высоты: при двухэтажной застройке не менее 8 м, при четырехэтажной — 15 м. Меньшая высота насаждений допускается при солнцезащитных устройствах на верхних этажах. Места посадки деревьев желательно размещать против простенков с учетом движения тени, закрывающей оконные проемы. Минимальные расстояния от дома до первого ряда посадки принимаются в зависимости от высоты и ориентации фасада. Для вертикального озеленения стен домов и горизонтального — придомовых отмосток рекомендуется использовать различные породы лиан и стелющихся растений. Их следует сажать в специальные бетонные корыта, заменяющие асфальтовую отмостку, или за отмосткой.

С целью снижения уровня прямой и отраженной радиации в жилой среде следует предусматривать застройки, при которых возможна минимальная инсолируемая площадь фасадов и территории — ограничение количества фасадов, облучаемых во второй

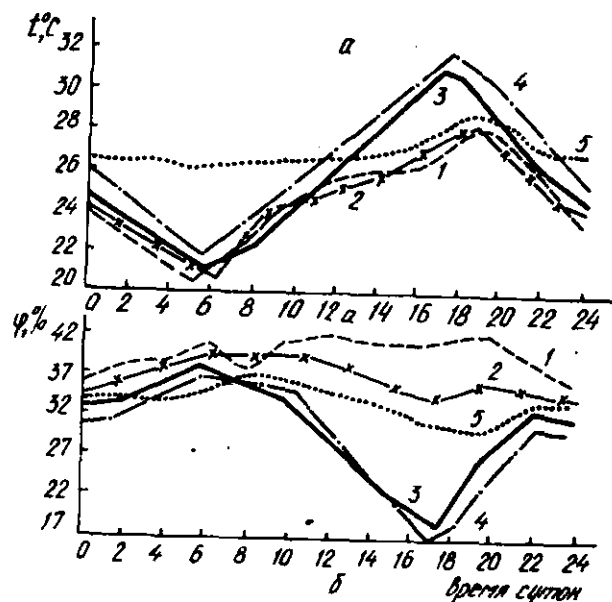


Рис. 8. Микроклимат квартир различной планировочной структуры в зависимости от режима проветривания (Ташкент): а — температура воздуха, б — относительная влажность (1 — двусторонняя квартира, ночное проветривание; 2 — односторонняя квартира, ночное проветривание; 3 — двусторонняя квартира, круглосуточное проветривание; 4 — односторонняя квартира, круглосуточное проветривание; 5 — двусторонняя квартира, пассивный режим).

половине дня; взаиморасположение зданий должно обеспечивать наименьшие тепlopоступления от облучаемых фасадов к близкорасположенным зданиям при отсутствии других средств защиты. При характерном ветровом режиме Узбекистана объемно-планировочная и композиционная организация жилой среды должна обеспечивать условия для ускоренного охлаждения жилища и территории застройки, ограждающих конструкций различных сооружений, улучшать условия теплообмена человека со средой. В оазисах и предгорьях, где естественная скорость ветра невысока и особенно незначительна в вечерние и ночные часы, необходимо максимально использовать средства сохранения и интенсификации проветривания жилых домов и наружного пространства. На равнинной территории пустынь целесообразны средства, ослабляющие повышенные скорости ветра до гигиенически доступных пределов.

В связи с этим в планировочную структуру квартир должна быть заложена схема проветривания помещений, обеспечивающая требуемую подвижность воздуха. Наиболее благоприятные условия для проветривания помещения создаются в двусторонних квартирах со сквозной схемой проветривания. Сквозное проветривание способствует увеличению средних скоростей движения воздуха в помещениях при открытых проемах в 4—5 раз по сравнению с боковым проветриванием в односторонних квартирах. Это имеет значение с точки зрения теплотехники, так как в прохладное время суток помещение лучше охлаждается (рис. 8), улучшается теплоотдача организма конвекцией и испарением. В случае необходимости (при повышенной скорости движения воздуха) сквозное проветривание может быть превращено в одностороннее в процессе эксплуатации (закрытие дверей смежных комнат) и урегулировано приемом застройки. В проветривании помещений большое значение играют и солнцезащитные устройства. Их конструкция должна быть легко регулируема и воздухонепроницаема. Эффективным средством регулирования ветрового режима жилой среды является организация застройки путем правильной ориентации зданий относительно ветровых потоков, их взаиморасположения и принятой системы застройки.

Замкнутая застройка с излишней густотой зеленых насаждений значительно ухудшает проветриваемость междомовых пространств и самих зданий. По исследованиям С. Б. Чистяковой, в Ташкенте скорость ветра в неозелененном дворе была 1,5—3,0 м/с, а во дворе с интенсивным озеленением 0,5—1,0 м/с. Исследования в Ташкенте (А. В. Ершов, Г. К. Гольдштейн) показали, что на территории дворов с замкнутой планировочной структурой снижение скорости ветра наблюдается в 90% случаев, во дворах с открытой планировкой по направлению преобладающих ветров — в 60% случаев и меньше, а в 40% случаев отмечено даже некоторое возрастание скоростей.

Для усиления движения воздуха должно быть предусмотрено оптимальное расположение зданий с учетом прямого проветривания помещения и территории под углом 45° к преобладающим направлениям; минимальное ветровое затенение фасадов и территории, раскрытие дворовых пространств в сторону благоприятных ветров. Система застройки рекомендуется открытая и полукрытая. Структура зеленых насаждений должна допускать вертикальное и горизонтальное проветривание территории.

Снизить скорость ветра можно, расположив застройки компактными группами с второстепенными сооружениями или ветрозащитными экранами с наветренной стороны. Жилые здания предпочтительно размещать параллельно ветровому потоку с отклонениями

не более 30° от его направления. Однако выбор ориентации зданий относительно ветра не должен противоречить требованиям инсоляции.

Градостроительные средства борьбы с пыльными бурями и поземками должны быть рассчитаны на целый комплекс мероприятий внешнего и внутреннего характера. Наиболее эффективное средство — ликвидация очагов возникновения пыльных бурь мелиоративными мероприятиями — закрепление грунтов растительным покровом, создание ветро-пылезащитных полос на подступах к населенным пунктам. Для защиты жилой среды важна изоляция наружных пространств жилой застройки и максимальная герметизация помещений от проникновения пыли.

Требования к жилым домам в районах пыльных бурь не должны противоречить требованиям борьбы с перегревом, в связи с чем планировочная структура квартир практически не изменяется: схема проветривания сохраняется обычная. Летние помещения могут быть типа террас или заглубленных в объем самостоятельных структурных элементов вне фронта жилых комнат, или пристроенных перед вспомогательными помещениями.

Герметизация жилища обеспечивается высоким качеством конструкций оконных и дверных заполнений, солнцезащитных устройств, полностью закрывающих светопроемы, дополнительным остеклением летних помещений. Размеры окон желательны минимальные, только обеспечивающие необходимую естественную освещенность помещений. Трансформация наружных ограждений нежелательна.

Требования к планировочной организации дома следующие: при двусторонних квартирах желательно большую часть жилых комнат и летние помещения располагать с одной стороны, вспомогательные помещения, транзитные галереи — с другой. Лестничные клетки должны быть закрыты; торцы зданий глухие; линии фасадов спокойных очертаний, без выступающих объемов, создающих завихрения. Летние помещения должны быть заглублены или пристроены сплошным фронтом в виде террас или веранд. Конфигурация здания предпочтительна простой, легко обтекаемой формы, создающей минимальные зоны вихрей, например, с широким корпусом, небольшой длины квадраты; прямоугольники, вписывающиеся общим размером в 4—5 высот здания.

В качестве защиты жилых территорий и групп домов возможно применение специальных ветрозащитных зданий, трансформирующих ветровые потоки. Отклонение пылевых потоков может быть обеспечено зданиями дугообразной формы или двух-трех прямоугольных объемов, расположенных под углом 120° , например, трилистник. Защита наружных пространств в первую очередь обеспечивается объемно-планировочной организацией застройки.

Оседание взвешенных частиц пыли и песка в застройке происходит на тех участках, где потоки ветра, трансформируемые зданиями и другими преградами, снижают свою скорость и несущую способность. Пылепесчаные наносы как правило образуются в узкой полосе перед и за зданиями в зоне вихревых потоков, в углах и "карманах". Поэтому для снижения запыленности и уменьшения зон пылепесчаных отложений на жилой территории целесообразна такая организация застройки, при которой возможен вынос взвешенных частиц за пределы жилой зоны. Как показывают исследования в аэродинамических установках, это возможно при полужамкнутой системе застройки с разрывами с подветренной стороны в направлении выходящего ветрового потока. Жилые здания должны компоноваться объемными, легко обтекаемыми группами, с желательным расположением основной оси по направлению ветровых потоков.

Ориентация здания и расположение элементов территории (площадок, дорожек) должны соответствовать общим требованиям инсоляции и проветривания в условиях характерного ветрового режима.

Систему благоустройства жилой среды — специальные защитные экраны в сочетании с зелеными насаждениями или ветрозащитные полосы из кустарника и древесных пород необходимо располагать с наветренной стороны защищаемого участка и в местах особого усиления ветра. В предположительных зонах пылепесчаных отложений рекомендуется устройство газонов, кустарниковых куртин, а также водных поверхностей. Эффективное средство ветрозащиты — зеленые насаждения, которые могут представлять одно-, двух-, трехъярусные посадки, расположенные с наветренной стороны жилых территорий и их элементов.

Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что мелиорация наружных пространств — прямой путь к созданию благоприятного микроклимата жилища. Эффективное смягчение термического режима жилой среды достигается использованием естественных и созданием искусственных охлаждающих свойств поверхностей, различных видов зеленых насаждений, водных и подстилающих поверхностей.

Зеленые насаждения — не только затеняющее средство, но и естественный охладитель. Они поглощают довольно большое количество солнечного тепла, затрачивая его на испарение влаги, содержащейся в листе, а при испарении влаги охлаждается поверхность листьев, в связи с чем понижается температура окружающего воздуха.

Влияние зеленых насаждений на температуру прилегающих участков незначительно, радиусы его малы. В условиях городской

застройки снижение температуры воздуха по мере удаления от массива зеленых насаждений быстро уменьшается. Например, температура воздуха в центральной части парка была ниже, чем на открытой площадке на $4,5^{\circ}\text{C}$, на боковой дорожке — на $3,6^{\circ}\text{C}$, на тротуаре, граничащем с парком — на $3,4^{\circ}\text{C}$. Это свидетельствует о том, что зеленые насаждения на территории застройки должны быть распределены равномерно.

Снижению температуры воздуха способствуют фонтаны, арыки и плескательные (плавательные) бассейны, микроклиматическая эффективность которых зависит от размеров, конструкции и разбрызгивательных устройств. Наибольший эффект дают фонтаны. Исследования в Ташкенте (Г. К. Гольдштейн) показали, что в зоне с фонтанами температура воздуха снижается на 7°C . Сочетание зеленых и водных поверхностей — наиболее эффективное естественное средство охлаждения. Однако активное включение этих средств в структуру жилой среды возможно только в оазисах. В пустынных равнинных и предгорных районах, лишенных водных ресурсов, мелиоративные мероприятия требуют больших капиталовложений. Наиболее эффективны здесь специальные конструктивные устройства, обеспечивающие защиту от солнца, ветра и пыли.

Помимо общих мероприятий, направленных на улучшение общего термического фона жилой среды, особое внимание следует уделять защите от перегрева отдельных элементов территории, используемых наиболее интенсивно. Площадки небольших размеров для отдыха и игр детей рекомендуется защищать экранами из вьющихся растений, посадкой одного-двух деревьев с южной и юго-западной сторон. Площадки размером 100 м^2 необходимо защищать по периметру деревьями высотой 15–20 м.

Для защиты пешеходных дорожек, расположенных в зоне затенения зданиями, достаточна однорядная древесная посадка или Г-образные экраны с противоположной от здания стороны. При расположении вдоль южных или западных фасадов необходимы дополнительные экраны, защищающие от отраженной радиации. Дорожки и проезды, расположенные вне зоны влияния сооружений, целесообразно защищать двусторонней древесной посадкой с расположением деревьев в шахматном порядке на расстоянии 1,0–1,5 м от кромки дорожки и П-образными экранами, которые следует компоновать из отдельных секций по 3–4 м длиной с разрывом до 2 м. При однорядной посадке учитываются ширина и направление пешеходных путей и проездов.

Для ускорения эффективности затенения необходимо ориентироваться в первую очередь на быстрорастущие виды растений, способных создавать большие зеленые поверхности (вьющиеся и стелющиеся растения, кустарники). Эти растения могут быть широко

использованы в сочетании со специальными конструкциями и доступны также в пустынных районах. Например, деревянные беседки и теневой навес, увитые вьющимися растениями, смогут снизить интенсивность солнечного облучения на 70—90%, а температуру воздуха — на 2,7°C.

Своеобразие летнего микроклимата жилищ в Узбекистане заключается в том, что в силу определенной тепловой инерции ограждающих конструкций и помещений наблюдается значительное запаздывание внутренних теплотехнических процессов по отношению к действию внешнего тепла.

Температура внутри помещения начинает расти днем вслед за повышением температуры наружного воздуха и инсоляцией здания. Однако максимальная температура воздуха в помещениях в зависимости от теплотехнических качеств жилого дома наступает в 18—22 час., наружного — в 15—16 час.

На микроклимат в квартире существенно влияет характер ее эксплуатации. При пассивном режиме (отсутствие проветривания) амплитуда колебания температур внутреннего воздуха весьма незначительна, а при интенсивном круглосуточном проветривании она приближается к наружной.

О характере изменения элементов микроклимата в зависимости от высоты помещения можно судить по данным, приведенным ниже:

	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Абсолютная влажность, мм рт. ст.
10 см от пола	26,47	38,7	10,05
25 см от пола	26,69	37,9	10,05
75 см от пола	27,02	37,2	10,04
150 см от пола	27,48	36,4	10,08
25 см от потолка	27,93	35,1	10,10

Примечание: наблюдения проводились в г. Ташкенте, высота помещения 2,5 м.

Как видно, более теплый и соответственно легкий воздух поднимается в верхнюю зону помещения, поэтому наблюдается повышение температуры воздуха от пола к перекрытию. При незначительных изменениях абсолютной влажности воздуха увеличение температуры с высотой приводит к снижению относительной влажности.

Температура внутренних поверхностей ограждений днем, следуя за температурой внутреннего воздуха, несколько ниже ее, но ночью выше благодаря аккумуляции тепла ограждениями:

	Дневная	Ночная	Суточная
Ночное проветривание, солнцезащита в часы прямого облучения	$\frac{27,42}{27,05}$	$\frac{26,79}{27,27}$	$\frac{27,21}{27,17}$
Круглосуточное проветривание, солнцезащита в часы прямо- го облучения	$\frac{28,31}{27,05}$	$\frac{26,32}{27,60}$	$\frac{27,65}{27,42}$

Примечание: в числителе — температура воздуха, в знаменателе — температура поверхности ограждений. Наблюдения проводились в г. Ташкенте.

Таким образом, ночью ограждения становятся источником дополнительных поступлений тепла в помещение. Температура пола, цокольного перекрытия в течение суток ниже внутреннего воздуха в связи с тем, что температура грунта под зданием и воздуха в подполье или подвале значительно ниже температуры воздуха в помещении.

Правильная оценка микроклиматических условий в жилище, обоснование и натурная проверка эффективности мероприятий, направленных на улучшение летнего микроклимата, неразрывно связаны с гигиеническим нормированием, которое позволяет выявить наиболее благоприятные, комфортные условия в жилище и установить допустимые пределы изменений отдельных элементов микроклимата. Следует отметить, что исследования в области гигиенического нормирования микроклимата жилища в конкретных климатических условиях еще не завершены и некоторые полученные данные можно рассматривать лишь как рекомендации.

Анализ многочисленных данных по характеристике температурно-влажностного режима помещений применительно к южным условиям (И. С. Ветошкин, М. С. Горомостъ, А. Н. Ципер, П. М. Лернер и др.), а также натурные наблюдения в Узбекистане (П. А. Азизов, И. М. Геллер, А. В. Ершов, Е. А. Солдатов) дают возможность определить границы благоприятных летних микроклиматических условий в помещениях.

Верхняя граница благоприятных температурных условий без проветривания помещения днем колеблется в пределах $24-26^{\circ}\text{C}$. Снижение относительной влажности и повышение скорости движения воздуха в дневное время, наблюдающиеся в условиях круглосуточного проветривания помещений, создают комфортные условия и при более высоких температурах (до $30-31^{\circ}\text{C}$).

Натурные наблюдения показывают, что при наружной среднесуточной температуре около 30°C температура в помещении в отдельные дневные часы поднимается до $35-36^{\circ}\text{C}$. Роль наружных ограждений сводится к уменьшению этих отклонений. Достигается это применением теплоустойчивых конструкций, обладающих такими теплофизическими свойствами, которые обеспечивают затухание температурных колебаний в толще ограждений. Однако теплоустойчивые ограждения помогают только срезать пики при кратковременных неперiodических повышениях температуры, а на среднесуточную температуру воздуха в помещении влияют незначительно (табл. 8).

Таблица 8

Результаты натурных наблюдений в летний период в Узбекистане

Место наблюдений	Исследуемые помещения и эксплуатационный режим	Температура, °С		
		максимальная	минимальная	суточная
Голодная степь г. Бухара	Помещение из газолессосиликатных блоков толщиной 30 см (ночное проветривание с солнцезащитой светопроема)	30,6	23,2	28,0
	Внешняя среда	37,0	18,7	28,6
	Помещение дома из керамзитобетонных панелей толщиной 30 см (ночное проветривание с солнцезащитой светопроема)			
	с совмещенной неветилируемой крышей	33,2	29,9	31,4
г.Ташкент, Актепа	с совмещенной вентилируемой крышей	32,5	27,4	30,0
	Внешняя среда	37,2	19,9	30,2
	Помещение дома из керамзитобетонных панелей толщиной 30 см (ночное проветривание с солнцезащитой светопроема)	28,0	20,4	24,6
г. Ташкент, Чиланзар	Внешняя среда	31,9	16,2	24,6
	Кирпичное помещение с толщиной стен около 40 см (ночное проветривание с солнцезащитой светопроема)	28,3	25,2	27,3
	Внешняя среда	36,1	20,9	28,8
г. Ташкент	Кирпичное помещение с толщиной стен 51 см (круглосуточное проветривание с солнцезащитой светопроема)	30,5	25,0	28,0
	Внешняя среда	35,1	20,0	27,7

Многолетние натурные микроклиматические исследования в жилых домах с различными типами стен и покрытий, проведенные на территории Узбекистана, позволяют дать оценку теплотехническим качествам наружных ограждений и микроклимату зданий в летнее время. При круглосуточном проветривании помещений, неблагоприятной ориентации, отсутствия солнцезащиты и недостаточно теплоустойчивом чердачном перекрытии внутренняя температура днем мало отличается от внешней. Использование солнцезащитных мероприятий в сочетании с интенсивным ночным проветриванием и теплоустойчивыми ограждениями позволяет снизить максимальную температуру в помещении по сравнению с температурой наружного воздуха на 6—9°С (рис. 9, 72).

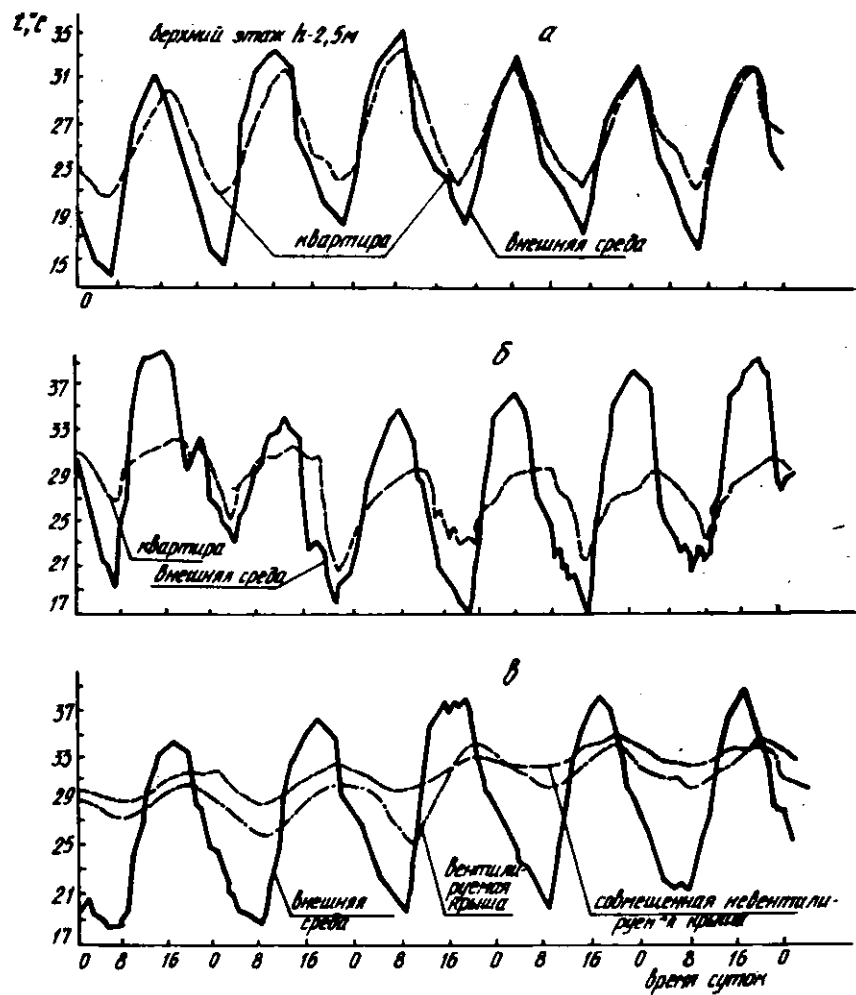


Рис. 9. Связь микроклимата с внешней средой при применении естественных средств регулирования: а — кирпичный дом, г. Ташкент, июль, сквозное круглосуточное проветривание ЗЮЗ-ориентации без солнцезащиты; б — силикатобетонный, Голодная степь, июль, сквозное ночное проветривание СЗ ориентации с солнцезащитой; в — керамзитобетонный дом, г. Бухара, август, одностороннее ночное проветривание, В-ориентации с солнцезащитой.

Целесообразный эксплуатационный режим в зданиях, не имеющих кондиционирования воздуха, способствует понижению температуры в них на несколько градусов. Однако и в этом случае температура помещения превышает верхнюю границу комфорта.

Значение ограждающих конструкций с микроклиматической точки зрения заключается только в том, что они влияют на инерционные качества здания, т. е. на запаздывание внутренних теплофизических процессов по отношению к внешним. Анализ результатов натурных микроклиматических исследований в газолессосиликатных, кирпичных и керамзитобетонных жилых домах с совмещенным вентилируемым и невентилируемым покрытиями свидетельствует о том, что изменение метеорологических условий внешней среды сказывается на внутреннем микроклимате помещений через определенный промежуток времени.

Для кирпичных зданий с толщиной стен 40—50 см влияние воздухообмена уменьшает инерционность приблизительно до двух-трех суток, для зданий с газолессосиликатными и керамзитобетонными ограждениями толщиной 26—30 см — не более двух, а иногда до одних суток. При этом среднесуточные температуры внутреннего и наружного воздуха очень близки независимо от типа стеновых ограждений (табл. 8).

При нарушении эксплуатационного режима (отсутствие или ограничение ночного проветривания, несовершенные солнцезащитные устройства) средняя температура в помещении всегда будет выше средней температуры наружного воздуха: это подтверждается натурными обследованиями жилых домов из силикальцитных блоков и керамзитобетонных панелей толщиной 30 см в некоторых городах Средней Азии.

	Температура, °C		
	наружного воздуха	суммарная внешней среды	внутреннего воздуха
Голодная степь, дом из силикальцитных блоков	30,4	32,9	32,7
Самарканд, дом из керамзитобетонных панелей	27,0	32,0	31,7
Бухара, дом из керамзитобетонных панелей	28,4	30,2	29,9

Теплоустойчивые наружные ограждения не влияют на перегрев помещений, но вместе с тем и не снижают среднесуточную температуру внутри них. Уменьшить ее можно использованием новых, с теплофизической точки зрения, конструктивных решений с вентилируемыми воздушными прослойками. Применение вентилируемой крыши в жилом доме в г. Бухаре понижало среднесуточную температуру на 1,0—1,5°C.

Основные различия в тепловых реакциях тяжеловесных и легковесных строений лежат в их неодинаковой способности к накоплению тепла. В условиях периодически жарких дней, когда значительная доля солнечной радиации разогревает большую поверхность здания, как бы пропитывая ее теплом, температура достигает максимума и тепло начинает проникать внутрь помещения. Накапливаемое в течение дня тепло в массивных конструкциях здания резко ухудшает внутренний температурный режим ночью. Следовательно, в таких помещениях колебания будут менее значительными (более заглушенными), чем в легковесных конструкциях. И чем интенсивнее колебания наружной температуры и солнечной радиации, тем более заметна эта специфическая инертность тяжелых конструкций. Легковесные же материалы, обладая малой теплоемкостью, почти мгновенно пропускают тепло в помещение.

Таким образом, очевидно, что как способность к накоплению тепла, так и тепловое сопротивление определяют ту форму и конструкцию самого здания, с помощью которых можно будет регулировать теплопередачу внутрь него. Там, где массу ограждающих помещения конструкций или используемых материалов изменить нельзя, основную роль в регулировании теплопередачи будут играть материалы с различным термическим сопротивлением.

Применяемые в настоящее время теплоустойчивые конструкции наружных ограждений зданий не учитывают особенности климата Узбекистана с очень прохладными ночами. Несмотря на огромное преимущество крупнопанельного домостроения, качество его находится не на должном уровне. В типовых проектах крупнопанельных зданий недостаточно учитываются теплотехнические свойства новых строительных материалов и конструкций. Знание действительных теплофизических характеристик местных материалов и ограждений в условиях эксплуатации крайне необходимо для теоретических расчетов с целью назначения оптимальной толщины стен и покрытий. Данных по теплофизической характеристике, широко используемых в строительстве местных материалов (керамзитобетон, силикатобетон и др.), еще мало.

Теплофизические показатели основных строительных материалов, применяемые при расчете ограждений на теплоустойчивость, следует принимать по СНиП 11-3-79** с использованием данных по ячеистым силикатобетонам, приведенных ниже:

Объемный вес конструкции, кг/м ³	Теплопроводность λ , Вт/м °С	Удельная теплоемкость c , кДж/кг.°С	Теплоусвоение s , Вт/м ² °С
1100	0,32	0,84	4,64
1000	0,28	0,84	4,10
900	0,21	0,84	3,36

В Средней Азии с холодной, хотя и непродолжительной зимой и жарким, сухим летом роль наружных ограждений двояка. В зимний период наружные стены являются тем важнейшим конструктивным элементом, от качества которого зависят санитарно-гигиенические условия жилого помещения. Летом, при высоких температурах воздуха и солнечной радиации, падающей на ограждения, последние должны быть достаточно теплоустойчивыми, чтобы уменьшить количество поступающего тепла и не ухудшить без того дискомфортные условия в зданиях. Обработка метеорологических данных по температуре наружного воздуха, солнечной радиации и скоростей ветра позволила определить расчетные значения внешних тепловых воздействий в условиях Средней Азии, а нормирование амплитуд на внутренней поверхности получить требуемые величины затухания колебаний температуры при расчетах теплоустойчивости.

11.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ НАРУЖНЫХ СТЕНОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Недостаточная изученность теплофизических свойств строительных материалов и конструкций, сложность аналитических решений теплопередачи при периодических воздействиях внешней среды требуют проведения натурных исследований для проверки теплоустойчивости наружных ограждений и назначения необходимых геометрических размеров (толщины), соответствующих климатическим условиям Средней Азии.

Теплоустойчивость стеновых ограждающих конструкций различной толщины и объемного веса изучалась в Самарканде, Ташкенте, Бухаре, Фергане, Голодной степи (г. Джизак) и Нукусе в летнее и зимнее время. В период эксперимента ставилась задача максимального ограничения поступлений тепловых потоков через окна и двери, с тем чтобы колебания температуры на внутренней поверхности зависели только от ее прохождения через наружные стены. Теплоустойчивость определяли по суточному ходу и амплитудам температуры на наружной, внутренней поверхностях и в толще конструкций. При этом критерием служила температура на наружной поверхности, получаемая непосредственно измерениями, в то время как суммарная имела условный характер.

Допустимая амплитуда на внутренней поверхности принята 2°C (от максимума до минимума). Имея в виду различный характер и величину радиации, мы предлагаем требуемые значения затуханий дифференцируемые в зависимости от конкретных тепловых на стеновые ограждения для различных климатических

Климатический район	Коэффициент поглощения наружной поверхности		
	0,6	0,5	0,4
Верховье Амударьи (г. Термез, Денау, Шерабад)	24	21	19
Каршинская степь (г. Карши)	19	17	15
Кызылкумы (г. Тамды)	17	16	12
Голодная степь	20	17	14
Низовье Амударьи (г. Нукус, Ургенч, Тахиаташ)	15	13	11
Бухарский (г. Бухара, Каган, Навои)	16	14	12
Ташкентский (г. Ташкент, Чирчик)	19	16	14
Северный Каракалпакстан	20	14	11
Самаркандский (г. Самарканд)	18	15	13
Ферганская долина (г. Фергана, Андижан, Наманган, Коканд)	17	15	12

В Голодной степи исследовали стены жилых домов из крупных силикальцитных блоков толщиной 30 см и обожженного кирпича толщиной 40 см. Одна из основных задач — проверка затухания в стене наружных температур при прохождении теплового потока через конструкцию. Полуторакирпичная стеновая конструкция служила в качестве сравнения. Исследуемые помещения — две угловые комнаты, одна в силикальцитном, другая в кирпичном доме на втором этаже, высотой 2,5 м, с юго-западной ориентацией торцевой стены.

В целях максимального снижения амплитуды колебания температуры внутренних поверхностей ограждений и внутреннего воздуха принят пассивный режим, когда в течение суток проемы были закрыты и защищены от действия солнечной радиации с внешней стороны жалюзи.

Анализируя характер амплитуды температуры в толще ограждений, мы пришли к выводу, что наиболее резко она снижается (для силикальцитной стены — в 8 раз, для кирпичной — в 6,5 раза), во внешнем 20 см слое (табл. 9, рис. 10).

Учитывая, что амплитуда температуры воздуха помещений превышала или была равна амплитуде температур на внутренних поверхностях стен, можно сказать, что исследованные ограждения практически не пропускают наружную тепловую волну.

В стенах из силикальцитных блоков температурные колебания затухают на глубине примерно 6,0 см, а из жженого кирпича — 7,5 см, считая от внутренней поверхности. Следовательно, силикальцитная конструкция толщиной 30 см достаточно теплоустойчива и обладает повышенными теплофизическими свойствами.

Таблица 9
Характеристика затухания температурных волн по сечению юго-западной стены (средние данные), °С

Точки замера	Стены из силикатных блоков				Стены из жженого кирпича			
	суточная	максимальная	минимальная	амплитуда (±)	суточная	максимальная	минимальная	амплитуда (±)
Наружная поверхность стены	33,8	51,3	21,3	15,00	35,9	54,9	23,6	15,65
В толще стены на расстоянии 10 см от наружной поверхности	33,9	45,9	25,2	10,35	36,5	42,6	31,7	5,45
Внутренняя поверхность	32,4	33,4	31,4	1,00	33,3	33,8	32,9	0,45
В толще стены на расстоянии 10 см от внутренней поверхности	32,7	34,5	30,7	1,90	33,6	34,6	32,6	1,00
В толще стены на расстоянии 20 см от внутренней поверхности	—	—	—	—	34,0	36,3	32,0	2,15
Воздух у внутренней поверхности	32,3	33,4	31,4	1,00	33,3	33,7	32,8	0,45

Таблица 10

Амплитуда колебания температуры на внутренней поверхности стен, °С

Объект наблюдений	Ориентация	Наружного воздуха		Наружной поверхности стены		Внутренней поверхности стены		Внутреннего воздуха	
		максимальная	амплитуда	максимальная	амплитуда	максимальная	амплитуда	максимальная	амплитуда
Голодная степь, стена из жженого кирпича нештукатуренная, 40 см, $\gamma = 1700 \text{ кг/м}^3$	ЮЗ	38,7	19,4	54,9	31,3	33,8	0,90	34,0	1,00
Ташкент, панель ТДСК, наружный ж/б слой 5,5 см, минеральная вата 8 см, $\gamma = 150 \text{ кг/м}^3$, внутренний ж/б слой 11,5 см, $\gamma = 2400 \text{ кг/м}^3$	З	35,8	15,8	41,6	18,4	30,0	1,60	29,9	1,00
Голодная степь, лессосиликатитные блоки, 30 см, $\gamma = 1100 \text{ кг/м}^3$	ЮЗ	38,7	19,4	51,3	30,0	33,4	2,00	33,8	2,00
Голодная степь, лессосиликатитные блоки 26 см, $\gamma = 1100 \text{ кг/м}^3$	ЮЗ	38,4	18,6	52,3	32,1	31,2	1,60	30,7	1,00
Самарканд, керамзитобетонная панель 30 см, $\gamma = 1350 \text{ кг/м}^3$	ЮЗ	35,8	15,6	46,8	23,4	38,8	1,50	32,3	1,00
Бухара, керамзитобетонная панель 30 см, $\gamma = 1350 \text{ кг/м}^3$	З	35,5	17,4	49,4	28,1	33,4	0,80	33,9	1,00
То же, толщиной 26 см, $\gamma = 1340 \text{ кг/м}^3$	ЮЗ	38,4	18,6	52,3	32,1	31,2	1,60	30,7	1,00
Фергана, трехслойная панель, наружный железобетонный слой 10 см, $\gamma = 2400 \text{ кг/м}^3$, пенобетон 15 см, $\gamma = 470 \text{ кг/м}^3$, внутренний железобетонный слой, 5 см, $\gamma = 2400 \text{ кг/м}^3$	З	35,9	15,9	48,8	25,6	30,7	1,70	30,5	1,50

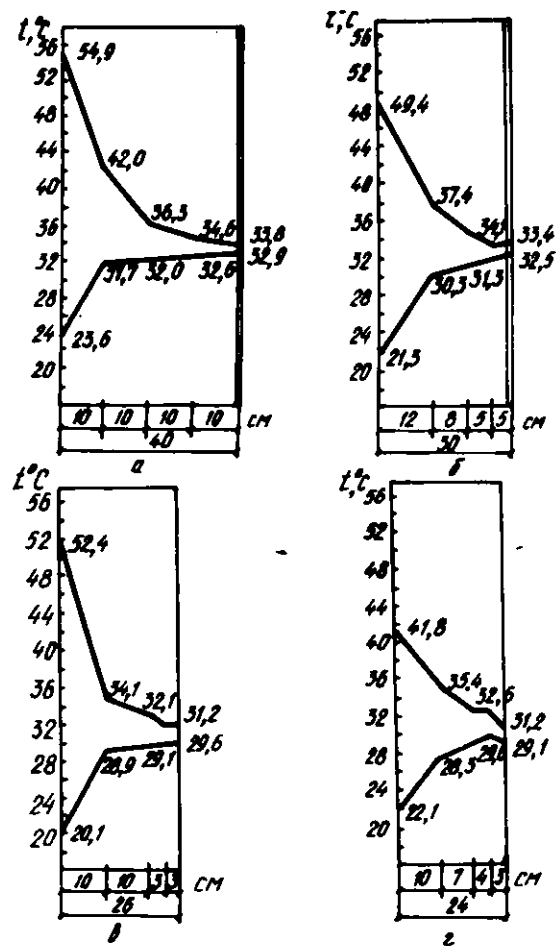


Рис. 10. Затухание температурных колебаний в толще стен: (а) — кирпичной, Голодная степь; (б) — керамзитобетонной, г. Бухара; (в) — силикальцитной, Голодная степь; (г) — керамзитобетонной, г. Бухара.

Как видно из табл. 10, амплитуда колебаний температуры на внутренней поверхности этих конструкций $A_{\text{в.п}}^{\text{тр}}$ в зависимости от климатических условий была в пределах допустимых норм.

Исследования позволили поставить вопрос о снижении толщины стен из силикальцита и керамзитобетона с $\gamma = 1000\text{--}1100 \text{ кг/м}^3$

до 25 см. С целью экспериментальной проверки были проведены натурные наблюдения в Голодной степи и в Бухаре на объектах со стенами из силикальцита и керамзитобетона толщиной 24 и 26 см. Они подтвердили возможность снижения толщины стен указанной конструкции до 25 см (см. рис. 10). Теплотехнические расчеты с использованием метода конечных разностей показали, что стены этой толщины отвечают теплоустойчивости в условиях Средней Азии. Однако для данного типа конструкций это предел допустимого.

Заканчивая анализ теплоустойчивости описанных типов ограждений, которые можно условно считать как "массивные" в связи с относительно большим поверхностным весом, необходимо рассмотреть их роль в формировании летнего микроклимата зданий, расположенных на юге. Однослойные массивные стены играют пассивную роль: снижают амплитуду, но не уменьшают среднесуточную температуру, так как в течение дня они аккумулируют большое количество тепла, которое начинают отдавать в ночное время при понижении температуры наружного воздуха. Это явление не имело большого значения в малоэтажном жилище, так как дома хорошо проветривались ночью. Однако в современном многоэтажном здании при недостаточной площади летних помещений ночью тепловое влияние ограждений весьма ощутимо.

В исследованиях основное внимание было направлено на изучение характера и определение величины теплового потока, проходящего через наружные газолессиликатные стены толщиной 24 и 30 см с объемным весом 1000—1100 кг/м³, совмещенное неветилируемое покрытие с керамзитовым утеплителем толщиной 13 см и чердачное перекрытие, изолированное 8-сантиметровым слоем керамзита.

Объектами натурных наблюдений служили экспериментальный и существующий жилые дома, построенные в Джизаке по типовым проектам III-53-31 СП Института Гипросельстрой (г. Москва) и 1-310-16Б Главсредазирсовхозстроя (г. Ташкент). Исследуемые ограждения были ориентированы на восток — юго-восток и на западные секторы горизонта.

Внешние воздействия на здания в период эксплуатации их были вполне типичными для летних условий Голодной степи. Температура наружного воздуха поднималась до 38—41°C, солнечная радиация находилась в пределах расчетных величин. В среднем за время наблюдений максимальные тепlopоступления в помещение через наружные стены толщиной 24 и 30 см были равны соответственно 7 и 5 Вт/м² и приходились на период ночного проветривания квартир.

За это время наружными стенами было отдано в помещение в среднем 50, а внутренними 30 Вт/м² в сутки. Суточные теплонакопления в наружном ограждении при действии солнечной радиации составляли 10 Вт/м², что свидетельствовало о тепловом равновесии внутренних слоев наружных ограждений. Судя по средним данным, полученным в результате обследования в Голодной степи, среднесуточный тепловой поток на внутренней поверхности наружных стен незначительный — 0,5 Вт/м² (рис. 11 а, б).

Особо тяжелые условия в квартирах наступали в конце дня с 18 до 21 час., когда температура воздуха достигала максимума + 30—31°C. В этот период тепловой поток через наружные стены был равен нулю или направлен из помещения в толщу ограждений. Максимум тепlopоступлений через стены приходился на ночные и утренние часы: для восточных стен в 23—24 час., для западных — в 4—5 час. Такая сдвигка исключала влияние наружных стеновых ограждений на максимальную температуру воздуха внутри помещения. Конструкция совмещенного невентилируемого покрытия не обеспечивала достаточную изоляцию квартир верхнего этажа от перегрева (рис. 11 в, г). Суточные тепlopоступления через квадратный метр покрытия достигали 260 Вт/м². Это послужило причиной повышения температуры воздуха в помещениях второго этажа по сравнению с первым.

Анализ роли непрозрачных ограждений в перегреве помещений показал, что основное количество тепла в здание поступает через покрытие. Глухие участки стен играли незначительную роль в теплопередаче.

II. 3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ ТИПОВ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

Крыши зданий испытывают больше тепловых воздействий, чем стены. Объясняется это более интенсивным действием солнечной радиации на горизонтальную поверхность. Как показали наши натурные наблюдения, асбошиферная крыша может нагреваться до 55—60°C, а рубероидная запыленная до 70°C. В результате происходит перегрев верхних этажей многоэтажных зданий. Как видно из данных табл. 11, 12, температура нарастает от первого к четвертому этажу. Разница по этому показателю между вторым, третьим этажами была следующая: на первом этаже было примерно на 1,5°C прохладнее, а на четвертом — на 2°C жарче, чем на промежуточных этажах. Основная причина температурного изменения по высоте жилого дома состоит во взаимном тепловом влиянии чердачного и цокольного перекрытий. Цокольное перекрытие, расположенное над холодным подвалом с постоянной в течение суток

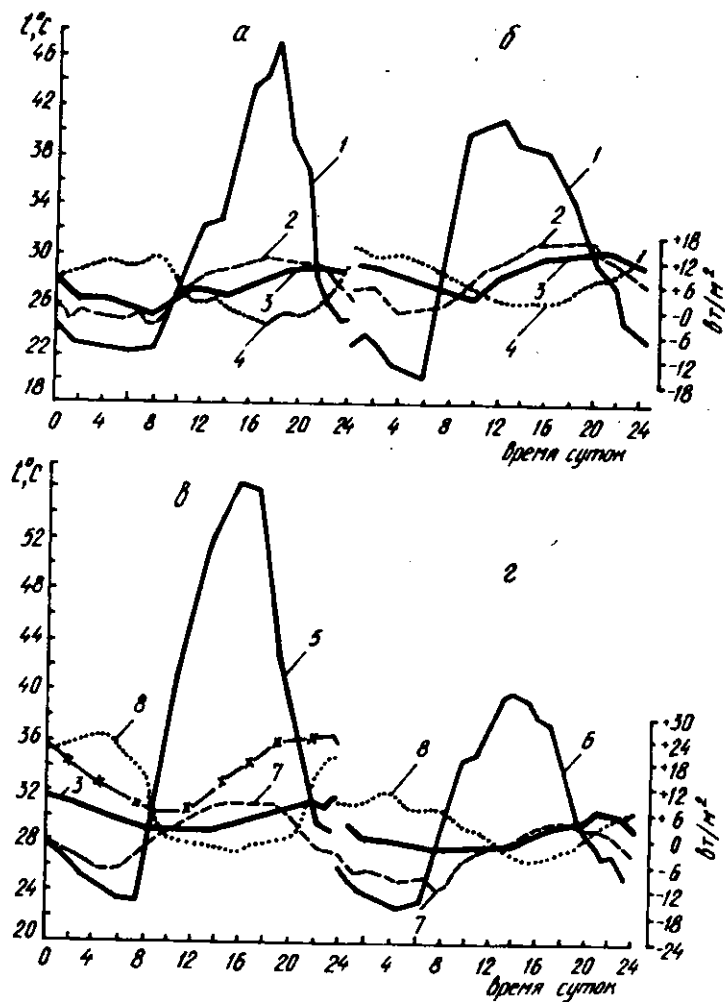


Рис. 11. Суточный ход температур и теплового потока на внутренней поверхности стен толщиной 30 см (а) и 24 см (б), а также на поверхности потолка совмещенной неветилируемой (а) и чердачной (б) крыши (Голодная степь, июль): 1, 2 — температура соответственно наружной и внутренней поверхности стен; 3 — температура в центре помещения; 4 — тепловой поток на внутренней поверхности стен; 5 — температура под слоем рубероида неветилируемой крыши; 6 — температура воздуха на чердаке; 7 — температура на внутренней поверхности потолка крыши; 8 — тепловой поток на поверхности потолка крыши.

температурой около 19°C, оказывало положительное влияние на микроклимат помещений первого этажа. Чердачное перекрытие играло отрицательную роль, так как в результате значительного теплового воздействия наблюдался перегрев в квартирах четвертого этажа.

Таблица 11

Среднедневная температура воздуха по этажам с разными типами покрытий, °C

Объект наблюдений	этажи			
	1	2	3	4
Жилой дом серии 310, чердачное перекрытие, г. Ташкент	26,2	27,8	28,2	30,0
Жилой дом серии 1-464, совмещенное неветилируемое покрытие, г. Бухара	29,2	30,4	30,8	30,9
Жилой дом с экспериментальной принудительно-ветилируемой крышей, г. Бухара	29,8	30,3	30,7	29,6

Совмещенные неветилируемые крыши. Крыша этого типа представляет собой многослойную конструкцию, теплоизоляционный слой которой, аккумулируя внешний тепловой поток, гасит высокую амплитуду колебаний температуры, возникающей на наружной поверхности покрытия. Теплоустойчивость ее обеспечивается значительной толщиной утеплителя, что приводит к увеличению теплоаккумуляции конструкций.

Таблица 12

Среднедневная температура воздуха по этажам (г. Бухара), °C

Часы замера	Дом с ветилируемой крышей				Дом с совмещенной неветилируемой крышей			
	1	2	3	4	1	2	3	4
8.00	29,1	29,9	30,1	28,8	28,1	29,7	30,4	30,4
10.30	29,9	30,3	30,6	29,6	29,2	30,4	31,0	31,1
13.00	30,1	30,5	30,9	30,0	29,9	30,8	31,0	31,1
15.00	30,2	30,6	30,9	30,0	29,9	30,8	31,0	31,1
Средняя	29,8	30,3	30,7	29,6	29,2	30,4	30,8	30,9

Совмещенное покрытие, исследованное нами в г. Самарканде, состояло из железобетонной плиты, керамзитового утеплителя, цементной стяжки толщиной соответственно 10,35 и 4 см и трехслойной рубероидной кровли.

Средняя максимальная температура наружного воздуха в период наблюдения составляла 33°C, поверхности рубероидной кровли — 68°C при суточной амплитуде 46,4°C. При прохождении теплового потока через крышу она снизилась до 1,1°C. Температурные колебания почти полностью затухали в слое керамзита толщиной 35 см. Это свидетельствует о теплоустойчивости данной конструкции:

	Суточная	Максимальная	Минимальная	Амплитуда (±)
Наружная поверхность покрытия	37,6	67,8	19,4	24,2
Поверхность утеплителя	37,6	49,3	27,1	11,1
Поверхность плиты перекрытия	32,9	33,5	32,4	0,55
Потолок	32,9	33,5	32,4	0,55
Воздух около потолка	32,5	33,1	32,0	0,55

Аналогичная по теплофизическим свойствам конструкция исследовалась и в Бухаре при максимальной температуре наружного воздуха 35°C; амплитуда температуры на потолке составляла 0,6°C, на наружной поверхности покрытия — от 17,1 до 37,4°C. Крыша такой конструкции надежно защищала помещения верхнего этажа от теплопоступлений, о чем свидетельствуют и данные температурных измерений по этажам (табл. 11, 12). Температурная разница между III и IV этажами отсутствовала.

Совмещенные невентилируемые покрытия, по нашему мнению, бесперспективные и с теплофизической точки зрения, так как этот тип крыши снижает суточную амплитуду и соответственно максимальную температуру, но не уменьшает среднесуточную. Однако в связи с легкой технологией изготовления невентилируемые крыши в ближайшие годы могут получить дальнейшее применение.

Для совершенствования данного типа крыши следует применять более легкие ячеистые бетоны, совмещающие в одном конструктивном слое несущие и теплоизолирующие функции.

Невентилируемые крыши могут получить дальнейшее распространение при обеспечении хорошей (не менее чем на 50%) отражательной способности наружной поверхности. Это можно достигнуть, применяя в качестве гидроизоляции пленочные покрытия белого цвета.

Покрывания с воздушной прослойкой. В этом решении для снятия значительных тепловых нагрузок, возникающих при действии на крышу солнечной радиации, покрытия расчленяются воздушной прослойкой на две части: ограждение в обычном смысле и

солнцезащитный экран, эффективность которого в летний период будет зависеть от того, насколько хорошо проветривается прослойка. Нижняя несущая часть конструкции должна обеспечить теплозащитные качества крыши в зимний период, а верхняя служит своего рода солнцезащитной конструкцией. Этот тип покрытия даст определенный микроклиматический эффект (см. табл. 11, 12).

Эффективность работы вентилируемого покрытия зависит от скорости наружного ветра, геометрических размеров воздушного пространства, а также материала и толщины экрана. Для выявления влияния этих факторов на тепловой режим покрытий были проведены натурные исследования вентилируемых крыш различной конструкции.

В период исследований наблюдалась жаркая малооблачная погода с преобладающим направлением северных ветров. Наибольшая скорость ветра (2,0—2,6 м/с) отмечалась в утренние и дневные часы. Вечером и ночью ветер ослабевал до 1,0—1,5 м/с.

Положение вентиляционных каналов крыши не по направлению господствующих ветров значительно снизило эффект вентиляции. Скорость воздуха в прослойке составляла 0,2—0,4 м/с, что было явно недостаточно для удаления избытка тепла от солнечной радиации.

Температура внутренней поверхности экрана и утеплителя были очень близки и высоки, что послужило причиной перегрева помещения в результате повышенной амплитуды колебания температуры на потолке крыши. Это свидетельствовало о том, что естественная вентиляция не обеспечивала нужный тепловой режим и скорость воздуха в прослойке. Для улучшения температурного режима и повышения скорости в каналах крыши была использована принудительная вентиляция.

Одновременно проводились исследования и совмещенного неветилируемого покрытия (рис. 12). Благодаря большой толщине и весу керамзитового утеплителя внешняя температурная волна в конструкции совмещенной неветилируемой крыши постепенно затухала. Однако накопленное в ней за дневной период избыточное тепло повышало среднесуточную температуру потолка комнаты, которая на 1,5—3,0°C была выше соответствующей температуры в доме с вентилируемой крышей.

Теплофизические особенности вентилируемой крыши изучались в условиях естественной вентиляции воздушной прослойки и принудительной с помощью вентилятора, который обеспечивал нужную скорость (около 1 м/с) движения воздуха в прослойке.

Как показали натурные исследования, естественная вентиляция крыши оказалась недостаточно эффективной с точки зрения снятия в прослойке тепловых нагрузок с нижележащего слоя утеплителя

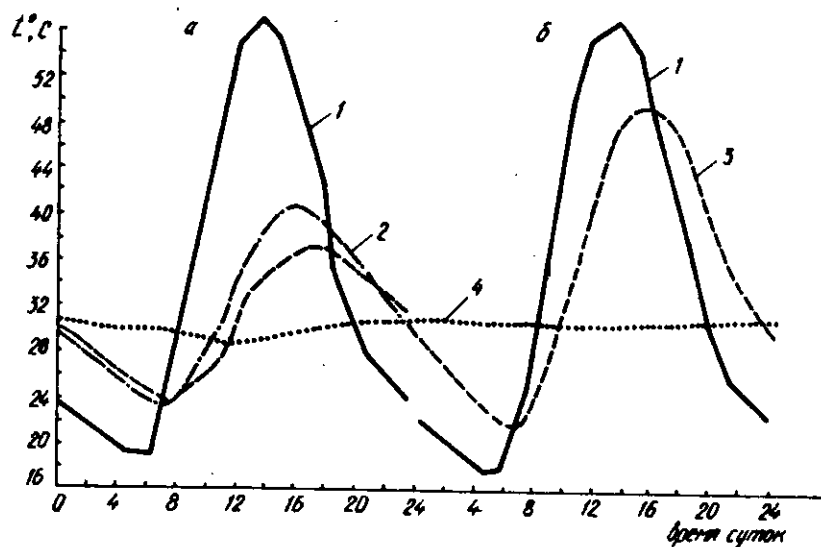


Рис. 12. Суточный ход температур в принудительно-вентилируемой (а) и совмещенной невентилируемой (б) крышах: 1— температура на наружной поверхности крыши; 2, 3, 4— температура соответственно на поверхности низа верхней плиты, утеплителя и потолка.

(рис. 14). Наиболее полно теплофизические преимущества вентиляруемой крыши проявлялись в период принудительной вентиляции. Постоянный поток воздуха в прослойке со скоростью 0,8—1,0 м/с улучшил температурный режим крыши, который существенно отличался от режима совмещенной крыши. Температура поверхности утеплителя была близка температуре наружного воздуха, превышая ее лишь на 1—2°C. Температурный перепад в прослойке в часы максимума составлял 4—5°C, а суточная амплитуда температуры на поверхности утеплителя 13,2°C при амплитуде температуры наружного воздуха 14,1°C. Это свидетельствует о том, что конструкция крыши, расположенная ниже воздушной прослойки, была фактически поставлена в теньевые условия (рис. 13). Таким образом, действие принудительной вентиляции позволило снять значительную долю тепла с покрытия, а это в свою очередь улучшило микроклимат в здании.

Другая конструкция вентиляруемой крыши исследовалась в Ташкенте в домах, построенных московскими строителями. Конструкция покрытия состояла из следующих элементов: несущего перекрытия многослойного настила, пароизоляции, теплоизоляции из аглопорита толщиной 15 см, воздушного пространства высотой

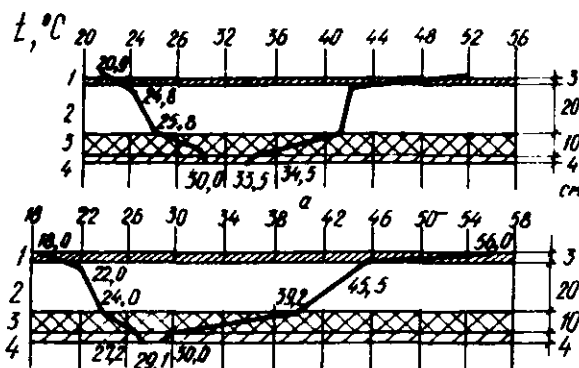


Рис. 13. Затухание температурных волн по сечению вентилируемой крыши с утеплителем из минеральной ваты толщиной 10 см при естественной вентиляции (а) и принудительной (б) в каналах крыши: 1— солнцезащитный экран; 2— вентилируемая воздушная прослойка; 3— утеплитель; 4— несущая плита перекрытия.

35 см, солнцезащитного экрана в виде кровельной вибропрокатной плиты, уложенной по железобетонным балкам и поперечным кирпичным стенам. Данные температурных замеров свидетельствуют о том, что конструкции крыши удовлетворяют требованиям теплоустойчивости. Амплитуда температуры на внутренней поверхности потолка находилась в пределах допустимой величины. Суточные колебания температуры на поверхности утеплителя составляли $9,2^{\circ}\text{C}$ при амплитуде температуры наружного воздуха $11,3^{\circ}\text{C}$. Максимальные температуры воздуха в прослойке и наружного были очень близки (соответственно $30,6^{\circ}\text{C}$ и $30,0^{\circ}\text{C}$), что свидетельствовало о хорошем проветривании воздушного пространства крыши.

Нами получена зависимость скорости воздуха в прослойке от скорости наружного ветра. В данной конструкции крыши вентиляционные поперечные каналы расположены по направлению господствующих ветров, что обеспечило хорошее проветривание. В этих условиях при скорости ветра около 2 м/с скорость его в прослойке составляла 0,6—0,8 м/с.

Результаты анализа натурных наблюдений и теоретических расчетов показали, что наиболее эффективным типом покрытия для жилищ в условиях Средней Азии являются вентилируемые конструкции. Теплотехнический эффект вентилируемого покрытия достигается при расходе воздуха через прослойку 300—350 кг/ч. В связи с этим вентилируемые покрытия следует проектировать для районов,

где скорость ветра в дневные часы не ниже 3 м/с. Высота воздушной прослойки крыши в этом случае может быть равна 10—15 см. При скорости ветра ниже 3 м/с, но не менее 1,5 м/с она должна быть увеличена до 30—35 см. В обоих случаях входные отверстия вентиляционных каналов располагаются в поперечном направлении крыши и с наветренной стороны, в противном случае необходимо устройство принудительной вентиляции. Для улучшения теплового режима вентилируемых покрытий солнцезащитный экран должен быть минимальной массивности.

II.4. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ СТЕН С СОЛНЦЕЗАЩИТНЫМИ ЭКРАНАМИ

В предыдущих разделах описаны теплофизические качества существующих конструкций наружных стен из кирпича и легких бетонов, выявлены границы их активного участия в тепловом режиме здания с учетом свойств строительных материалов, климатических факторов и нормативных требований, установлена толщина стен в летний и зимний периоды. В условиях высоких наружных температур и интенсивной солнечной радиации определенные размеры мало отличаются от принимаемых ранее, и расчеты для летних условий остаются определяющими для большинства районов Средней Азии. Поэтому при проектировании зданий, особенно многоэтажных, возникает необходимость защиты от солнца не только окон, но и непрозрачных участков ограждений, стен и кровли, наружные поверхности которых разогреваются в дневные часы до 60—70°C и передают в помещение дополнительный поток тепла, ухудшая и без того тяжелый микроклимат в дневной и ночной периоды.

В настоящее время важность и необходимость солнцезащиты окон не вызывает сомнений, вопросу же защиты стен до последнего времени не уделялось большого внимания. Объясняется это главным образом тем, что основным типом наружных ограждений зданий в условиях Средней Азии были толстые массивные стены и крыши, для которых имела значение не столько неравномерность суточного хода температуры и облучения, сколько их средние величины, взятые за многолетний период. С развитием строительства ограждающие конструкции становятся более легкими и тонкими, поэтому солнцезащитные средства для всех наружных ограждений приобретают все большее значение. В последние годы начато применение конструкций навесных стен каркасных зданий с малым объемным весом (100 кг/м^3) и изготавливаемых из сочетаний таких новых строительных материалов, как металл, асбестоцемент, древесина, цветное стекло, минераловолокно и пластмасса. Помимо значитель-

ного облегчения зданий, такие конструкции являются важным средством повышения архитектурной выразительности фасадов. Но главное достоинство таких ограждений — малый вес — является и их существенным недостатком, поскольку служит причиной малой тепловой инерции, столь необходимой для защиты от переменных воздействий тепла. В результате наблюдается недопустимое повышение температур в помещении в отдельные часы, что создает условия дискомфорта и приводит к значительным пиковым нагрузкам на систему охлаждения.

Но даже частичное снятие воздействия солнечной радиации будет иметь положительное значение. Как известно, толстые и массивные стены хорошо защищают помещение от перегрева, что достигается аккумулярованием тепла в толще ограждения. Конечно, это уменьшает количество проходящего в помещение тепла днем, но затрудняет быстрое охлаждение стен в ночное время, так как они продолжают отдавать тепло в помещения. Легкие маломассовые стены быстро прогреваются днем, но также быстро охлаждаются ночью. Как и массивные стены, они препятствуют прохождению добавочного тепла в помещение днем, но не путем его аккумулярования, а удалением с движущимся воздухом, если конструкция имеет вентилируемую воздушную прослойку или затеняется солнцезащитным экраном. Уменьшение теплоступлений за счет действия солнечной радиации позволяет облегчить стену и использовать ее способность быстро охлаждаться в вечерние и ночные часы. Другими словами, стена с солнцезащитными устройствами днем "работает" как толстая, массивная конструкция, а ночью как легкая, малотеплоемкая.

Солнцезащита стен как правило приводит к усложнению конструкций. Эффективность ее зависит от многих факторов, неучет которых может привести к тому, что такое ограждение окажется хуже обычной массивной стены. Так, в здании торгового центра на Чиланзаре в г. Ташкенте конструкция наружных стен с вентилируемой воздушной прослойкой и минераловатым утеплителем малой толщины оказалась неудовлетворительной из-за нарушения ряда конструктивных требований. Целью наших исследований и было изучение некоторых вопросов, связанных с применением солнцезащитных стен.

Наиболее известным и довольно распространенным способом защиты стен от солнечной радиации является окрашивание наружных поверхностей в светлые тона, с низкими коэффициентами поглощения солнечных лучей. Однако этот способ имеет недостатки: во-первых, белые поверхности нужно часто подновлять, во-вторых, солнечная радиация, отраженная от стен, попадает на другие, соседние здания или окружающую территорию, ухудшая там усло-

вия, в-третьих, — крайне неблагоприятно слепящее действие белых фасадов.

Из всех возможных конструктивных решений солнцезащитных стен мы предлагаем остановиться на конструкции стены, состоящей из солнцезащитного экрана и утеплителя, отделенного от него воздушной прослойкой, сообщающейся с наружным воздухом через щели и отверстия. Такая конструкция имеет следующие положительные качества:

1) индустриальность;

2) возможность использования различных видов наружных экранов — прочных, легких и долговечных, которые в сочетании с устойчивыми красителями и мозаикой служат важным средством повышения архитектурно-художественной выразительности фасадов зданий. Особенно перспективны экраны из плоских и профилированных алюминиевых листов, имеющих помимо перечисленных качеств отличные теплофизические показатели (низкий коэффициент излучения, коррозионностойкость);

3) полное затенение стен и возможность регулирования теплового и влажностного режима прослойки;

4) надежная защита от атмосферной влаги, систематическое осушение внутреннего слоя, что особенно важно при использовании утеплителей с малым объемным весом и высокой пористостью, а также при повышении влажности внутри помещения;

5) наличие экрана позволяет снизить требования к герметизации стыковых соединений панелей, поскольку влага, попадающая внутрь прослойки, будет стекать по тыльной стороне экрана, а габаритные размеры экрана могут и не совпадать с размерами панелей;

6) возможность частичной замены и ремонта экрана.

Широкое использование новых типов ограждающих конструкций потребует развития промышленного производства таких легких, прочных, погодоустойчивых материалов, как цветные асбестоцементные листы, плоский и профилированный алюминий и нержавеющая сталь, цветное листовое стекло, полимерные материалы и т. д.

Рассмотрим теплозащитные качества стен с вентилируемой воздушной прослойкой, в частности, теплоустойчивость некоторых типов стен с солнцезащитным экраном. Наиболее экономичным решением является применение каркасных конструкций стен с легкими навесными панелями. В практике строительства накоплен богатый опыт возведения зданий с навесными стенами.

Стены такой конструкции являются не традиционными, поэтому при их проектировании необходимо учитывать возможность возникновения деформации в связи с различным коэффициентом температурного расширения материалов в комплексной конструкции, взаимного смещения ее частей под действием ветрового напора,

различного поведения материала в условиях изменяющегося термовлажностного режима, обеспечения теплоустойчивости ограждений и зданий. Поэтому внедрение в строительство облегченных конструкций стен с навесными панелями требует всесторонней проверки в натурных условиях.

Экспериментальное строительство опытных зданий начато с 1959 г. Лабораторией микроклимата крупнопанельных зданий ЦНИИЭПЖилища в содружестве с другими организациями запроектировано и осуществлено строительство нескольких опытных жилых и общественных зданий (жилой дом в Москве, Люберцах и Воскресенске, гостиница "Юность" в Лужниках), где были проведены зимние и летние натурные исследования.

Основное внимание уделялось исследованию температурно-влажностного режима помещений, температурного режима ограждений и исследованию тепловых потоков через ограждения. Теплоустойчивость ограждений в результате действия солнечной радиации в натурных условиях изучена недостаточно. Вместе с тем в районах с сухим и жарким климатом, большими суточными колебаниями температуры наружного воздуха и солнечной радиации теплоустойчивость — определяющая характеристика при выборе конструктивного решения наружных стеновых ограждений. При использовании в строительстве зданий легких конструкций малой теплоемкости возможен значительный перегрев помещений. Во избежание этого зачастую применяют двойные стены или стены с воздушной прослойкой, способствующей снятию тепловых нагрузок с наружной поверхности стены с помощью постоянно движущегося потока воздуха в прослойке. Подобная конструкция стены была разработана Ташгипрогором при проектировании здания торгового центра на Чиланзаре в г. Ташкенте. Но в условиях повышенных летних тепловых воздействий облегченные конструкции навесных стен с вентилируемой воздушной прослойкой и солнцезащитным экраном не исследовались.

Лабораторией строительной физики ТашЗНИИЭП под руководством Е. А. Солдатова были проведены натурные теплофизические исследования вентилируемой конструкции стены здания торгового центра в г. Ташкенте, оборудованного системой кондиционирования воздуха. Конструкция стены состояла из наружной алюминиевой панели, укрепленной на металлическом каркасе, воздушной прослойки, легкой навесной панели толщиной 71 мм (два слоя асбестоцементных листов, 16 мм и минеральная вата, 55 мм) и внутренней обшивки древесноволокнистыми плитами толщиной 15 мм. Наблюдения проводились по единой стандартной методике, разработанной лабораторией микроклимата и натурных обследований ЦНИИЭПЖилища.

В период наблюдений максимальная температура воздуха составляла 35°C , а минимальная $15,2^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность наружного воздуха колебалась от 19 до 60%. Колебание внутренних температур в исследуемом помещении торгового зала за счет внутренних тепловыделений (люди, освещение) и неустановленного режима работы системы кондиционирования воздуха не превышало $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$.

Возникает вопрос, можно ли в условиях повышенных тепловых воздействий пользоваться облегченными, высокoeкономичными, индустриальными и малотеплоемкими конструкциями для зданий, расположенных на юге, ограничив теплоизолирующие свойства данных конструкций только по зимним условиям. В этом случае вопросы, связанные с организацией борьбы с летним перегревом помещений, необходимо решать на принципиально иной основе — освобождении ограждений от аккумулируемого ими радиационного тепла. Причем необходимо правильно выбрать способ регулирования инсоляции, основанный на применении экранированных устройств, которые улавливают солнечные лучи прежде, чем они достигнут стены. Характерным для малотеплоемких конструкций, к числу которых относятся навесные стены с воздушной прослойкой и солнцезащитным экраном, является быстрый их прогрев и остывание.

Для предотвращения прогрева необходимо обеспечить постоянное движение потока наружного воздуха в прослойке, которое способствует, с одной стороны, снятию значительной части радиационного тепла, поступающего на ограждение, с другой — охлаждению навесной стены, когда температура ее наружной поверхности значительно выше температуры наружного воздуха, т. е. в период низких ночных температур.

Подобного типа ограждения могут более быстро охладить помещение в вечернее и ночное время, в противоположность массивным ограждениям, задерживающим отдачу тепла из помещения в окружающую среду. В период натурного эксперимента полученные величины скорости движения воздуха в прослойке стены ($0,4\text{--}0,6\text{ м/с}$) при скорости наружного ветра $1,5\text{--}3,0\text{ м/с}$ незначительно способствовали удалению тепла, поступающего в воздушную среду (прослойку) за счет нагрева солнцезащитного алюминиевого экрана. В результате средний максимальный перепад между температурой наружного воздуха и воздухом в воздушной прослойке стены юго-западной ориентации составил $9,4^{\circ}\text{C}$ (рис. 14). В отдельные дни, когда наружная температура воздуха достигала $34\text{--}35^{\circ}\text{C}$, температура воздуха в прослойке поднималась до 45°C . Солнцезащитный алюминиевый экран, таким образом, способствовал повышению температуры воздуха в прослойке до значений, сильно пре-

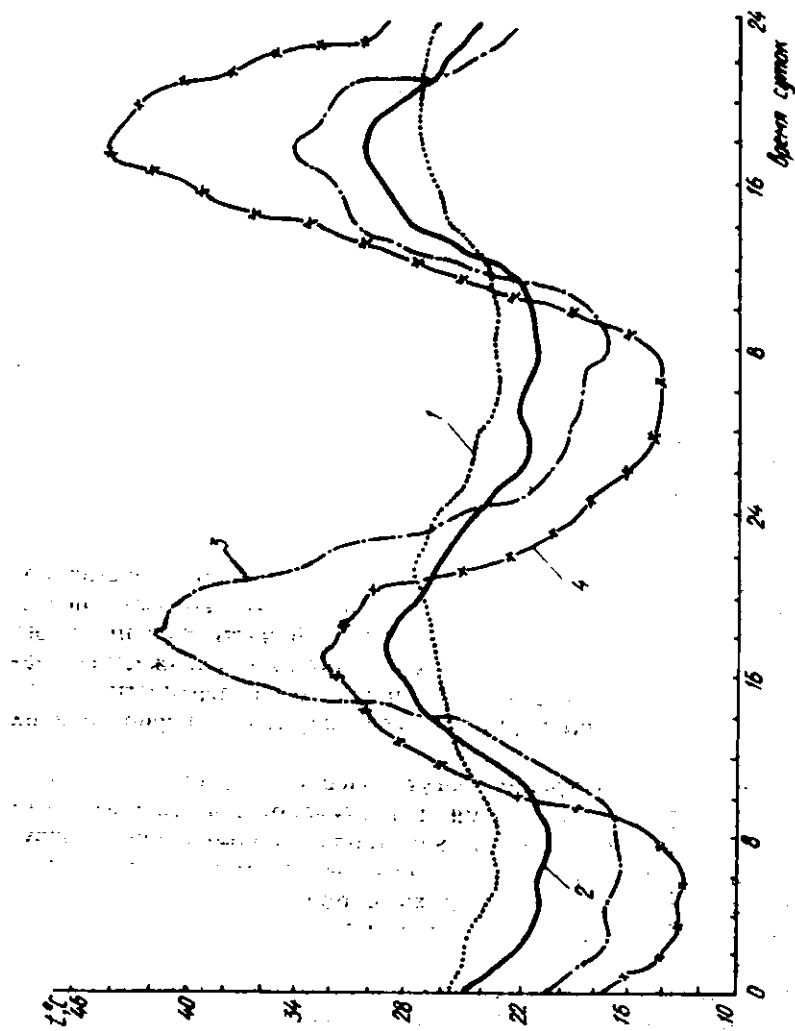


Рис. 14. Температурный режим стен здания торгового центра в г. Ташкенте: 1, 2, 3, 4— температура соответственно внутреннего воздуха, внутренней поверхности стены, воздуха в прослойке и наружного воздуха.

вышающих температуру наружного воздуха. Объясняется это сравнительно невысокой лучеотражательной способностью (50%) алюминиевого экрана и недостаточным проветриванием воздушной прослойки стены.

Анализируя теплозащитные свойства облегченной навесной стены, необходимо отметить, что минимальная амплитуда колебания температуры воздуха в прослойке в среднем составила $\frac{+13,6^{\circ}\text{C}}{-9,2^{\circ}\text{C}}$, максимальная $\frac{+16,4^{\circ}\text{C}}{-11,2^{\circ}\text{C}}$. Столь значительные тепловые воздействия способствовали прогрессу конструкции навесной стены.

В часы наибольшего подъема наружной температуры (с 13 до 19 час.) температура внутренней поверхности навесной стены превышала температуру воздуха у внутренней поверхности стены на 2—3°C. За счет высокой температуры воздуха в прослойке абсолютная величина температуры на внутренней поверхности достигала 29°C, а у стены 26,7°C. В результате основные теплоступления в помещение через наружное ограждение здания отмечались с 13 до 19 час. В период понижения температур наружного воздуха конструкция стены охлаждалась более продолжительное время (14 час.), чем прогревалась. Температура внутренней поверхности стены в этот период была ниже температуры внутреннего воздуха на 1,5—2,5°C. Среднеминимальная температура на внутренней поверхности стены достигала 21,5°C.

Таблица 13

Эффективность экранирования западной стены при различной толщине прослоек

Тип экрана	Величина воздушной прослойки, см	Среднемаксимальная температура, °C					
		наружного воздуха	поверхности незэкранированной стены	внутренней поверхности экрана	воздуха в прослойке	поверхности под экраном	перепад между температурами в прослойке и наружного воздуха
Металл	5	34,1	53,0	45,1	38,1	35,7	4,0
Асбошифер	—	37,0	58,7	43,1	39,5	37,0	5,4
Металл	10			46,7	38,5	38,5	1,5
Асбошифер	10	39,3	60,7	44,7	38,1	37,7	1,1
Металл	15			50,5	41,1	39,4	1,8
Листы, отогнутые снизу	10	35,3	57,9	44,3	36,9	35,9	1,6
Асбошифер	10—15			43,5	36,1	36,0	0,8

За счет охлаждения конструкции навесной стены в вечернее и ночное время среднесуточная температура внутренней поверхности была на $0,5^{\circ}\text{C}$ ниже среднесуточной температуры внутреннего воздуха у поверхности исследуемой конструкции стены. Сравнительно быстрый прогрев и остывание повысили амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности навесной стены $\frac{+4,0^{\circ}\text{C}}{-3,5^{\circ}\text{C}}$ по

сравнению с внутренним воздухом $\frac{+0,7^{\circ}\text{C}}{-1,6^{\circ}\text{C}}$. Это свидетельствует о недостаточной теплоустойчивости облегченной навесной стены, способной пропускать тепло в помещение в период повышения наружной температуры.

Полученные скорости движения воздуха в вентилируемой прослойке стены ($0,4\text{--}0,7$ м/с) недостаточны для полного удаления радиационного тепла, поступающего в результате нагрева солнцезащитной алюминиевой панели экрана. Это увеличивало теплопоступление в помещение, которое не могла снизить даже система кондиционирования воздуха, поддерживающая температуру в помещении днем в пределах $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$ вместо $24\text{--}25^{\circ}\text{C}$ расчетных.

Для уменьшения прогрева конструкции стенового ограждения следует обеспечить непрерывный поток воздуха в прослойке стены с помощью принудительной вентиляции. Кроме того, необходимо предусмотреть тщательную герметизацию стыковых мест навесных панелей для исключения инфильтрации горячего наружного воздуха в кондиционируемое помещение.

Тепловой режим вертикальных воздушных прослоек специально исследовался нами. Были изготовлены навесные вертикальные экраны из листового железа и волнистого асбошифера размером $4,5 \times 3,5$ м, которые установили на стене кирпичного здания с ориентацией на запад.

Воздушная прослойка была открыта сверху и снизу. Температурные датчики закреплены на наружной и внутренней поверхностях экранов, на затененной и облучаемой стенах, а также на поверхности северной стены, которую можно условно рассматривать как затененную горизонтальную солнцезащиту. Температура воздуха в прослойке замерялась в трех уровнях примерно через метр по высоте прослойки. В первом периоде наблюдений экран из асбошифера был придвинут вплотную к стене, а металлический экран располагался на расстоянии 5 см, во втором и третьем оба экрана находились на расстоянии 10 и 15 см от поверхности стены соответственно. В четвертом периоде листы асбошифера были выдвинуты в шахматном порядке на 5 см по отношению друг к

другу, а в металлическом экране каждый лист железа отогнут снизу для промежуточного по высоте проветривания прослойки.

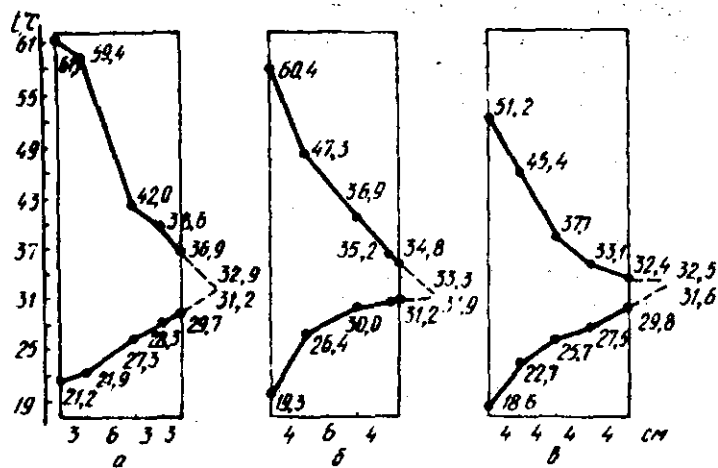
Анализ полученных результатов показал (табл. 13), что затенение стен вертикальными экранами с вентилируемой воздушной прослойкой — достаточно эффективное средство для снижения воздействия на стены солнечной радиации. При расстояниях экрана от поверхности стен на 10—15 см существенного изменения тепловых условий в прослойке не наблюдалось. При более близком расположении экранов температура в прослойке заметно возрастала, но и воздействие солнечной радиации на внутренний слой конструкции было значительно меньше, чем на стену без экрана. Существенных различий при экранировании стен металлом и листами волнистого асбошифера не отмечалось.

Выбор типа экрана и толщины прослойки должен решаться в каждом конкретном случае при конструировании стен здания: если экран входит в состав панели, толщина прослойки не должна превышать 10—15 см, если же проектируется в виде свободно стоящей конструкции, толщину прослойки можно увеличить до 20—30 см. Удаление экрана на большие расстояния нецелесообразно, так как не будет способствовать снижению температуры.

Исследования, в которых изучалась теплопередача через облегченные стены из керамзитобетона (толщиной 15 см), пенобетона (16 см) и пенополистирола (10 см) с экраном и без него, были поставлены в павильоне. Металлический экран, окрашенный с наружной стороны белой краской, устанавливался на расстоянии 10 см от каждой стены. Проветривание прослойки было сопряжено с трудностями, так как воздух должен был заходить под углом 90° к плоскости стены через щели. Полученные данные представлены в табл. 14 и на рис. 15, 16, 17, 18.

Стена из керамзитобетона весом $1000\text{--}1100\text{ кг/м}^3$ и толщиной 15 см без затенения не удовлетворяла требованиям теплоустойчивости: имела очень малую величину затухания $\nu = 5,6$ и вследствие этого большие колебания температуры на внутренней поверхности (рис. 15, 16). При $\nu = 5,6$ амплитуда на внутренней поверхности равна $\pm 3,6^\circ\text{C}$. При затенении этой стены экраном максимальная температура воздуха в прослойке составляла $38,6^\circ\text{C}$, или на $1,6^\circ\text{C}$ выше температуры наружного воздуха, температура затененной поверхности 37°C , что значительно ниже температуры северной стены (рис. 17, 18).

На наружной и внутренней поверхностях стены из пенобетона с объемным весом $400\text{--}600\text{ кг/м}^3$ и толщиной 16 см величина сквозного затухания ν была равна 11,5 и 11,6. Затенение уменьшило температуру наружной поверхности на $9,7^\circ\text{C}$. Температура воздуха в прослойке была выше температуры наружного воздуха на $2,3^\circ\text{C}$.



Р и с. 15. Затухание максимальных и минимальных температур в толще керамзитобетонных (а), минераловатной (б) и пенобетонной (в) стен.

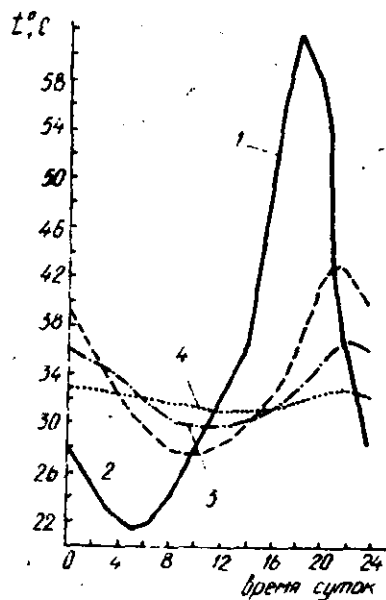
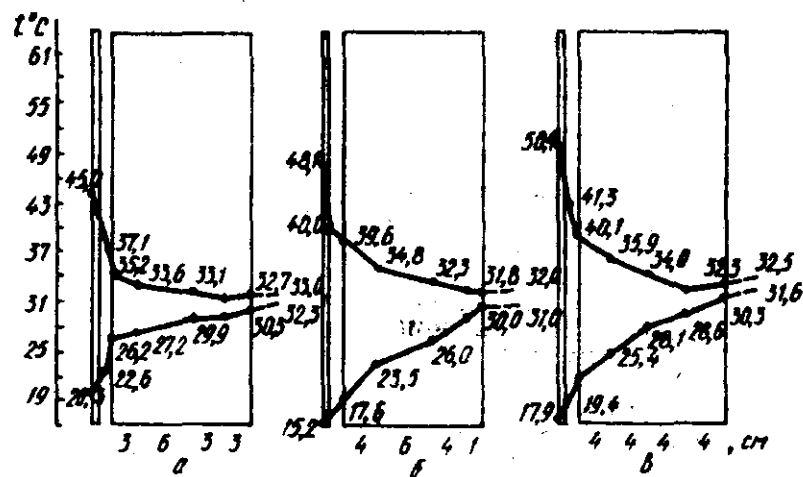
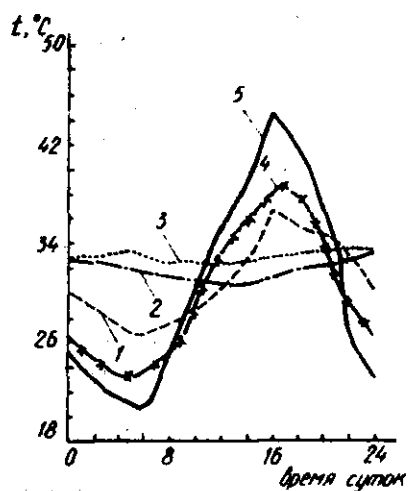


Рис. 16. Суточный ход по сечению керамзитобетонной стены толщиной 15 см: 1, 3 — температура соответственно наружной и внутренней поверхности; 2 — температура в толще стены на 9 см от внутренней поверхности; 4 — воздух в центре помещения.



Р и с. 17. Затухание максимальных и минимальных температур в толще керамзитобетонной (а), минераловатной (б) и пенобетонной (в) стен с радиационным экраном.



Р и с. 18. Температурный режим керамзитобетонной стены с солнцезащитным экраном: 1, 2—температура соответственно наружной и внутренней поверхности стены; 3, 4—воздух соответственно в помещении и в прослойке; 5—солнцезащитный экран.

Экранирование значительно снизило (с $\pm 1,4$ до $\pm 0,8^\circ\text{C}$) амплитуду на внутренней поверхности стены.

Следовательно, конструкция стен из керамзитобетона, пенобетона и пенополистирола толщиной соответственно 15, 16 и 10 см, ориентированных на запад и не затененных экраном, не удовлетворяют требованиям теплоустойчивости. Колебания температур на их внутренних поверхностях превышают допустимую величину, равную $\pm 1^\circ\text{C}$ (табл. 14). Применение солнцезащитного экрана с вентилируемой воздушной прослойкой значительно повышает теплоустойчивость указанных конструкций, которые могут применяться в любых климатических районах Средней Азии.

II.5. УЛУЧШЕНИЕ МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЙ АКТИВНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ТЕПЛОИНЕРЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Массовое строительство жилых и общественных зданий в условиях жаркого континентального климата Средней Азии требует особых решений наружных ограждающих конструкций с целью экономии энергоресурсов на кондиционирование воздуха в помещениях. Решение данной задачи возможно либо за счет увеличения массивности ограждающих конструкций, либо путем использования современных достижений в области регулирования процессов нагрева и охлаждения.

Применяемые в условиях жаркого климата легкие ограждения не обладают достаточной теплоаккумулирующей способностью. Это приводит к резкому ухудшению микроклимата зданий и перегреву помещений в летний период. Повышение теплоустойчивости зданий и обеспечение комфортных условий в них могут быть достигнуты путем активного воздействия на теплоизоляционные свойства ограждений, т. е. соответствующим регулированием теплового режима наружных ограждений и помещений. Существующие методы требуют значительного расхода энергии и недостаточно используют положительные факторы внешней среды. В нашем случае мы имеем возможность изменять в нужном направлении тепловой режим ограждений, варьировать их теплоинерционные свойства, с тем чтобы облегченные конструкции с высоким термическим сопротивлением теплопередаче приобретали теплоаккумулирующую способность массивных ограждений. Решение поставленной задачи осуществляется путем применения термоэлектрических отопительно-охлаждающих устройств, встроенных в ограждение. Они позволяют эффективно использовать положительные факторы наружной среды (низкие ночные температуры летом и тепло солнечной радиации в зимний период).

Разработанная нами конструкция наружного ограждения с термоэлектрическим устройством представляет собой трехслойную панель с наружным слоем из легкого бетона, внутренним из тяжелого бетона, между которыми расположен слой эффективной теплоизоляции.

Таблица 14

Величина затухания температурных колебаний на внутренней поверхности стен

Точки замера	Пенобетонная				Керамзитобетонная				Пенополистирольная			
	максимальная	минимальная	амплитуда ($\pm$)	затухание	максимальная	минимальная	амплитуда ($\pm$)	затухание	максимальная	минимальная	амплитуда ($\pm$)	затухание
Наружный воздух	36,8	13,9	18,9	8,9	34,0	16,2	18,9	—	36,2	16,4	9,9	—
Наружная поверхность экрана	39,0	19,9	9,5	—	37,0	20,2	8,7	—	35,2	14,1	10,5	—
	50,4	17,9	16,2	—	45,0	20,3	12,3	—	54,3	16,4	18,9	—
Воздух в прослойке	41,3	20,4	10,5	—	38,6	22,6	8,0	—	40,2	21,3	9,5	—
	51,2	18,6	16,3	—	61,7	21,2	20,2	—	57,2	17,2	20,0	—
Наружная поверхность западной стены	40,7	22,2	9,3	—	37,0	26,2	5,4	—	35,7	17,4	9,0	—
Внутренняя поверхность западной стены	32,4	29,6	1,4	11,5	36,9	29,7	2,6	5,6	30,7	27,5	1,6	12,0
	32,3	30,8	0,8	11,6	32,7	30,9	0,9	6,0	26,0	24,5	0,75	12,0
Воздух в помещении	31,7	30,6	0,6	—	32,9	30,2	0,8	—	27,1	26,0	0,55	—
	32,5	31,6	0,4	—	33,0	32,3	0,4	—	26,9	25,9	0,50	—

Примечание: каждая первая горизонтальная строка — период с открытой западной стеной; каждая вторая — с затененной западной стеной.

панели закладываются несколько термоэлектрических устройств (ТЭУ) таким образом, чтобы вся панель играла роль теплообменника между окружающей атмосферой и воздухом внутри помещения. Термоэлектрическое устройство используется также для повышения температуры в холодное время года. В качестве внутреннего теплообменника, обеспечивающего равномерное распределение теплового потока во внутреннем слое, использована существующая арматурная решетка ограждающей конструкции панели.

Работа многослойной панели с ТЭУ в режиме охлаждения происходит следующим образом: при подключении термоэлектрической батареи (ТБ) к источнику постоянного тока на поверхности "внутренних" спаев ТБ, контактирующей с теплопроводом, происходит поглощение тепла и соответственно понижение температуры. Температура контактной пластины и арматурной решетки принимает несколько большее значение, причем теплоотвод из внутреннего слоя стеновой панели происходит путем теплопроводности через развитую поверхность арматурных стержней.

Распределение температуры в теплоизоляционном и наружном слоях стеновой панели характеризуется градиентами температур в направлении внутреннего слоя, через поверхность которого, обращенную в помещение, происходит отвод тепла конвекцией и тепловой радиацией, а через противоположную поверхность — поступление теплового потока теплопроводностью. Суммарный тепловой поток во внутреннем слое и количество тепла, эквивалентное мощности, потребляемой термоэлектрической батареей, сбрасываются наружной среде через теплоотвод и систему ребер теплообменника.

В режиме нагрева на стороне ТБ, контактирующей с "внешним" теплопроводом, происходит поглощение тепла, подводимого от наружной среды через систему ребер и материал теплоотводящего стержня. Это количество тепла в сумме с теплом, эквивалентным мощности, потребляемой ТБ, выделяется на противоположной поверхности батареи. Образующийся тепловой поток передается через "внутренний" тепловод и контактную пластину арматурной решетки, которая в данном режиме играет роль нагревательного устройства. От слоя, разделяющего плоскость расположения арматурной решетки и внутреннюю поверхность этого слоя, тепловой поток поступает путем конвективного и радиационного теплообмена в помещение.

Таким образом, как в режиме охлаждения, так и в режиме нагрева конструкция ТЭУ способствует максимальному использованию естественных факторов наружной среды: пониженной ночной температуры наружного воздуха в жаркий период и тепла солнечной радиации — в холодный. Переключение работы ТЭУ с одного режима на другой производится путем простого изменения полярности источника, питающего ТБ.

Для проверки эффективности активного регулирования теплотехнических свойств ограждающих конструкций были проведены экспериментальные исследования на реальных объектах. Здание диспетчерского пункта выполнено из кирпича толщиной 40 см, имеет сквозное проветривание рабочего помещения, витражи и солнцезащиту светопроемов. Для улучшения теплового режима цокольного перекрытия здание приподнято над землей на высоту 1,4 м. Использование всего этого комплекса естественных средств регулирования микроклимата позволило снизить температуру воздуха в рабочем помещении на 3—4°C по сравнению с температурой наружного воздуха (без учета тепловыделений системой управления гидроузла).

Покрытия со встроенными термоэлектрическими устройствами позволяют активно регулировать температуру конструкции. Покрытие выполнено в виде монолитной железобетонной плиты толщиной 8 см с глубиной заложения арматурной стальной решетки 5 см от внутренней поверхности, слоя тепловой изоляции из пенополистирола толщиной 8 см, цементной стяжки и рулонного гидроизоляционного ковра. В панелях покрытия над рабочим помещением установлены 16 термоэлектрических устройств с типовыми термобатареями "Селен" С2—7 (из расчета одна термобатарея на 1 м² площади потолка рабочего помещения).

Наблюдения за температурным режимом экспериментального объекта осуществлялись при работе ТЭУ как в режиме охлаждения, так и нагрева. Типичные кривые суточных изменений температуры по толщине покрытия в жаркий период года (июль-август) и энергетические характеристики встроенных ТЭУ приведены на рис. 19, а, б.

При колебаниях температуры наружного воздуха от 16 до 34°C температура воздуха в помещении изменялась в пределах 1,6°C (26,2—27,8°C). При значительных изменениях температуры наружной поверхности совмещенной крыши (13—56°C) на внутренней поверхности панели покрытия наблюдалось относительное постоянство температур. Наибольшие колебания в самых чувствительных к изменению участках (вблизи установки термобатарей) 20,2—24°C, на участках, более отдаленных от мест установки ТЭУ, отмечалось еще большее постоянство температур. Так, на расстоянии 50 см от места установки ТЭУ, т. е. между соседними термобатареями поддерживалась среднесуточная температура 21,8°C, при минимальном значении температуры 20,4°C и максимальном 22,2°C. На контрольном участке панели без термоэлектрического устройства температура в течение суток изменялась от 26,6°C до 29°C. Таким образом, термоэлектрические источники охлаждения позволяли по-

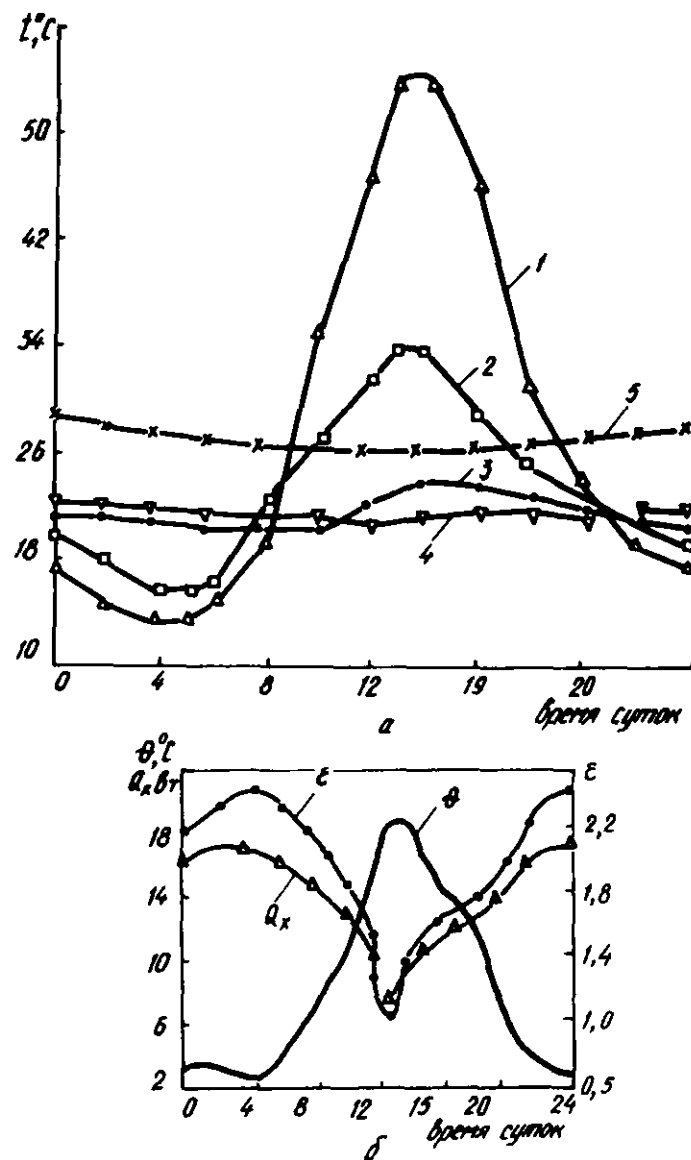


Рис. 19. Суточный ход температур по толщине покрытия в летний период (а) и энергетические характеристики встроенного в него ТЭУ (б) в режиме охлаждения: 1—поверхность кровли; 2—наружный воздух; 3—потолок у места установки ТЭУ; 4—потолок на расстоянии 50 см от места установки ТЭУ; 5—потолок неохлажденный. θ — перепад температур на теплообменниках ТЭУ; Q_x — холодопроизводительность ТЭУ, встроенного в покрытие; ϵ — холодильный коэффициент ТЭУ в покрытии.

низить температуру поверхности покрытия на 6—7°C по сравнению с такой же конструкцией без ТЭУ.

При неизменной величине напряжения на термобатареях рабочий ток вследствие изменения перепада температур на спаях несколько варьировал. Однако поскольку ток менялся не более чем на 10%, можно считать, что испытания проводились при относительно постоянной мощности. В расчете на 1 м² площади панели покрытия рабочего помещения подводимая мощность в среднем составляла 17 Вт. При этой мощности, как следует из рис. 19 а, величины холодопроизводительности и холодильного коэффициента существенно колебались. Резкие снижения холодопроизводительности и холодильного коэффициента, отмечаемые в наиболее жаркие часы суток, связаны с ростом перепада температур на спаях термоэлементов.

Из рис. 19 следует, что для повышения экономичности целесообразно варьировать параметры электропитания термобатарей таким образом, чтобы в период наибольших тепловых воздействий наружной среды полностью отключать термобатареи, либо переводить их в режим "нулевой холодопроизводительности", т. е. обеспечивать такую потребляемую мощность, которой было бы достаточно только для компенсации теплопритоков через термобатареи.

Это позволило бы без значительных изменений температуры на внутренней поверхности (т. к. в наиболее жаркие часы холодопроизводительность невелика) существенно снизить расход электроэнергии. С увеличением теплоемкости внутреннего слоя время работы термобатарей можно ограничить только вечерними и ночными часами.

Сопоставление экспериментальных данных о суточном ходе температур в характерных точках по толщине панели (рис. 19 б) с полученными расчетными кривыми дает хорошее совпадение, что свидетельствует о правильности принятой расчетной схемы. Существенные различия связаны как с погрешностями эксперимента, так и с тем, что в реальной конструкции наблюдается некоторое отклонение от принятого в расчете условия изотермичности тепло-распределительного элемента (внутренней арматурной решетки).

Типичные кривые суточных изменений тепловых и энергетических характеристик панелей с ТЭУ в режимах нагрева приведены на рис. 20. Данные результаты относятся к наиболее холодному периоду года — январю. Эти характеристики могут меняться в зависимости от температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации.

Термоэлектрические устройства позволили при подводимой мощности порядка 15 Вт/м² повысить температуру внутренней поверхности покрытия на 15—35°C и поддерживать ее относительно постоянной. Например, при колебаниях температуры наружного

воздуха от $-8,4^{\circ}\text{C}$ до $+6,4^{\circ}\text{C}$ обеспечивалась температура на внутренней поверхности панели (на расстоянии 50 см от места установки ТЭУ) $25,1-26,3^{\circ}\text{C}$.

Энергетические показатели и стабильность температур на внутренней поверхности ограждений существенно зависят от интенсивности солнечной радиации, что свидетельствует об эффективности работы наружного теплообменника. В солнечные дни при больших колебаниях температуры наружного воздуха обеспечивался лучший нагрев и большая стабильность температур, чем в пасмурные дни при меньших колебаниях температур наружного воздуха. При интенсивной солнечной радиации существенно повышалась величина отопительного коэффициента.

Как показали результаты испытаний, (Е. А. Солдатов, У. К. Кахаров, П. А. Азизов), использование термоэлектрического нагрева даже в наиболее холодный период года энергетически выгодно, так как отопительный коэффициент был равен не менее 1,5 при отрицательных температурах наружной среды. Для поддержания температуры внутренней поверхности ограждений порядка $25-30^{\circ}\text{C}$ при положительных температурах наружного воздуха требуется мощность менее 15 Вт/м^2 , при этом достигается значение отопительного коэффициента порядка 2,0 и более. Системы автоматического регулирования режимов электропитания панелей со встроенными ТЭУ дают возможность более стабильно обеспечить требуемый температурный режим ограждений при снижении расхода электроэнергии. Полученный результат свидетельствует о том, что наличие встроенного стока тепла в теплоемком слое панели наряду со снижением температуры внутренней поверхности ограждения обеспечивает повышение теплоустойчивости данной конструкции.

На основании исследований можно заключить, что внутренний теплоаккумулирующий слой ограждающей теплоизолированной конструкции при действии теплоотводящих элементов охлаждается равномерно по всей толщине и играет основную роль в стабилизации теплового режима всего ограждения. Незначительные отклонения температуры охлаждающих элементов от среднесуточной позволяют принять простую зависимость выбора мощности источника, а именно: при заданном напряжении электропитания холодопроизводительность термоэлектрических теплоотводящих устройств есть линейная функция перепада температур между холодными и горячими спаями термоэлементов.

В период эксперимента решалась задача определения потребной среднечасовой холодопроизводительности при фиксированной температуре внутренней поверхности ограждения.

Сопоставление кривых суточного изменения условной наружной температуры $t_{\text{усл}}(\tau)$ и требуемой холодопроизводительности источ-

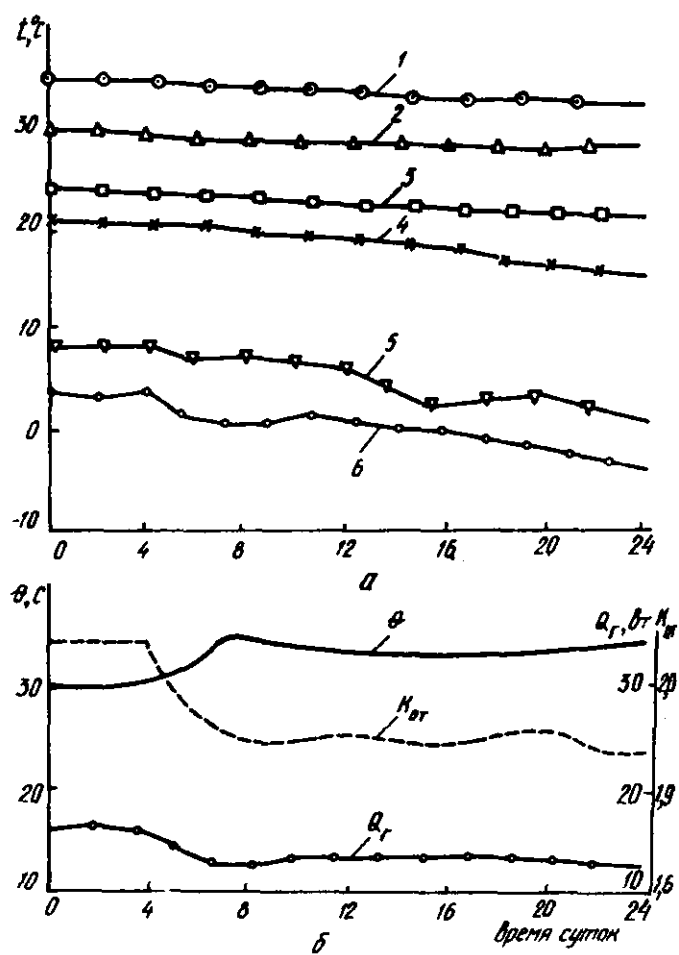


Рис 20. Тепловой режим совмещенной крыши (а) и энергетические характеристики встроенного в ней ТЭУ в режиме нагрева (б). Температуры: 1—арматурной решетки в месте установки ТЭУ; 2—потолка в месте установки ТЭУ; 3—потолка на расстоянии 0,5 м от места установки ТЭУ; 4—воздуха помещения; 5—поверхности кровли (условная температура наружной среды); 6—наружного теплообменника.

ников $q_{\text{хл}}^{\text{пр}}(\tau)$, показывает, что изменение $q_{\text{хл}}^{\text{пр}}(\tau)$ следует за ходом температуры $t_{\text{усл}}(\tau)$ в соответствии с гармоническим законом со сдвигом фазы колебаний. Для исследованных конструкций этот сдвиг фаз близок к 180° , что указывает на изменение потребной мощности источника охлаждения в противофазе с изменением наружных тепловых воздействий. Таким образом, требуется небольшая холодопроизводительность термоэлектрического источника в часы наибольших тепловых воздействий наружной среды и значительная холодопроизводительность в период пониженной температуры окружающей среды, в которой наблюдается максимум теплоступления тепла из ограждений в помещение. Такое требование автоматически выполняется, поскольку в вечерние и ночные часы ТЭУ работает при наименьшем перепаде температур на спаях ТБ. Для снижения расхода энергии целесообразно в часы малоэффективной работы ТЭУ кратковременно отключать его от сети или переводить в режим "нулевой холодопроизводительности" (для компенсации теплопритока через термоэлементы).

Эффективность разработанных ограждений со встроеными ТЭУ оценивалась применительно к их использованию в панелях с совмещенной кровлей. Именно такая конструкция была испытана в натурных условиях эксплуатации экспериментального объекта в режимах охлаждения и нагрева. В качестве базового варианта при сравнении была принята многослойная панель той же конструкции, но без ТЭУ, с использованием для охлаждения помещения кондиционера и для нагрева — калорифера. Исходя из расчетных данных теплоступлений в помещение, в базовом варианте принималось использование автономного кондиционера холодопроизводительностью 1700—2000 Вт, а в качестве отопительного прибора — электрокалорифера мощностью 2 кВт, при этом в расчетах дополнительных капиталовложений исходили из тепловых нагрузок, соответствующих экспериментальному объекту, так как его температурный режим близок к комфортному.

Система перекрытий с ТЭУ имеет примерно вдвое меньше приведенные затраты по сравнению с системой, использующей автономный кондиционер и электрокалорифер, причем существенно, что при использовании перекрытий с ТЭУ достигается значительная экономия затрат на электроэнергию (в 7,23 раза). Это объясняется высокими значениями отопительных коэффициентов при использовании ТЭУ (при $t_{\text{в}} = 18^\circ\text{C}$ и средней наружной температуре воздуха $+2^\circ\text{C}$, $K_{\text{от}} = 2,0$, в то время как при использовании калорифера $K_{\text{от}} = 1,0$). В режимах охлаждения панели в ТЭУ работают при малых перепадах температур и соответственно высоких холодильных коэффициентах $\epsilon > 1,0$. Кроме того, полезно используется такой

естественный способ регулирования микроклимата, как сквозное проветривание. При работе же кондиционера сквозное проветривание исключено и требуется герметизация помещений, что не позволяет использовать благоприятные факторы наружной среды.

II.6. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

В целях экономии топлива весьма важно уменьшить теплопотери путем улучшения теплозащитных свойств панелей в зимнее время. Расчетами, проведенными в НИИСтройфизики, ЦНИИЭПЖилища, МИСИ, доказана экономическая целесообразность повышения теплозащитных свойств стен зданий путем увеличения их расчетной толщины [5, 6, 7].

Теплозащитные свойства ограждающих конструкций можно повысить за счет уменьшения их начальной эксплуатационной влажности. В связи с этим проводились теплофизические обследования в Голодной степи силикатобетонных стен толщиной 26 см, а зимой в Бухаре оценивались теплозащитные качества вентилируемого покрытия. Кроме того, совместно с кафедрой технологии вяжущих веществ и бетонов МИСИ изучалась с теплотехнической стороны трехслойная конструкция стеновой панели с различными видами утеплителей (фибrolит, ячеистый бетон, пористый щебень, керамзитовый гравий и др.).

Объектом натурных наблюдений в Голодной степи служил экспериментальный жилой дом, в котором угловая квартира была смонтирована из силикатобетонных блоков толщиной 26 см. Внешние условия в период наблюдений были достаточно суровыми. Температура наружного воздуха в отдельных случаях понижалась до $-16,6^{\circ}\text{C}$, соответствуя расчетным зимним температурам местности. Средняя скорость ветра за период исследований составила 2,07 м/с, в отдельные часы — 5 м/с. Относительная влажность равнялась 73%. Средний температурный перепад между внутренним воздухом и внутренней поверхностью ограждений находился в пределах: для юго-восточной стены $\Delta t_b = 2,20^{\circ}\text{C}$, юго-западной $\Delta t_b = 1,77^{\circ}\text{C}$, угла $\Delta t_b = 3,68^{\circ}\text{C}$. При определении расчетной разности температур (34°C) для самых холодных районов Голодной степи перепад составит соответственно 3,25 и $2,61^{\circ}\text{C}$. Это не в состоянии вызвать конденсацию водяных паров на внутренней поверхности стен.

Вычисленные средние величины ($R = 1,18$, $R = 1,26$, $R_0 = 1,37$, $R_0 = 1,47$ соответственно для юго-восточной и юго-западной стены) получились несколько завышенными, так как не учитывалось теплосодержание исследуемых ограждений. На изменение теплосодержания влияли такие факторы, как колебания температуры

наружного и внутреннего воздуха, а также прямое солнечное облучение.

Экспериментальные значения сопротивления теплопереходу, термического сопротивления и сопротивления теплопередаче (с учетом теплосодержания стен) приведены в табл. 15.

Таблица 15

Натурные и расчетные значения сопротивлений с учетом теплосодержания стен (газопескостеклянных)

Объем- ный вес, γ кг/м ³	Толщи- на, м	Натурные значения, м ² °С/Вт				Расчет- ное R_0	Требуе- мое $R_{0,тр}$
		$R_{в}$	$R_{н}$	R	R_0		
1015	0,26	0,125	0,063	1,04	0,97	1,08	0,87
1075	0,26	0,110	0,103	1,04	1,25	0,98	

Натурные исследования легкобетонной совмещенной принудительно вентилируемой крыши выявили ее теплофизическую эффективность в сравнении с распространенной в Средней Азии современной невентилируемой крышей. Однако создание вентилируемых каналов вызвало необходимость теплопроводных включений в конструкцию (ребер панелей), являющихся наиболее опасными местами в теплотехническом отношении, и ее проверки в зимнее время. Наблюдения проведены в одной из комнат экспериментального жилого дома. В период натурального эксперимента в исследуемом помещении был создан и поддерживался в определенных пределах постоянный температурно-влажностный режим. Температуру в толще вентилируемой крыши и на поверхности потолка измеряли каждый час в течение суток. Кроме того, производились разовые замеры температуры на внутренней поверхности мест теплопроводных включений (ребер) с помощью термощупа.

В период наблюдений стояла сравнительно холодная погода. В отдельные дни температура опускалась до $-12,9^{\circ}\text{C}$, приближаясь к расчетной температуре воздуха в данной местности. Температурный перепад между воздухом помещения и потолком на протяжении всего периода исследований находился в пределах $0,3-0,8^{\circ}\text{C}$ (табл. 16), который согласно СНиП II-3-79* не превышал $4,0^{\circ}\text{C}$. Температура на внутренней поверхности теплопроводных включений (ребер панели) была практически одинакова и только в отдельных случаях на $0,3-0,5^{\circ}\text{C}$ ниже температуры на поверхности потолка.

Таблица 16

Среднесуточные значения температурного перепада на внутренней поверхности крыши, °С

Дата наблюдений	Наружная	Поверхность кровли	Нижняя плоскость верхней плиты	Поверхность утеплителя	Поверхность потолка	В помещении	Температурный перепад
27.1	-1,7	-0,1	0,1	5,2	17,1	17,9	0,8
28.1	-0,9	0,4	1,5	3,9	18,1	18,7	0,6
29.1	3,6	1,6	5,2	6,6	18,0	18,7	0,7
30.1	-6,8	0,8	0,8	2,9	17,9	18,7	0,8
31.1	-6,4	-1,4	0,3	2,6	17,5	18,2	0,7
1.11	-6,2	-1,7	1,9	4,0	17,9	18,7	0,8
2.11	-5,4	-2,3	3,7	4,4	18,0	18,3	0,3
Средняя	-4,4	-0,6	3,0	4,2	17,7	18,5	0,8

Как показали измерения, несущие ребра панели толщиной 60 мм из керамзитобетона $\gamma = 1500 \text{ кг/м}^3$ вполне обеспечивают теплозащитные свойства и опасность переохлаждения их отсутствует.

В настоящее время в жилищном строительстве широко используются трехслойные стеновые панели. Применяемые для их утепления теплоизоляционные материалы (фибrolит, ячеистые бетоны и др.) выпускаются в виде плит и блоков. В связи с этим изготовление таких панелей осложняется трудоемкой ручной укладкой в них утеплителя, зачастую требующего предварительной подготовки (разрезки с учетом конфигурации панелей и размещения арматуры).

Как показали натурные обследования [8, 9, 10], влажность утеплителя после изготовления панелей весьма значительна: до 35% по весу для автоклавного ячеистого бетона и 30—35% — для цементного фибrolита. Причиной этого служит не только увлажнение утеплителя при изготовлении панелей, но и использование утеплителя с высокой влажностью (10—20% по весу). Превышение фактической влажности утеплителя над равновесной (требуемой СНиП) приводит к снижению теплозащитных свойств трехслойных панелей и вызывает дополнительный расход средств на отопление зданий, особенно в первые годы их эксплуатации.

Проведенные нами расчеты для панелей наиболее распространенных серий жилых зданий II-49 (утеплитель — цементный фибrolит) и 1-464А (утеплитель — ячеистобетонные вкладыши) показывают, что в период снижения влажности утеплителя во время эксплуатации зданий до равновесной общая сумма дополнительных затрат на отопление составляет 19,1—14,3% нормируемых (табл. 17).

Таблица 17

Теплофизические свойства и экономическая эффективность трехслойных стен жилых зданий в начальный период по годам их эксплуатации

Показатели	1-й год	3-й год	5-й год	8-й год	Расчетные по СНиП II-3-79**
<i>Жилое здание серии II-49, толщина трехслойной стены 28 см (5+15+8), утеплитель — цементный фибролит $\gamma = 360$ кг/м</i>					
Влажность утеплителя					
% по весу	30	25	20	12,5	10
% к требуемой	300	250	200	125	100
Коэффициент теплопроводности утеплителя					
Вт/м °С	0,202	0,187	0,172	0,153	0,151
% к расчетному	134	124	114	102	100
Сопротивление теплопередаче стены					
м ² °С/Вт	1,148	1,208	1,288	1,413	1,413
% к расчетному	80,3	84,3	89,8	98,8	100
Затраты на отопление здания					
руб/м ² стены в год	0,647	0,613	0,575	0,524	0,518
% к расчетному	124,9	118,4	111,0	101,2	100
Общая сумма дополнительных затрат на отопление зданий за восемь лет	—	—	—	0,55	—
руб/м ² стены	—	—	—	—	—
% к расчетному	—	—	—	14,3	—
<i>Жилое здание серии I-464А, толщина трехслойной стены 30 см (5+17+8), утеплитель — ячеистый бетон $\gamma = 500$ кг/м</i>					
Влажность утеплителя					
% по весу	30	25	20	12,5	10
% к требуемой	300	250	200	125	100
Коэффициент теплопроводности утеплителя					
Вт/м °С	0,254	0,235	0,219	0,189	0,174
% к расчетному	145	135	126	109,0	100

Продолжение таблицы 17.

Показатели	1-й год	3-й год	5-й год	8-й год	Расчет- ные по СПиП II- 3-79**
Сопротивление теплопередаче стены $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	1,052	1,113	1,176	0,318	1,41
% к расчетному	74,7	78,8	83,3	93,3	100
Затраты на отопление зданий руб/ м^2 стены в год	0,707	0,667	0,634	0,562	0,527
% к расчетному	134,2	127	120,4	106,7	100
Общая сумма дополнительных затрат на отопление зданий за восемь лет руб/ м^2 стены	—	—	—	0,907	—
% к расчетному	—	—	—	19,1	—

Примечание: Скорость изменения влажности условно принята равной скорости высыхания утеплителя из ячеистого бетона. Стоимость стены (руб/ м^2) дана в ценах до 1988 г.

Таким образом, дальнейшее совершенствование технологии трехслойных стеновых панелей может быть достигнуто путем механизации укладки при их формировании, а также снижением влажности до равновесной или близкой к ней.

Повышенная начальная влажность ограждающих конструкций приводит к уменьшению сопротивления наружных стен теплопередаче, в результате тепловые потери зданий увеличиваются на 20—25% сверх нормативных. В МИСИ проведены исследования с целью получения ограждающих конструкций с различными теплоизоляционными материалами и с влажностью, близкой к равновесной, непосредственно после их изготовления [9, 10]. Было предложено в качестве плитных утеплителей применять засыпки в виде сухих пористых материалов низкой объемной массы. Это даст возможность использовать утеплитель, имеющий минимальную исходную влажность (0—2% по весу), и исключить сушку теплоизоляционного слоя в процессе изготовления трехслойных стеновых панелей.

В качестве засыпок могут быть использованы керамзитовый гравий, перлитовый щебень и другие материалы низкой объемной массы. В соответствии с теплотехническими требованиями объемная масса их в насыпном виде не должна превышать 350—400 кг/ м^3 . В эксплуатационных условиях несвязанный пористый заполнитель, на-

ходящийся в середине панели, с течением времени может уплотняться и оседать. Причем в верхней части панели возможно образование воздушных полостей, снижающих теплозащитные свойства панели. Осадка заполнителя может быть предотвращена при связывании всей массы заполнителя в крупнопористый бетон. Однако при этом возрастают объемная масса и влажность утеплителя. В связи с этим на специальных моделях, имитирующих слой засыпного утеплителя, изучались способы предотвращения его осадки во времени. Установлено, что для предотвращения осадки засыпных утеплителей при эксплуатации трехслойных стеновых панелей достаточно в процессе изготовления изделия производить укладку утеплителя с вибрацией в течение 15—20 с. и разделять слой засыпного утеплителя по высоте панели диафрагмами жесткости из крупнопористого бетона.

Комплексные теплотехнические испытания панелей серии П-49Д с утеплителями из сухих пористых заполнителей, проведенные в лаборатории теплофизических испытаний ЦНИИЭП жилища, показали, что с заменой цементного фибролита М 350 керамзитовым гравием, перлитовым щебнем и другими материалами низкой объемной массы сопротивление теплопередаче этих панелей увеличивается на 10—25% (табл. 18) за счет снижения влажности утеплителя.

Для испытаний были взяты восемь фрагментов панелей. Наружные слои выполнены из тяжелого бетона $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$, М200. С наружной стороны все фрагменты были облицованы керамической плиткой. Утеплителями служили цементный фибролит $\gamma = 350 \text{ кг/м}^3$ (Ф-1); пористый щебень из ГЦПВ $\gamma = 300 \text{ кг/м}^3$ фракции 5—40 мм, причем между внутренними слоями тяжелого бетона и утеплителя проложен один слой пергамина (Ф-7); керамзитовый гравий $\gamma = 500 \text{ кг/м}^3$ (Ф-8), при этом между внутренним слоем тяжелого бетона и утеплителя был проложен один слой пергамина; перлитовый щебень $\gamma = 300 \text{ кг/м}^3$ фракции 5—20 мм (Ф-6).

В средней части по высоте фрагментов Ф-2, Ф-5, Ф-6, Ф-7, Ф-8 расположены диафрагмы жесткости (для предотвращения осадки слоя утеплителя) шириной 6—8 см, образованные проливкой слоя утеплителя цементным тестом. Фрагменты представляли собой четверть стеновой панели серии П-49 Д размером на комнату.

Результаты определений влажности конструкций свидетельствуют о ее неравномерности у разных утеплителей (табл. 18). Прежде всего это объясняется разной исходной влажностью испытуемых утеплителей; у цементного фибролита — 6,9% по весу, пористого щебня — 3,4, перлитового щебня — 1,8, керамзитового гравия $\gamma = 500 \text{ кг/м}^3$ — 0,5, керамзитового гравия $\gamma = 300 \text{ кг/м}^3$ — 0,8%. Кроме того, указанные утеплители обладают разной увлажняемостью при отсосе воды из свежеложенной бетонной смеси. Наиболее гигроскопичен цементный фибролит.

Таблица 18

Основные теплотехнические показатели трехслойных стеновых панелей
с различными утеплителями

Фрагмент	Виды утеплителей	Объемная масса утеплителя, кг/м ³	Сопротивление теплопередаче, м ² °C/Вт	Коэффициент теплопроводности утеплителя, Вт/м ² °C	Влажность утеплителя, % по весу
Ф-1	Цементный фибролит	350	1,38	0,197	19,6
Ф-2	Пористый щебень	300	1,21	0,162	16,1
Ф-3	Керамзитовый гравий	500	1,25	0,174	3,7
Ф-4	Керамзитовый гравий	300	1,51	0,129	5,3
Ф-5	Керамзитовый гравий (между бетоном и утеплителем один слой пергамина)	300	1,64	0,116	5,3
Ф-6	Перлитовый щебень	300	1,51	0,128	9,0
Ф-7	Пористый щебень (между бетоном и утеплителем один слой пергамина)	300	1,39	0,151	15,0
Ф-8	Керамзитовый гравий (между бетоном и утеплителем один слой пергамина)	500	1,25	0,160	3,1

Анализ полученных данных показывает, что пористые заполнители с объемной массой 300 кг/м³ имеют коэффициент теплопроводности, равный коэффициенту теплопроводности цементного фибролита или меньше его с близкой объемной массой.

Прокладка пергамина между слоем тяжелого бетона и утеплителя позволяет избежать внедрения тяжелого бетона в засыпку, а также несколько уменьшить его влажность. За счет этого теплотехнические показатели утеплителя и конструкции улучшаются, например, у Ф-7 и Ф-2, Ф-5 и Ф-4 (табл. 18).

Сопротивление теплопередаче трехслойных панелей с засыпными утеплителями равно или превосходит сопротивление теплопередаче панели с цементным фибролитом М 350. Исключение составляет фрагмент с утеплителем из керамзитового гравия $\gamma = 500$ кг/м³. Все утеплители обеспечивают сопротивление теплопередаче (R_0) конструкций выше требуемого $R = 1,17$ м² °C/Вт и таким образом могут быть использованы для утепления трехслойных стеновых панелей.

Наличие диафрагм жесткости влажностью 15—16% по весу не сказывается на понижении температуры поверхности панелей. Колебания температуры в данных сочетаниях составляют $\pm 0,5^\circ\text{C}$, не

опускаясь ниже 12,5°C. Понижения температуры под диафрагмами жесткости не отмечено.

Полученные экспериментальные данные позволили провести специальные расчеты по определению экономии затрат на отопление в зданиях со стенами из трехслойных панелей, утепленных сухими пористыми заполнителями вместо цементного фибролита М350. Экономический эффект при использовании в качестве утеплителя трехслойных стеновых панелей сухих пористых заполнителей складывается из экономии на стадии заводского производства и экономии, получаемой в процессе эксплуатации панелей.

Таким образом, при изготовлении трехслойных стеновых панелей рациональным способом образования в них теплоизоляционного слоя является засыпка из сухих пористых заполнителей объемной массой 300—350 кг/м³. При отсутствии местных заполнителей низкой объемной массы может быть использован пористый щебень на базе ячеистого бетона из гипсоцементнопеллуканового вяжущего. Использование засыпок из сухих пористых заполнителей даст возможность механизировать процесс укладки утеплителя, изготавливать панели с влажностью теплоизоляционного слоя, близкой к равновесной, снизить стоимость трехслойных стеновых панелей и на 15—20% уменьшить затраты на отопление зданий в начальный период их эксплуатации.

II. 7. ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЙ С ИСКУССТВЕННЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Современные инженерные устройства искусственного климата обладают почти неисчерпаемыми возможностями. Они способны создавать и устойчиво поддерживать в помещениях комфортный микроклимат в любом типе зданий при любых наружных климатических условиях. Однако соображения экономического порядка, стремление к надежности и простоте технических устройств заставляют серьезно подойти к вопросу выбора типов и методов использования искусственных средств регулирования микроклимата, не подменяя этот вопрос механическим назначением наиболее совершенной системы кондиционирования и перекладыванием на нее всех функций по созданию теплового комфорта.

Использование естественных средств регулирования микроклимата снижает расходы на кондиционирование. Введение кондиционирования в свою очередь изменяет функции естественных средств. Они предназначаются уже не для регулирования микроклимата, а для снижения нагрузок на систему, уменьшения установочной мощности систем кондиционирования, сокращения времени их эксплуатации. Значительно снижаются также капитальные и особенно эксплуатационные расходы на жилое здание.

Методы совместного использования искусственных и естественных средств экспериментально исследовались Е. А. Насоновым и А. В. Ершовым в ТашЗНИИЭП. Установлено, что с изменением функций естественных средств происходит некоторое перераспределение значимости защитных факторов и способов их использования. Налагается условие, называемое "совместимостью с кондиционированием".

Какие же из естественных средств являются совместимыми, а какие несовместимыми или не всегда совместимыми?

Полностью совместимы и одинаково необходимы как при отсутствии, так и при наличии систем кондиционирования все способы улучшения микроклимата территории и мероприятия по тепловой защите зданий (солнцезащита, высокие теплоизоляционные свойства ограждений, сокращение тепловыделений в квартирах, благоприятная ориентация зданий, озеленение и обводнение придомовой территории).

При введении кондиционирования микроклимата больше всего меняется роль естественной аэрации помещений (проветривания). Совместное использование проветривания и кондиционирования бывает иногда невозможным из-за их несовместимости, поскольку кондиционирование призвано поддерживать определенные внутренние условия, а попадание наружного воздуха в помещение зачастую мешает нормальной его работе. Возможна тепловая и гидравлическая несовместимость двух мероприятий. Поэтому оптимизация режимов регулирования микроклимата при совместном использовании кондиционирования и естественных средств связана в основном с правильным применением проветривания и тепловой инерции зданий.

Чтобы выяснить количество тепла, поступающего в помещение зданий с различными типами наружных ограждений, а также целесообразность и оптимальные режимы использования проветривания в домах с системами кондиционирования микроклимата, были проведены экспериментальные исследования на двух специально оборудованных объектах. Каждый объект представлял собой трех- или четырехкомнатную квартиру, оборудованную системами радиационного охлаждения и кондиционирования воздуха в г. Ташкенте.

В крупнопанельном доме ТашДСК экспериментальные помещения были расположены на втором (верхнем) этаже, и в качестве радиационных охлаждающих панелей использовались бетонные панели перекрытия (рис. 21). В кирпичном доме экспериментальная квартира располагалась на промежуточном третьем этаже. Здесь применялись нетеплоемкие металлические радиационные панели. Кроме того, в двух комнатах охлаждение могло осуществляться и конвекторной системой охлаждения.

В исследуемых помещениях производились замеры всех четырех метеорологических параметров, влияющих на тепловое ощущение

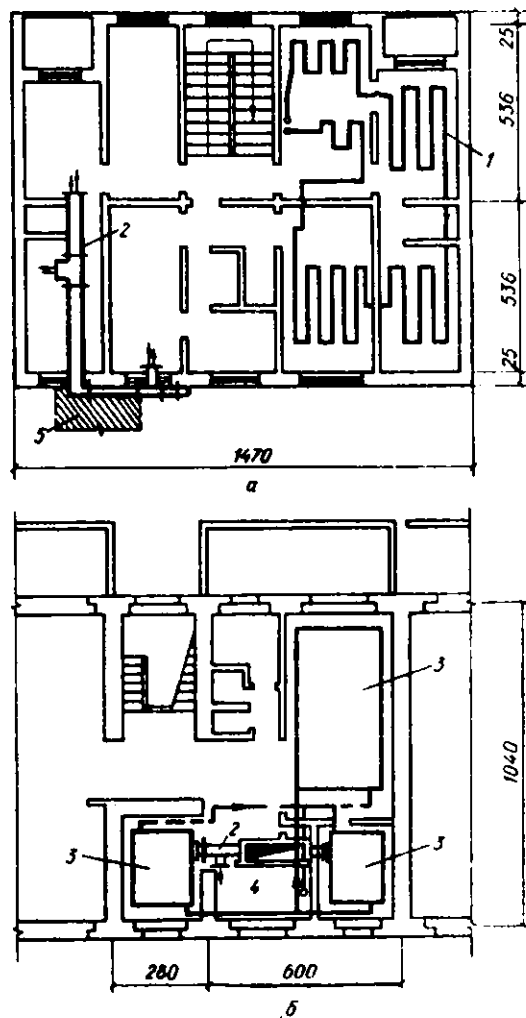


Рис. 21. Планы экспериментальных объектов в панельном доме (а) и в кирпичном доме (б), г. Ташкент: 1 — змеевики бетонных панелей радиационного охлаждения; 2 — приточные воздуховоды систем кондиционирования микроклимата; 3 — подвесные металлические панели; 4 — помещение для контрольно-измерительных приборов; 5 — холодильная установка.

людей: температуры, скорости и влажности воздуха, температуры поверхностей ограждений.

Для суммарной оценки влияния всех четырех метеорологических параметров использовалась формула В. Цойлена, основанная на уравнении теплообмена тела человека (V. D. Zuilen):

$$B = -10,6 + 0,25 (t_{\text{в}} + t_{\text{ср.взв}}) + 0,1X - 0,1 (37,8 - t_{\text{в}}) v',$$

где B — величина, которая может быть связана с ощущением тепла человеком;

$t_{\text{в}}$ — температура воздуха, °C;

$t_{\text{ср.взв}}$ — средневзвешенная температура окружающих поверхностей, °C;

X — абсолютная влажность (влажность) воздуха, г/кг сухого воздуха;

v — скорость воздуха, м/с.

Подставляя в формулы значения четырех параметров, можно получить число B , величина которого отражает ощущение тепла человеком и, следовательно, является характеристикой микроклимата в помещении, где замерялись величины.

Режим работы холодильного оборудования и системы охлаждения контролировался. На протяжении всех экспериментов тщательно соблюдался в соответствии с задуманной программой режим эксплуатации помещений, фиксировалось время открытия и закрытия окон, количество людей, находящихся в комнатах.

Параллельно с микроклиматическими измерениями проводились физиологические наблюдения на испытуемых лицах по общепринятой в гигиенической науке методике. Проводился анкетный опрос испытуемых относительно благоприятности теплоощущения по семибалльной шкале: "+3" — жарко, "+2" — тепло, "+1" — комфортно тепло, "0" — комфортно, "-1" — комфортно прохладно, "-2" — прохладно, "-3" — холодно. Полученные объективные оценки микроклимата при последующем анализе использовались наравне с объективными физиологическими и микроклиматическими данными.

На экспериментальных объектах исследовались также целесообразные режимы проветривания как при применении воздушного кондиционирования, так и при системах радиационного и конвекторного охлаждения.

Можно выделить два эксплуатационных режима: поочередное использование систем кондиционирования и проветривания и их одновременное действие. При воздушных системах кондиционирования последний режим неприемлем ввиду полного разрушения при нем нормальной работы системы. При водяных системах кондиционирования (радиационным, конвекторным охлаждением и т. д.)

может оказаться рациональным как поочередный, так и одновременный режим применения аэрации.

Исследования (А. В. Ершов, Е. А. Насонов) показали, что одновременное использование ночью и проветривания, и системы радиационного охлаждения приводит к снижению температуры воздуха и стен на $1,5\text{--}1,9^\circ\text{C}$ при сквозной схеме аэрации и на $1,3\text{--}1,5^\circ\text{C}$ при односторонней (рис. 22). Число Цойлена, представляющее собой комплексную характеристику микроклимата, уменьшается к утру на $1,0\text{--}0,8$ ед. Однако зарегистрированная степень охлаждения комнат при таком режиме незначительно отличается от охлаждения их только при помощи ночного проветривания. Поэтому нецелесообразно из условий экономии холода и электроэнергии эксплуатировать установку охлаждения ночью.

В дневное время при воздушной системе кондиционирования окна следует держать закрытыми. При радиационном охлаждении вопрос о целесообразности режима дневного проветривания потребовал специального изучения. Существует мнение о возможности

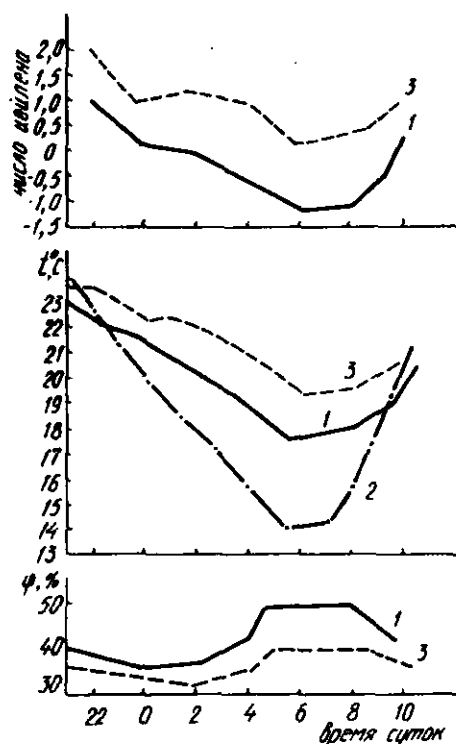
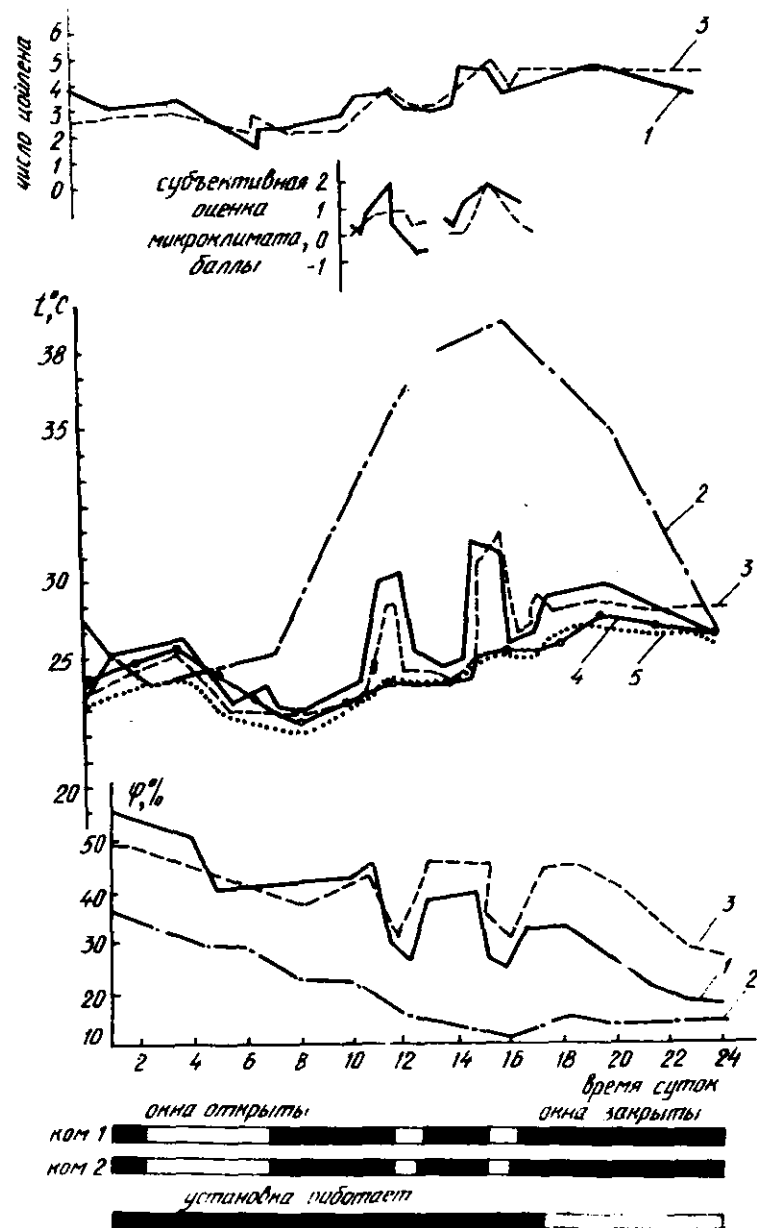


Рис. 22. Изменение температуры и влажности в помещениях при использовании ночного проветривания и системы радиационного охлаждения: 1—температура в помещении со сквозным проветриванием (ком. 2); 2—наружный воздух; 3—температура в помещении с односторонним проветриванием (ком. 1).



Р и с. 23. Изменение температуры и влажности в помещениях при непродолжительном раскрытии окон: 1, 2, 3— то же, что на рис. 22; 4— температура ограждений в двустороннем помещении; 5— температура ограждений в одностороннем помещении.

постоянного дневного проветривания помещений при радиационном охлаждении. Наши эксперименты не подтвердили этого положения. Нужно учесть, что к изменениям микроклимата, происходящим в помещении при раскрытии окон днем, следует подходить с двух позиций: с точки зрения изменения теплоощущения людей и изменения теплового потенциала помещения, его нагрева или охлаждения.

При дневном проветривании, независимо от его длительности, происходит потеря холода ввиду повышенной температуры наружного воздуха. Однако нами установлено, что люди испытывают ощущение прохлады, когда проветривание происходит при температуре наружного воздуха ниже $32-34^{\circ}\text{C}$ и скорости ветра не менее $1,0-1,5$ м/с. Если же проветривание продолжается при повышенной температуре, то микроклимат становится в конце концов хуже, чем до применения аэрации. Даже после одночасового проветривания при температуре наружного воздуха более $33-35^{\circ}\text{C}$ температура воздуха и ограждений в помещении не возвращается к первоначальной и после закрытия окон превышает ее более чем на $1,0^{\circ}\text{C}$ (рис. 23).

При постоянном дневном проветривании отмечался весьма значительный нагрев воздуха и стен как в односторонней, так и двусторонней квартирах. Несмотря на непрерывную работу системы охлаждения, максимальная температура помещений была ниже наружной всего на $3,5$ и $5,0^{\circ}\text{C}$ и отмечался тепловой дискомфорт. Если же окна держать днем постоянно закрытыми, то в помещениях с радиационным охлаждением наблюдается неблагоприятный состав воздушной среды. Влаговыделения и выделения других вредностей, связанные с пребыванием людей и выполнением ими различных бытовых процессов, настоятельно требуют организации в помещениях соответствующего воздухообмена. Вносить в помещения днем свежий воздух, не вызывая при этом чрезмерного его нагревания, можно эпизодическим кратковременным проветриванием через один-два часа. Для полного обновления воздуха в комнатах достаточно раскрыть окна на $2-4$ мин. при сквозном проветривании и на $3-7$ мин.— при одностороннем. После закрытия окон быстро восстанавливается первоначальное значение температуры, влажности и подвижности внутреннего воздуха.

В подтверждение высказанных положений приведем данные одного из опытов (рис. 24). Закрытый режим с эпизодическим

Рис. 24. Температурно-влажностные условия в охлаждаемых помещениях при круглосуточном и одностороннем ночном проветривании: 1, 2, 3, 4, 5-то же, что на рис. 22, 23.

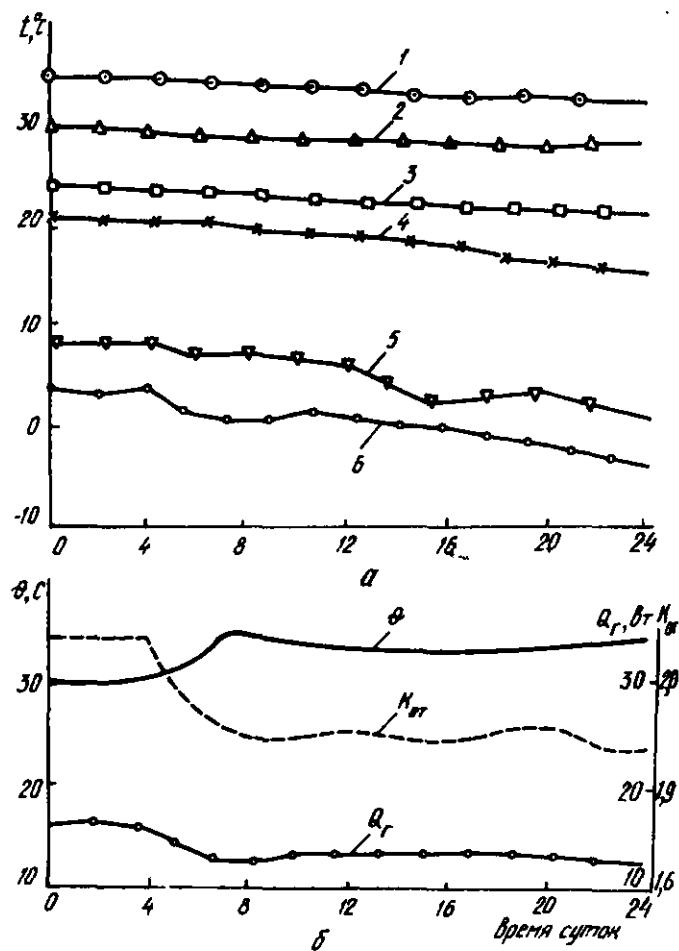


Рис 20. Тепловой режим совмещенной крыши (а) и энергетические характеристики встроенного в ней ТЭУ в режиме нагрева (б). Температуры: 1—арматурной решетки в месте установки ТЭУ; 2—потолка в месте установки ТЭУ; 3—потолка на расстоянии 0,5 м от места установки ТЭУ; 4—воздуха помещения; 5—поверхности кровли (условная температура наружной среды); 6—наружного теплообменника.

ников $q_{\text{х}}^{\text{пр}}(\tau)$, показывает, что изменение $q_{\text{х}}^{\text{пр}}(\tau)$ следует за ходом температуры $t_{\text{усл}}(\tau)$ в соответствии с гармоническим законом со сдвигом фазы колебаний. Для исследованных конструкций этот сдвиг фаз близок к 180° , что указывает на изменение потребной мощности источника охлаждения в противофазе с изменением наружных тепловых воздействий. Таким образом, требуется небольшая холодопроизводительность термоэлектрического источника в часы наибольших тепловых воздействий наружной среды и значительная холодопроизводительность в период пониженной температуры окружающей среды, в которой наблюдается максимум тепlopоступления тепла из ограждений в помещение. Такое требование автоматически выполняется, поскольку в вечерние и ночные часы ТЭУ работает при наименьшем перепаде температур на спаях ТБ. Для снижения расхода энергии целесообразно в часы малоэффективной работы ТЭУ кратковременно отключать его от сети или переводить в режим "нулевой холодопроизводительности" (для компенсации теплопритока через термоэлементы).

Эффективность разработанных ограждений со встроенными ТЭУ оценивалась применительно к их использованию в панелях с совмещенной кровлей. Именно такая конструкция была испытана в натурных условиях эксплуатации экспериментального объекта в режимах охлаждения и нагрева. В качестве базового варианта при сравнении была принята многослойная панель той же конструкции, но без ТЭУ, с использованием для охлаждения помещения кондиционера и для нагрева — калорифера. Исходя из расчетных данных тепlopоступлений в помещение, в базовом варианте принималось использование автономного кондиционера холодопроизводительностью 1700—2000 Вт, а в качестве отопительного прибора — электрокалорифера мощностью 2 кВт, при этом в расчетах дополнительных капиталовложений исходили из тепловых нагрузок, соответствующих экспериментальному объекту, так как его температурный режим близок к комфортному.

Система перекрытий с ТЭУ имеет примерно вдвое меньше приведенные затраты по сравнению с системой, использующей автономный кондиционер и электрокалорифер, причем существенно, что при использовании перекрытий с ТЭУ достигается значительная экономия затрат на электроэнергию (в 7,23 раза). Это объясняется высокими значениями отопительных коэффициентов при использовании ТЭУ (при $t_{\text{в}} = 18^\circ\text{C}$ и средней наружной температуре воздуха $+2^\circ\text{C}$, $K_{\text{от}} = 2,0$, в то время как при использовании калорифера $K_{\text{от}} = 1,0$). В режимах охлаждения панели в ТЭУ работают при малых перепадах температур и соответственно высоких холодильных коэффициентах $\epsilon > 1,0$. Кроме того, полезно используется такой

естественный способ регулирования микроклимата, как сквозное проветривание. При работе же кондиционера сквозное проветривание исключено и требуется герметизация помещений, что не позволяет использовать благоприятные факторы наружной среды.

II.6. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

В целях экономии топлива весьма важно уменьшить теплопотери путем улучшения теплозащитных свойств панелей в зимнее время. Расчетами, проведенными в НИИстройфизики, ЦНИИЭПжилища, МИСИ, доказана экономическая целесообразность повышения теплозащитных свойств стен зданий путем увеличения их расчетной толщины [5, 6, 7].

Теплозащитные свойства ограждающих конструкций можно повысить за счет уменьшения их начальной эксплуатационной влажности. В связи с этим проводились теплофизические обследования в Голодной степи силикатобетонных стен толщиной 26 см, а зимой в Бухаре оценивались теплозащитные качества вентилируемого покрытия. Кроме того, совместно с кафедрой технологии вяжущих веществ и бетонов МИСИ изучалась с теплотехнической стороны трехслойная конструкция стеновой панели с различными видами утеплителей (фибrolит, ячеистый бетон, пористый щебень, керамзитовый гравий и др.).

Объектом натурных наблюдений в Голодной степи служил экспериментальный жилой дом, в котором угловая квартира была смонтирована из силикатобетонных блоков толщиной 26 см. Внешние условия в период наблюдений были достаточно суровыми. Температура наружного воздуха в отдельных случаях понижалась до $-16,6^{\circ}\text{C}$, соответствуя расчетным зимним температурам местности. Средняя скорость ветра за период исследований составила 2,07 м/с, в отдельные часы -5 м/с. Относительная влажность равнялась 73%. Средний температурный перепад между внутренним воздухом и внутренней поверхностью ограждений находился в пределах: для юго-восточной стены $\Delta t_b = 2,20^{\circ}\text{C}$, юго-западной $\Delta t_b = 1,77^{\circ}\text{C}$, угла $\Delta t_b = 3,68^{\circ}\text{C}$. При определении расчетной разности температур (34°C) для самых холодных районов Голодной степи перепад составит соответственно 3,25 и $2,61^{\circ}\text{C}$. Это не в состоянии вызвать конденсацию водяных паров на внутренней поверхности стен.

Вычисленные средние величины ($R = 1,18$, $R = 1,26$, $R_0 = 1,37$, $R_0 = 1,47$ соответственно для юго-восточной и юго-западной стены) получились несколько завышенными, так как не учитывалось теплосодержание исследуемых ограждений. На изменение теплосодержания влияли такие факторы, как колебания температуры

наружного и внутреннего воздуха, а также прямое солнечное облучение.

Экспериментальные значения сопротивления теплопереходу, термического сопротивления и сопротивления теплопередаче (с учетом теплосодержания стен) приведены в табл. 15.

Таблица 15

Натурные и расчетные значения сопротивлений с учетом теплосодержания стен (газо-лессосиликатных)

Объем- ный вес, γ кг/м ³	Толщи- на, м	Натурные значения, м ² °С/Вт				Расчет- ное R_0	Требуе- мое $R_0^{тр}$
		$R_{вн}$	$R_{ин}$	R	R_o		
1015	0,26	0,125	0,063	1,04	0,97	1,08	0,87
1075	0,26	0,110	0,103	1,04	1,25	0,98	

Натурные исследования легкобетонной совмещенной принудительно вентилируемой крыши выявили ее теплофизическую эффективность в сравнении с распространенной в Средней Азии современной неветилируемой крышей. Однако создание вентилируемых каналов вызвало необходимость теплопроводных включений в конструкцию (ребер панелей), являющихся наиболее опасными местами в теплотехническом отношении, и ее проверки в зимнее время. Наблюдения проведены в одной из комнат экспериментального жилого дома. В период натурного эксперимента в исследуемом помещении был создан и поддерживался в определенных пределах постоянный температурно-влажностный режим. Температуру в толще вентилируемой крыши и на поверхности потолка измеряли каждый час в течение суток. Кроме того, производились разовые замеры температуры на внутренней поверхности мест теплопроводных включений (ребер) с помощью термощупа.

В период наблюдений стояла сравнительно холодная погода. В отдельные дни температура опускалась до $-12,9^{\circ}\text{C}$, приближаясь к расчетной температуре воздуха в данной местности. Температурный перепад между воздухом помещения и потолком на протяжении всего периода исследований находился в пределах $0,3—0,8^{\circ}\text{C}$ (табл. 16), который согласно СНиП II-3-79^{**} не превышал $4,0^{\circ}\text{C}$. Температура на внутренней поверхности теплопроводных включений (ребер панели) была практически одинакова и только в отдельных случаях на $0,3—0,5^{\circ}\text{C}$ ниже температуры на поверхности потолка.

Таблица 16

Среднесуточные значения температурного перепада на внутренней поверхности крыши, °С

Дата наблюдений	Наружная	Поверхность кровли	Нижняя плоскость верхней плиты	Поверхность утеплителя	Поверхность потолка	В помещении	Температурный перепад
27.1	-1,7	-0,1	0,1	5,2	17,1	17,9	0,8
28.1	-0,9	0,4	1,5	3,9	18,1	18,7	0,6
29.1	3,6	1,6	5,2	6,6	18,0	18,7	0,7
30.1	-6,8	0,8	0,8	2,9	17,9	18,7	0,8
31.1	-6,4	-1,4	0,3	2,6	17,5	18,2	0,7
1.11	-6,2	-1,7	1,9	4,0	17,9	18,7	0,8
2.11	-5,4	-2,3	3,7	4,4	18,0	18,3	0,3
Средняя	-4,4	-0,6	3,0	4,2	17,7	18,5	0,8

Как показали измерения, несущие ребра панели толщиной 60 мм из керамзитобетона $\gamma = 1500 \text{ кг/м}^3$ вполне обеспечивают теплозащитные свойства и опасность переохлаждения их отсутствует.

В настоящее время в жилищном строительстве широко используются трехслойные стеновые панели. Применяемые для их утепления теплоизоляционные материалы (фибrolит, ячеистые бетоны и др.) выпускаются в виде плит и блоков. В связи с этим изготовление таких панелей осложняется трудоемкой ручной укладкой в них утеплителя, зачастую требующего предварительной подготовки (разрезки с учетом конфигурации панелей и размещения арматуры).

Как показали натурные обследования [8, 9, 10], влажность утеплителя после изготовления панелей весьма значительна: до 35% по весу для автоклавного ячеистого бетона и 30—35% — для цементного фибrolита. Причиной этого служит не только увлажнение утеплителя при изготовлении панелей, но и использование утеплителя с высокой влажностью (10—20% по весу). Превышение фактической влажности утеплителя над равновесной (требуемой СНиП) приводит к снижению теплозащитных свойств трехслойных панелей и вызывает дополнительный расход средств на отопление зданий, особенно в первые годы их эксплуатации.

Проведенные нами расчеты для панелей наиболее распространенных серий жилых зданий II-49 (утеплитель — цементный фибrolит) и 1-464А (утеплитель — ячеистобетонные вкладыши) показывают, что в период снижения влажности утеплителя во время эксплуатации зданий до равновесной общая сумма дополнительных затрат на отопление составляет 19,1—14,3% нормируемых (табл. 17).

Таблица 17

Теплофизические свойства и экономическая эффективность трехслойных стен жилых зданий в начальный период по годам их эксплуатации

Показатели	1-й год	3-й год	5-й год	8-й год	Расчетные по СНиП II-3-79**
<i>Жилое здание серии II-49, толщина трехслойной стены 28 см (5+15+8), утеплитель — цементный фибролит $\gamma = 360$ кг/м</i>					
Влажность утеплителя					
% по весу	30	25	20	12,5	10
% к требуемой	300	250	200	125	100
Коэффициент теплопроводности утеплителя					
Вт/м °С	0,202	0,187	0,172	0,153	0,151
% к расчетному	134	124	114	102	100
Сопротивление теплопередаче стены					
м ² °С/Вт	1,148	1,208	1,288	1,413	1,413
% к расчетному	80,3	84,3	89,8	98,8	100
Затраты на отопление здания					
руб/м ² стены в год	0,647	0,613	0,575	0,524	0,518
% к расчетному	124,9	118,4	111,0	101,2	100
Общая сумма дополнительных затрат на отопление зданий за восемь лет	—	—	—	0,55	—
руб/м ² стены	—	—	—	14,3	—
% к расчетному	—	—	—	14,3	—
<i>Жилое здание серии I-464А, толщина трехслойной стены 30 см (5+17+8), утеплитель — ячеистый бетон $\gamma = 500$ кг/м</i>					
Влажность утеплителя					
% по весу	30	25	20	12,5	10
% к требуемой	300	250	200	125	100
Коэффициент теплопроводности утеплителя					
Вт/м °С	0,254	0,235	0,219	0,189	0,174
% к расчетному	145	135	126	109,0	100

Показатели	1-й год	3-й год	5-й год	8-й год	Расчет- ные по СНиП I 3-79**
Сопротивление теплопередаче стены $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	1,052	1,113	1,176	0,318	1,41
% к расчетному	74,7	78,8	83,3	93,3	100
Затраты на отопление зданий $\text{руб}/\text{м}^2$ стены в год	0,707	0,667	0,634	0,562	0,527
% к расчетному	134,2	127	120,4	106,7	100
Общая сумма дополнительных затрат на отопление зданий за восемь лет $\text{руб}/\text{м}^2$ стены	—	—	—	0,907	—
% к расчетному	—	—	—	19,1	—

Примечание: Скорость изменения влажности условно принята равной скорости высыхания утеплителя из ячеистого бетона. Стоимость стены ($\text{руб}/\text{м}^2$) дана в ценах до 1988 г.

Таким образом, дальнейшее совершенствование технологии трехслойных стеновых панелей может быть достигнуто путем механизации укладки при их формировании, а также снижением влажности до равновесной или близкой к ней.

Повышенная начальная влажность ограждающих конструкций приводит к уменьшению сопротивления наружных стен теплопередаче в результате тепловые потери зданий увеличиваются на 20—25% сверх нормативных. В МИСИ проведены исследования с целью получения ограждающих конструкций с различными теплоизоляционными материалами и с влажностью, близкой к равновесной непосредственно после их изготовления [9, 10]. Было предложено в качестве плитных утеплителей применять засыпки в виде сухих пористых материалов низкой объемной массы. Это дает возможность использовать утеплитель, имеющий минимальную исходную влажность (0—2% по весу), и исключить сушку теплоизоляционного слоя в процессе изготовления трехслойных стеновых панелей.

В качестве засыпок могут быть использованы керамзитовый гравий, перлитовый щебень и другие материалы низкой объемной массы. В соответствии с теплотехническими требованиями объемная масса их в насыпном виде не должна превышать 350—400 $\text{кг}/\text{м}^3$. В эксплуатационных условиях несвязанный пористый заполнитель, и

находящийся в середине панели, с течением времени может уплотняться и оседать. Причем в верхней части панели возможно образование воздушных полостей, снижающих теплозащитные свойства панели. Осадка заполнителя может быть предотвращена при связывании всей массы заполнителя в крупнопористый бетон. Однако при этом возрастают объемная масса и влажность утеплителя. В связи с этим на специальных моделях, имитирующих слой засыпного утеплителя, изучались способы предотвращения его осадки во времени. Установлено, что для предотвращения осадки засыпных утеплителей при эксплуатации трехслойных стеновых панелей достаточно в процессе изготовления изделия производить укладку утеплителя с вибрацией в течение 15—20 с. и разделять слой засыпного утеплителя по высоте панели диафрагмами жесткости из крупнопористого бетона.

Комплексные теплотехнические испытания панелей серии П-49Д с утеплителями из сухих пористых заполнителей, проведенные в лаборатории теплофизических испытаний ЦНИИЭП жилища, показали, что с заменой цементного фибролита М 350 керамзитовым гравием, перлитовым щебнем и другими материалами низкой объемной массы сопротивление теплопередаче этих панелей увеличивается на 10—25% (табл. 18) за счет снижения влажности утеплителя.

Для испытаний были взяты восемь фрагментов панелей. Наружные слои выполнены из тяжелого бетона $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$, М200. С наружной стороны все фрагменты были облицованы керамической плиткой. Утеплителями служили цементный фибролит $\gamma = 350 \text{ кг/м}^3$ (Ф-1); пористый щебень из ГЦПВ $\gamma = 300 \text{ кг/м}^3$ фракции 5—40 мм, причем между внутренними слоями тяжелого бетона и утеплителя проложен один слой пергамина (Ф-7); керамзитовый гравий $\gamma = 500 \text{ кг/м}^3$ (Ф-8), при этом между внутренним слоем тяжелого бетона и утеплителя был проложен один слой пергамина; перлитовый щебень $\gamma = 300 \text{ кг/м}^3$ фракции 5—20 мм (Ф-6).

В средней части по высоте фрагментов Ф-2, Ф-5, Ф-6, Ф-7, Ф-8 расположены диафрагмы жесткости (для предотвращения осадки слоя утеплителя) шириной 6—8 см, образованные проливкой слоя утеплителя цементным тестом. Фрагменты представляли собой четверть стеновой панели серии П-49 Д размером на комнату.

Результаты определений влажности конструкций свидетельствуют о ее неравномерности у разных утеплителей (табл. 18). Прежде всего это объясняется разной исходной влажностью испытуемых утеплителей; у цементного фибролита — 6,9% по весу, пористого щебня — 3,4, перлитового щебня — 1,8, керамзитового гравия $\gamma = 500 \text{ кг/м}^3$ — 0,5, керамзитового гравия $\gamma = 300 \text{ кг/м}^3$ — 0,8%. Кроме того, указанные утеплители обладают разной увлажняемостью при отсосе воды из свежесуложенной бетонной смеси. Наиболее гигроскопичен цементный фибролит.

Таблица 18

Основные теплотехнические показатели трехслойных стеновых панелей
с различными утеплителями

Фрагмент	Виды утеплителей	Объемная масса утеплителя, кг/м ³	Сопротивление теплопередаче, м ² °C/Вт	Коэффициент теплопроводности утеплителя, Вт/м ² °C	Влажность утеплителя, % по весу
Ф-1	Цементный фибролит	350	1,38	0,197	19,6
Ф-2	Пористый щебень	300	1,21	0,162	16,1
Ф-3	Керамзитовый гравий	500	1,25	0,174	3,7
Ф-4	Керамзитовый гравий	300	1,51	0,129	5,3
Ф-5	Керамзитовый гравий (между бетоном и утеплителем один слой пергамина)	300	1,64	0,116	5,3
Ф-6	Перлитовый щебень	300	1,51	0,128	9,0
Ф-7	Пористый щебень (между бетоном и утеплителем один слой пергамина)	300	1,39	0,151	15,0
Ф-8	Керамзитовый гравий (между бетоном и утеплителем один слой пергамина)	500	1,25	0,160	3,1

Анализ полученных данных показывает, что пористые заполнители с объемной массой 300 кг/м³ имеют коэффициент теплопроводности, равный коэффициенту теплопроводности цементного фибролита или меньше его с близкой объемной массой.

Прокладка пергамина между слоем тяжелого бетона и утеплителя позволяет избежать внедрения тяжелого бетона в засыпку, а также несколько уменьшить его влажность. За счет этого теплотехнические показатели утеплителя и конструкции улучшаются, например, у Ф-7 и Ф-2, Ф-5 и Ф-4 (табл. 18).

Сопротивление теплопередаче трехслойных панелей с засыпными утеплителями равно или превосходит сопротивление теплопередаче панели с цементным фибролитом М 350. Исключение составляет фрагмент с утеплителем из керамзитового гравия $\gamma = 500$ кг/м³. Все утеплители обеспечивают сопротивление теплопередаче (R_0) конструкций выше требуемого $R = 1,17$ м² °C/Вт и таким образом могут быть использованы для утепления трехслойных стеновых панелей.

Наличие диафрагм жесткости влажностью 15—16% по весу не сказывается на понижении температуры поверхности панелей. Колебания температуры в данных сочетаниях составляют $\pm 0,5^\circ\text{C}$, не

опускаясь ниже 12,5°C. Понижения температуры под диафрагмами жесткости не отмечено.

Полученные экспериментальные данные позволили провести специальные расчеты по определению экономии затрат на отопление в зданиях со стенами из трехслойных панелей, утепленных сухими пористыми заполнителями вместо цементного фибролита М350. Экономический эффект при использовании в качестве утеплителя трехслойных стеновых панелей сухих пористых заполнителей складывается из экономии на стадии заводского производства и экономии, получаемой в процессе эксплуатации панелей.

Таким образом, при изготовлении трехслойных стеновых панелей рациональным способом образования в них теплоизоляционного слоя является засыпка из сухих пористых заполнителей объемной массой 300—350 кг/м³. При отсутствии местных заполнителей низкой объемной массы может быть использован пористый щебень на базе ячеистого бетона из гипсоцементнопеллоланового вяжущего. Использование засыпок из сухих пористых заполнителей дает возможность механизировать процесс укладки утеплителя, изготавливать панели с влажностью теплоизоляционного слоя, близкой к равновесной, снизить стоимость трехслойных стеновых панелей и на 15—20% уменьшить затраты на отопление зданий в начальный период их эксплуатации.

II. 7. ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЙ С ИСКУССТВЕННЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Современные инженерные устройства искусственного климата обладают почти неисчерпаемыми возможностями. Они способны создавать и устойчиво поддерживать в помещениях комфортный микроклимат в любом типе зданий при любых наружных климатических условиях. Однако соображения экономического порядка, стремление к надежности и простоте технических устройств заставляют серьезно подойти к вопросу выбора типов и методов использования искусственных средств регулирования микроклимата, не подменяя этот вопрос механическим назначением наиболее совершенной системы кондиционирования и перекладыванием на нее всех функций по созданию теплового комфорта.

Использование естественных средств регулирования микроклимата снижает расходы на кондиционирование. Введение кондиционирования в свою очередь изменяет функции естественных средств. Они предназначаются уже не для регулирования микроклимата, а для снижения нагрузок на систему, уменьшения установочной мощности систем кондиционирования, сокращения времени их эксплуатации. Значительно снижаются также капитальные и особенно эксплуатационные расходы на жилое здание.

Методы совместного использования искусственных и естественных средств экспериментально исследовались Е. А. Насоновым и А. В. Ершовым в ТашЗНИИЭП. Установлено, что с изменением функций естественных средств происходит некоторое перераспределение значимости защитных факторов и способов их использования. Налагается условие, называемое "совместимостью с кондиционированием".

Какие же из естественных средств являются совместимыми, а какие несовместимыми или не всегда совместимыми?

Полностью совместимы и одинаково необходимы как при отсутствии, так и при наличии систем кондиционирования все способы улучшения микроклимата территории и мероприятия по тепловой защите зданий (солнцезащита, высокие теплоизоляционные свойства ограждений, сокращение тепловыделений в квартирах, благоприятная ориентация зданий, озеленение и обводнение придомовой территории).

При введении кондиционирования микроклимата больше всего меняется роль естественной аэрации помещений (проветривания). Совместное использование проветривания и кондиционирования бывает иногда невозможным из-за их несовместимости, поскольку кондиционирование призвано поддерживать определенные внутренние условия, а попадание наружного воздуха в помещение зачастую мешает нормальной его работе. Возможна тепловая и гидравлическая несовместимость двух мероприятий. Поэтому оптимизация режимов регулирования микроклимата при совместном использовании кондиционирования и естественных средств связана в основном с правильным применением проветривания и тепловой инерции зданий.

Чтобы выяснить количество тепла, поступающего в помещение зданий с различными типами наружных ограждений, а также целесообразность и оптимальные режимы использования проветривания в домах с системами кондиционирования микроклимата, были проведены экспериментальные исследования на двух специально оборудованных объектах. Каждый объект представлял собой трех- или четырехкомнатную квартиру, оборудованную системами радиационного охлаждения и кондиционирования воздуха в г. Ташкенте.

В крупнопанельном доме ТашДСК экспериментальные помещения были расположены на втором (верхнем) этаже, и в качестве радиационных охлаждающих панелей использовались бетонные панели перекрытия (рис. 21). В кирпичном доме экспериментальная квартира располагалась на промежуточном третьем этаже. Здесь применялись нетеплоемкие металлические радиационные панели. Кроме того, в двух комнатах охлаждение могло осуществляться и конвекторной системой охлаждения.

В исследуемых помещениях производились замеры всех четырех метеорологических параметров, влияющих на тепловое ощущение

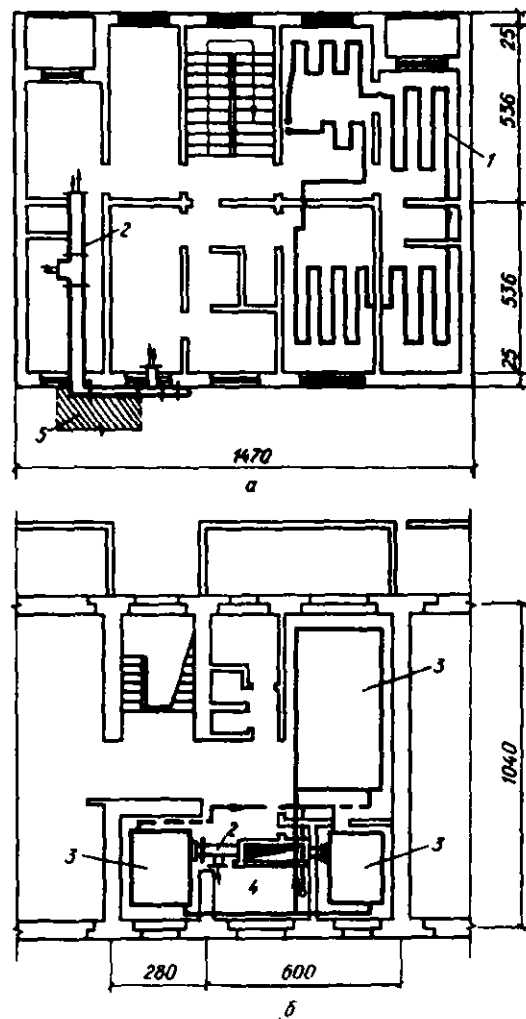


Рис. 21. Планы экспериментальных объектов в панельном доме (а) и в кирпичном доме (б), г. Ташкент: 1 — змеевики бетонных панелей радиационного охлаждения; 2 — приточные воздуховоды систем кондиционирования микроклимата; 3 — подвесные металлические панели; 4 — помещение для контрольно-измерительных приборов; 5 — холодильная установка.

людей: температуры, скорости и влажности воздуха, температуры поверхностей ограждений.

Для суммарной оценки влияния всех четырех метеорологических параметров использовалась формула В. Цойлена, основанная на уравнении теплообмена тела человека (V. D. Zuilen):

$$B = -10,6 + 0,25 (t_{\text{в}} + t_{\text{ср.взв}}) + 0,1X - 0,1 (37,8 - t_{\text{в}}) v',$$

где B — величина, которая может быть связана с ощущением тепла человеком;

$t_{\text{в}}$ — температура воздуха, °C;

$t_{\text{ср.взв}}$ — средневзвешенная температура окружающих поверхностей, °C;

X — абсолютная влажность (влажность) воздуха, г/кг сухого воздуха;

v' — скорость воздуха, м/с.

Подставляя в формулы значения четырех параметров, можно получить число B , величина которого отражает ощущение тепла человеком и, следовательно, является характеристикой микроклимата в помещении, где замерялись величины.

Режим работы холодильного оборудования и системы охлаждения контролировался. На протяжении всех экспериментов тщательно соблюдался в соответствии с задуманной программой режим эксплуатации помещений, фиксировалось время открытия и закрытия окон, количество людей, находящихся в комнатах.

Параллельно с микроклиматическими измерениями проводились физиологические наблюдения на испытуемых лицах по общепринятой в гигиенической науке методике. Проводился анкетный опрос испытуемых относительно благоприятности теплоощущения по семибалльной шкале: "+3" — жарко, "+2" — тепло, "+1" — комфортно тепло, "0" — комфортно, "-1" — комфортно прохладно, "-2" — прохладно, "-3" — холодно. Полученные объективные оценки микроклимата при последующем анализе использовались наравне с объективными физиологическими и микроклиматическими данными.

На экспериментальных объектах исследовались также целесообразные режимы проветривания как при применении воздушного кондиционирования, так и при системах радиационного и конвекторного охлаждения.

Можно выделить два эксплуатационных режима: поочередное использование систем кондиционирования и проветривания и их одновременное действие. При воздушных системах кондиционирования последний режим неприемлем ввиду полного разрушения при нем нормальной работы системы. При водяных системах кондиционирования (радиационным, конвекторным охлаждением и т. д.)

может оказаться рациональным как поочередный, так и одновременный режим применения аэрации.

Исследования (А. В. Ершов, Е. А. Насонов) показали, что одновременное использование ночью и проветривания, и системы радиационного охлаждения приводит к снижению температуры воздуха и стен на $1,5\text{--}1,9^\circ\text{C}$ при сквозной схеме аэрации и на $1,3\text{--}1,5^\circ\text{C}$ при односторонней (рис. 22). Число Цойлена, представляющее собой комплексную характеристику микроклимата, уменьшается к утру на $1,0\text{--}0,8$ ед. Однако зарегистрированная степень охлаждения комнат при таком режиме незначительно отличается от охлаждения их только при помощи ночного проветривания. Поэтому нецелесообразно из условий экономии холода и электроэнергии эксплуатировать установку охлаждения ночью.

В дневное время при воздушной системе кондиционирования окна следует держать закрытыми. При радиационном охлаждении вопрос о целесообразности режима дневного проветривания потребовал специального изучения. Существует мнение о возможности

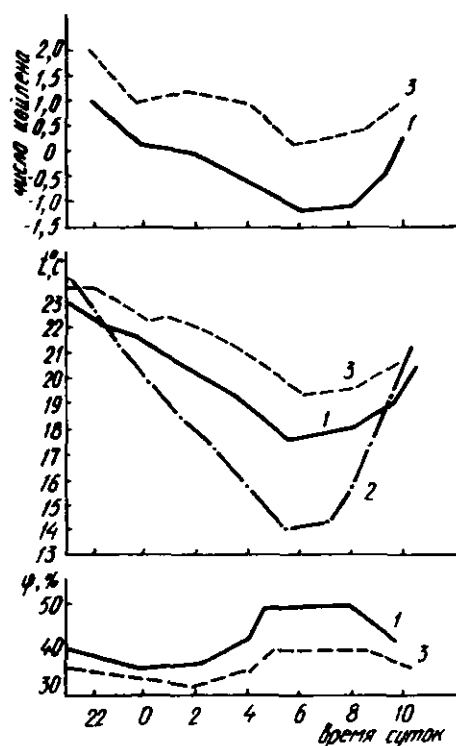
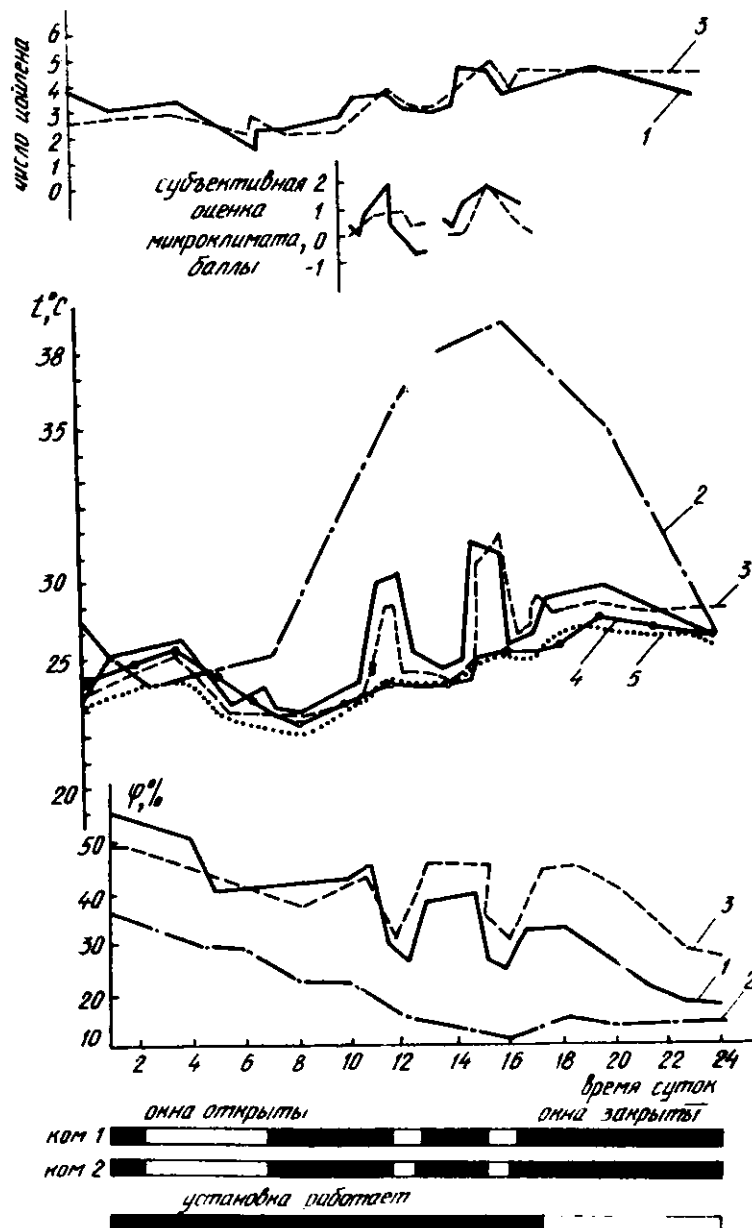


Рис. 22. Изменение температуры и влажности в помещениях при использовании ночного проветривания и системы радиационного охлаждения: 1—температура в помещении со сквозным проветриванием (ком. 2); 2—наружный воздух; 3—температура в помещении с односторонним проветриванием (ком. 1).



Р и с. 23. Изменение температуры и влажности в помещениях при непродолжительном раскрытии окон: 1, 2, 3— то же, что на рис. 22; 4— температура ограждений в двустороннем помещении; 5— температура ограждений в одностороннем помещении.

постоянного дневного проветривания помещений при радиационном охлаждении. Наши эксперименты не подтвердили этого положения. Нужно учесть, что к изменениям микроклимата, происходящим в помещении при раскрытии окон днем, следует подходить с двух позиций: с точки зрения изменения теплоощущения людей и изменения теплового потенциала помещения, его нагрева или охлаждения.

При дневном проветривании, независимо от его длительности, происходит потеря холода ввиду повышенной температуры наружного воздуха. Однако нами установлено, что люди испытывают ощущение прохлады, когда проветривание происходит при температуре наружного воздуха ниже $32-34^{\circ}\text{C}$ и скорости ветра не менее $1,0-1,5$ м/с. Если же проветривание продолжается при повышенной температуре, то микроклимат становится в конце концов хуже, чем до применения аэрации. Даже после одночасового проветривания при температуре наружного воздуха более $33-35^{\circ}\text{C}$ температура воздуха и ограждений в помещении не возвращается к первоначальной и после закрытия окон превышает ее более чем на $1,0^{\circ}\text{C}$ (рис. 23).

При постоянном дневном проветривании отмечался весьма значительный нагрев воздуха и стен как в односторонней, так и двусторонней квартирах. Несмотря на непрерывную работу системы охлаждения, максимальная температура помещений была ниже наружной всего на $3,5$ и $5,0^{\circ}\text{C}$ и отмечался тепловой дискомфорт. Если же окна держать днем постоянно закрытыми, то в помещениях с радиационным охлаждением наблюдается неблагоприятный состав воздушной среды. Влаговыделения и выделения других вредностей, связанные с пребыванием людей и выполнением ими различных бытовых процессов, настоятельно требуют организации в помещениях соответствующего воздухообмена. Вносить в помещения днем свежий воздух, не вызывая при этом чрезмерного его нагревания, можно эпизодическим кратковременным проветриванием через один-два часа. Для полного обновления воздуха в комнатах достаточно раскрыть окна на $2-4$ мин. при сквозном проветривании и на $3-7$ мин.— при одностороннем. После закрытия окон быстро восстанавливается первоначальное значение температуры, влажности и подвижности внутреннего воздуха.

В подтверждение высказанных положений приведем данные одного из опытов (рис. 24). Закрытый режим с эпизодическим

Рис. 24. Температурно-влажностные условия в охлаждаемых помещениях при круглосуточном и одностороннем ночном проветривании: 1, 2, 3, 4, 5-то же, что на рис. 22, 23.

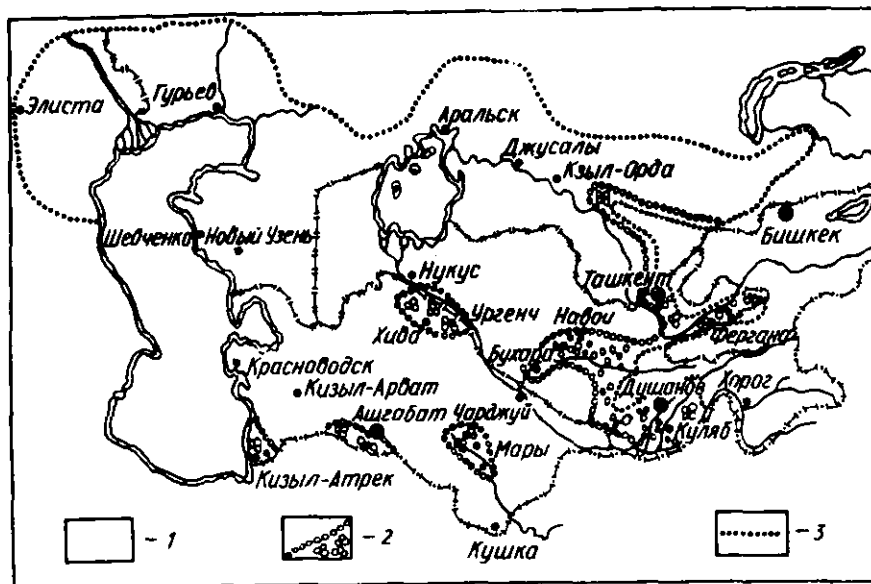


Рис. 28. Районирование Средней Азии для проектирования зданий с естественными средствами регулирования летнего микроклимата: 1— регион пустынь; 2— регион оазисов и предгорий; 3— граница IV климатического района (по данным исследований З. А. Вавиловой).

Итак, выделяем на территории Средней Азии следующие регионы: регион оазисов и предгорий и регион пустынь (рис. 28).

Регион оазисов и предгорий включает в себя: Хорезмский оазис, Зарафшанский оазис, Мургабский оазис, оазисы южного Таджикистана. В предгорьях граница региона совпадает либо с границей оазисов, либо проходит по высотной отметке 1000 м над уровнем моря. Это наиболее озелененные и обводненные территории по всей Средней Азии. Большая широтная протяженность региона обуславливает некоторые различия термического фона. Несмотря на более низкие температуры по сравнению с пустынями, число дней с перегревом в жилище может достигать 100 дней в году в южных оазисах. На крайнем севере и в предгорьях число дней перегрева жилища невелико, порядка 15—20 дней в году.

Ветровой режим территории отличается нормальными и пониженными скоростями ветра. Пыльные бури — не типичное явление, они редки и кратковременны. Относительная влажность, как и по всей территории Средней Азии, невелика — в комфортных пределах, но несколько выше, чем в пустынях.

Регион пустынь занимает территории крупнейших на территории СНГ пустынь Каракумов и Кызылкумов, пески Муюнкум (Южный Казахстан), земли Голодной степи, а также прилегающие к ним плато и возвышенности. Вследствие широтной протяженности число дней с жаркой перегретой погодой изменяется от одного месяца на севере до четырех и более на юге. В южных пустынях наблюдается круглосуточный перегрев в закрытых и полукрытых помещениях и на открытых пространствах.

Ветровой режим характеризуется повышенными скоростями ветра в течение всего года, распространены пыльные бури и поземки.

Следует отметить некоторые трудности с отнесением к тому или иному региону городов, расположенных на границе регионов, а также хорошо озелененных точечных оазисов, расположенных в пустынях (Ашгабат, Термез). В этих городах по существу на одной территории совмещаются признаки двух регионов, что необходимо учитывать при проектировании жилищ для разных районов города.

Итак, комплекс природных особенностей Средней Азии, проанализированный с точки зрения возможностей использования различных режимов эксплуатации жилища и осуществления контактов с внешней средой в теплый период года, позволил произвести разделение территории на два крупных региона в соответствии с двумя климатическими обоснованными структурами жилища [47].

Весьма важными локальными климатическими характеристиками территории Средней Азии являются ветровой режим и запыленность.

К анализу ветрового режима мы подходили с точки зрения специфики проектирования южного жилища, в первую очередь, с позиций возможности эффективного охлаждения жилищ путем проветривания в теплое время года. С этой целью было проведено районирование территории Средней Азии по применению различных присмов проветривания.

В теплое и жаркое время года для зоны характерны три вида проветривания: дневное, ночное и круглосуточное. Так как дневное проветривание не является средством защиты жилища от летнего перегрева, то не требуются специальные меры по его сокращению или интенсификации в районах с контрастным ветровым режимом. Его регулирование будет происходить в процессе эксплуатации жилища и не окажет заметного влияния на микроклимат.

Ночное проветривание является наиболее распространенным режимом эксплуатации жилищ в жаркое время года, кроме того оно позволяет создать наибольший эффект ночного охлаждения и снизить летние максимальные температуры воздуха в жилище.

Круглосуточное проветривание, хотя и не является, как ночное, типичным режимом в летних условиях Средней Азии, однако оно обладает рядом достоинств. При круглосуточном проветривании

...

снижается относительная влажность воздуха, улучшается терморегуляция организма, а за счет интенсивного движения внутреннего воздуха повышается верхняя граница зоны комфорта (А. В. Ершов).

Выделим районы предпочтительного применения круглосуточного и ночного проветривания в летний период (рис. 30).

В соответствии с критериями термического комфорта, определяющими начало и конец круглосуточного проветривания, оно может быть признано целесообразным лишь в тех районах, где максимальная температура в летний период не превышает $32-33^{\circ}\text{C}$. При более высоких температурах круглосуточное проветривание будет способствовать перегреву жилища.

Согласно критериям аэрационного комфорта скорость движения воздуха в жилище в дневные часы не должна превышать $0,5-0,7$ м/с. Исследования по аэродинамике дают возможность определить соответствующие пределы наружных скоростей ветра, которые не должны превышать $3,0-3,5$ м/с.

Проведя районирование территории Средней Азии по этим значениям скоростей ветра в начале и конце лета, получим следующее (рис. 29). В начале лета лишь небольшие, а в конце лета на большей площади предгорные участки характеризуются дневными скоростями ветра, не превышающими $3,5$ м/с. В этих районах возможно организовать интенсивное круглосуточное проветривание. На остальной территории Средней Азии наружные скорости ветра в дневные часы высоки, что диктует ограничение проветривания.

Если совместить схему районирования территории зоны по скоростям ветра в дневные часы со схемой изотерм летних температур в пределах 33°C , то область применения круглосуточного проветривания будет ограничена предгорными районами (рис. 30). Следовательно, на большей части Средней Азии ночное проветривание остается наиболее климатически обоснованным режимом эксплуатации жилища. Факторами, ограничивающими ночное проветривание, являются высокие скорости ветра и повышенная запыленность в ночные часы. Отметим, что ограничение или прекращение ночного проветривания в жаркое время года представляет известную опасность с точки зрения ухудшения санитарно-гигиенического и теплового режима жилищ. Если по какой-то из упомянутых причин произойдет переход с круглосуточного проветривания на ночное, микроклиматический режим жилища не ухудшится. Прекращение же ночного проветривания и переход на закрытый режим приведет к нарушению процесса ночного охлаждения жилища и, как следствие, к созданию дискомфортных условий.

Для эффективного с физиолого-гигиенической точки зрения ночного проветривания жилища в летнее время необходимо, чтобы

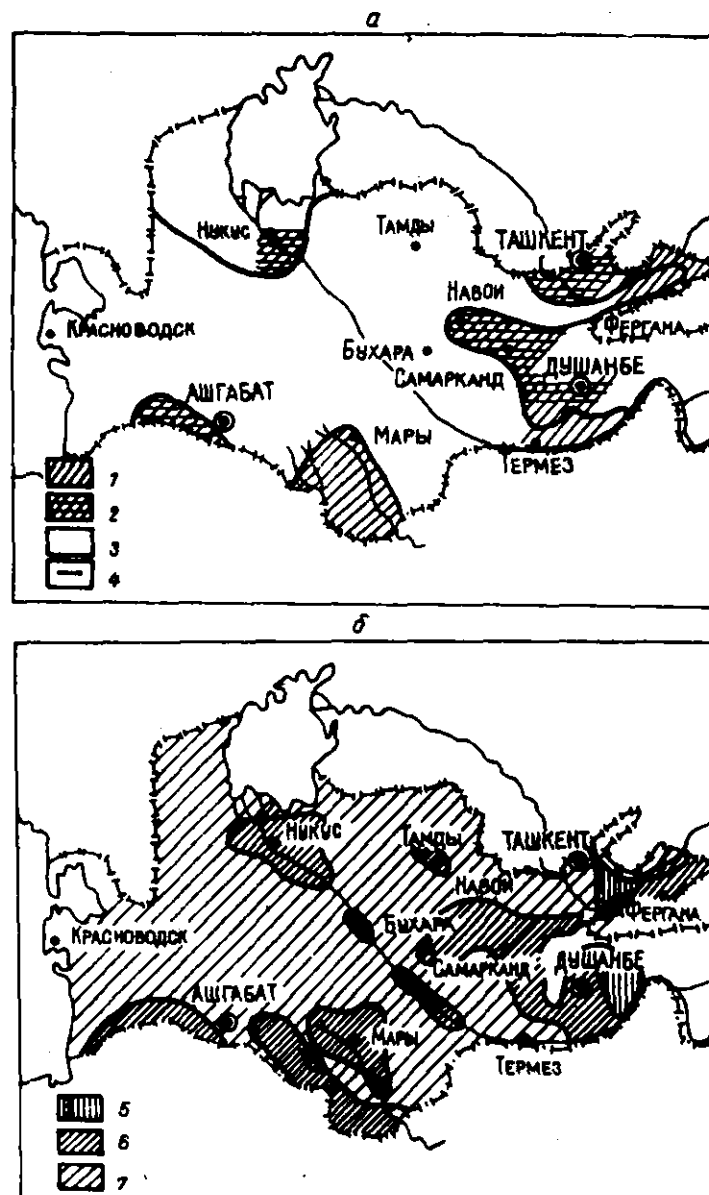


Рис. 29. Учет ветрового режима и средств ветрорегулирования жилых домов в Средней Азии: а) зона применения круглосуточного проветривания: 1— менее 1,5 м/с; 2— 1,5—3,0 м/с; 3— более 3,0 м/с; 4— изотермы среднемаксимальной температуры 33°C; б) районирование территории по ночным скоростям ветра в летний период: 5— менее 1,5 м/с; 6— 1,5—3,0 м/с; 7— более 3,0 м/с (по данным

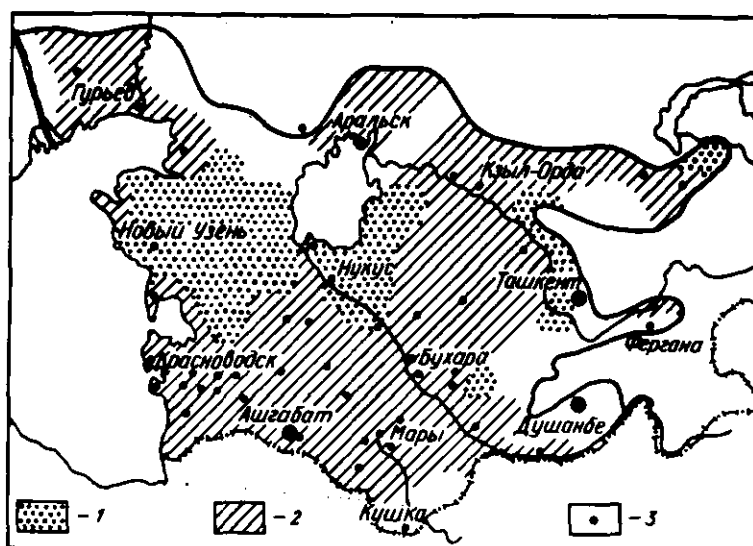
скорость движения внутреннего воздуха была не менее 0,25 м/с (А. В. Ершов, Е. А. Солдатов). Соответствующая этому значению скорость наружного ветра составляет 0,5 м/с при сквозном проветривании и 1,5 м/с — при боковом. Верхняя граница скорости движения внутреннего воздуха составляет 0,5 м/с (Г. И. Константинов, Л. Н. Лобанова). Этому значению соответствует скорость наружного ветра 3,0 м/с, принятая нами в качестве критерия, определяющего верхнюю границу применения режима ночного проветривания [47].

Районирование Средней Азии по средним ночным скоростям ветра в июле выявило принципиально различные зоны (рис. 29). Зона, в пределах которой создаются оптимальные условия для применения сквозного ночного проветривания, охватывает восточную часть Средней Азии. К зоне недостаточно интенсивного ветрового режима со средними скоростями ветра в ночные часы в июле менее 1,5 м/с относится юг Таджикистана, частично Сырдарьинская область в Узбекистане. Имеется также зона с повышенным ветровым режимом, где необходимо ограничивать ночное проветривание по сквозной схеме. Эта зона территориально охватывает побережье Аральского и Каспийского морей, пустыни Кызылкумы и Каракумы и некоторые локальные участки.

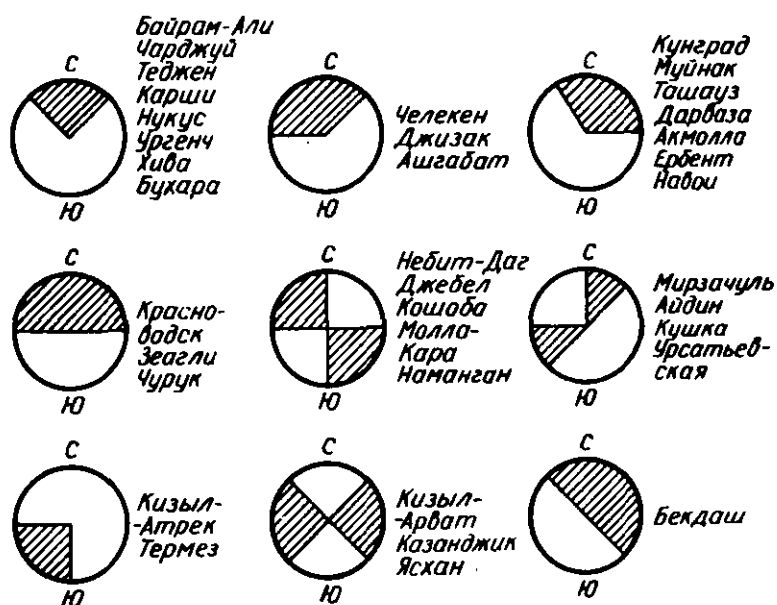
Зная физиолого-гигиенические критерии аэрационного комфорта по аналогии с жилыми комнатами, мы определили критериальные значения скорости ветра для летних помещений. В соответствии с ветровыми условиями были выделены две зоны. Первая из них характеризуется постоянными ветрами со скоростями более 3,0 м/с. Такие ветры оказывают неблагоприятное воздействие на человека как в теплое, так и в прохладное время года. Во второй зоне скорость ветра в вечерние и ночные часы составляет 1,5—3,0 м/с. Здесь имеют место прохладные ветры северного фронта или предгорные и долинны ветры, которые способствуют снижению перегрева в летних помещениях.

Важным фактором дискомфорта в условиях Средней Азии является высокая запыленность воздуха и частые пыльные бури в теплый период года. Известно, что частицы пыли, содержащиеся в воздухе, оказывают неблагоприятное действие на организм человека. могут вызвать заболевания глаз и дыхательных путей. Пыль в воздухе поглощает солнечную радиацию, ослабляя тем самым действие ультрафиолета и снижая бактерицидный эффект солнечных лучей (А. Н. Мирзасев и В. А. Фетт).

Большая запыленность воздуха и частые пыльные бури препятствуют нормальной эксплуатации жилищ, особенно летом, значительно ухудшают санитарно-гигиенические качества жилой среды. Например, высокая запыленность в ночные часы требует прекра-

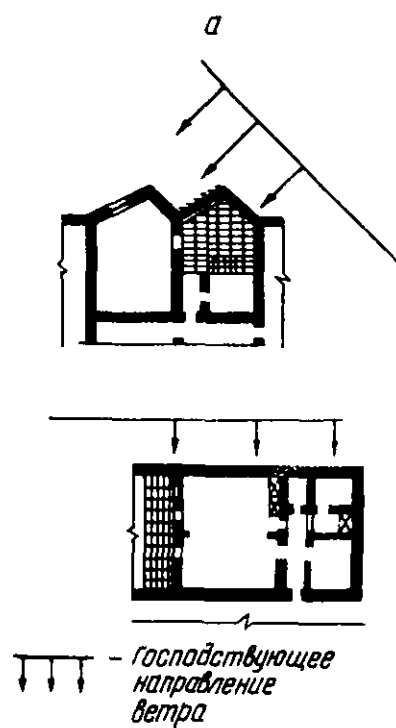


а

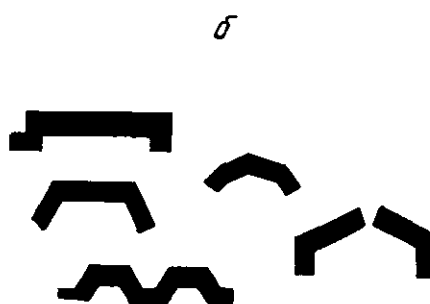


б

Рис. 30. Районирование Средней Азии по степени защиты от пыльных бурь (а) и преобладающих направлений ветров в летний период (б): 1— защита застройки; 2— защита жилых зданий и застройки; 3— применение средств механической очистки (по данным исследований З. А. Вавиловой).



Р и с . 31. Архитектурно-планировочные средства ветропылезащиты: а) расположение летних помещений жилых домов с учетом господствующего направления ветра, б) жилые дома для застройки в экстремальных градостроительных условиях.



**ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЖИЛОМУ ДОМУ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ
РЕГУЛИРОВАНИИ МИКРОКЛИМАТА (по данным З. А. Вавиловой)**

Растения	Средства регулирования микроклимата в летний период	Принцип организации жилища	Характеристика корпуса	Этажность при безлифтовом строительстве	Связь жилого дома с грунтом	Лестницы
Оазисы и предгорья	Естественные средства	Полузакрытая структура с раскрытием в сторону благоприятных ветров	Узкий, расположение комнат в два ряда	4	Не рекомендуется организация пространства на первом этаже	Закрытые, возможны полуоткрытые в южных оазисах
Пустыни	Искусственные и естественные средства	Закрытая структура с изоляцией от внешней среды и раскрытием в замкнутые обводненные и оазисные дворы	Широкий, расположение комнат более чем в два ряда	3	Не рекомендуется организация пространства на первом этаже, возможно его заглубление	Закрытые
Пустыни	Искусственные средства	Закрытая структура с наибольшей изоляцией от внешней среды	Максимально широкий корпус, многоярусное расположение комнат	3	Не допускается раскрытие первого этажа, рекомендуется заглубление в грунт	Закрытые

ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КВАРТИРЕ
(по данным З. А. Вавиловой)

Регионы	Средства регулирования микроклимата	Пропорции жилых комнат	Высота жилых комнат, м	Размеры световых проемов	Схема проветривания	Трансформация наружная
Оазисы и предгорья	Естественные средства	С развитием в глубину квартиры	3,0	1/8—1/10 от площади пола	Горизонтальное, вертикальное, сквозное	Рекомендуется
Пустыни	Искусственные и естественные средства	С развитием в глубину квартиры	3,0	1/8—1/10 от площади пола	Горизонтальное, вертикальное, сквозное, усложненное	Допускается
Пустыни	Искусственные средства	Максимально глубокие комнаты	2,7—3,0	1/10—1/12 от площади пола	Горизонтальное, вертикальное, сквозное, усложненное	Не допускается

щения охлаждения жилища и ухудшает его тепловой режим, особенно в период перегрева. Кроме того, пыльные бури затрудняют осуществление бытовых процессов в те периоды, когда жилище находится в постоянном контакте с внешней средой. Следовательно, важным вопросом становится выбор расчетных критериев запыленности для защиты жилой среды от пыльных бурь.

Помимо превышения критических скоростей ветра образование пыльных бурь вызвано наличием пылящей поверхности. Поэтому очень важны сведения о микроструктуре почв и преобладающих направлениях ветра в конкретных условиях (Д. В. Наливкин и Н. Н. Романов). Необходимо производить оценку запыленности территорий дифференцированно [47]. Очевидна различная степень влияния пыльных бурь на открытые пространства, полуоткрытые (летние) и закрытые (жилые) помещения. Человек, находясь в жилище, может оградить себя от непосредственного воздействия пыльной бури, закрыв светопроемы и прервав проветривание. Внутри жилых комнат пыль может проникать лишь через неплотности в заполнении светопроемов. То же самое может произойти, если во время пыльной бури осталось открытым окно, форточка, балконная дверь.

Для оценки запыленности того или иного района З. А. Вавилова предлагает учитывать метеорологические, санитарно-гигиенические и эксплуатационные критерии. Критериями оценки запыленности должны служить дифференцированные показатели, определяющие необходимость применения мероприятий по снижению запыленности внешней среды и защите жилища от пыльных бурь.

При определении границ зоны, где запыленности подвержены главным образом открытые пространства и требования по учету запыленности и защите от пыльных бурь распространяются на территорию застройки, необходимо учитывать скорость ветра, превышающую 5,0—6,0 м/с (скорость ветра, способствующая образованию местных пыльных бурь), в сочетании с наличием пылящей поверхности (пески, такыры, солончаки и т. п.). Возможно также производить оценку запыленности территории по уровню предельно допустимого содержания токсической пыли, равному 0,5 мг/м².

Границы зоны, где запыленность и пыльные бури диктуют их учет при проектировании жилых домов, определяются нами при превышении следующих критериев:

— повторяемости воздействия пыльных бурь не менее трех случаев в один из месяцев теплого периода;

— продолжительности воздействия пыльных бурь в период открытого режима эксплуатации жилищ не менее 1,5 час.

Эти критерии предложены нами из учета необходимости дополнительной уборки жилых летних помещений, а также из условий увеличения продолжительности летнего перегрева жилища.

При наличии необходимых метеоданных может быть дополнительно учтен критерий повторяемости воздействия пыльных бурь не более трех случаев в ночное время в один летний месяц при отсутствии ночного дискомфорта в жилых помещениях и не более трех случаев при наличии теплового дискомфорта. В противном случае перегрев усугубится и продолжительность теплового дискомфорта в жилище увеличится. При назначении средств очистки воздуха жилых помещений необходимо учитывать общее число случаев с пыльными бурями в году, равное 20 дням (И. А. Мерпорт, Е. А. Насонов).

Таким образом, были выделены районы Средней Азии, характеризующиеся различным числом пыльных бурь и разной степенью запыленности (рис. 30, 31), а также архитектурно-планировочные средства ветропылезащиты.

Учет местных особенностей ветрового режима в сочетании с анализом запыленности позволяет в дальнейшем произвести дифференциацию некоторых типологических требований в соответствии с выделенными районами. Это в первую очередь касается требований к планировочной структуре квартир в связи с проветриванием.

III. 2. УЧЕТ ИСКУССТВЕННЫХ СРЕДСТВ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ РАЙОНИРОВАНИИ

С целью выявления типологических требований к охлаждаемому жилищу в ТашЗНИИЭП проведено районирование территории Средней Азии. Критериями районирования явились факторы, влияющие на микроклимат жилища в перегревный период: продолжительность летнего перегрева при обеспечении их комплексом всех естественных средств, степень комфортности ночного периода, среднемаксимальная температура наружного воздуха, число дней с пыльной бурей в июле и др. [47, 51].

Вся территория Средней Азии разделена на три района (рис. 32). Район без летнего перегрева жилища занимает области с отметкой 1000—1200 м над уровнем моря. Здесь не требуется мероприятий по регулированию микроклимата квартир.

В настоящее время, когда происходит повсеместное внедрение специализированного искусственного охлаждения в общественные здания Средней Азии, можно считать, что в перспективе реальным станет и централизованное искусственное охлаждение жилых зданий в районах с наиболее напряженным термическим летним режимом.

Как уже отмечалось, изменение термической нагрузки в пределах Средней Азии имеет широтное и высотное развитие. Поэтому границы районов в равнинной части проходят по изотермам с поправкой на ландшафтные границы, а в предгорной части — по рельефу. I район частично охватывает север Узбекистана (участок, прилегающий к Аральскому морю), а частично располагается узкой полосой в предгорьях Тянь-Шаня, Памира, Копет-Дага. Входящие сюда наиболее крупные города — Фергана, Самарканд. Район характеризуется наиболее мягкими термическими условиями в летний период на всей территории зоны. Перегрев в жилище длится менее 45 дней, а повторяемость перегревной погоды в июле не превышает 50%. Перегревная погода длится 3—5 дней, сменяясь менее жаркими условиями такой же продолжительности. Ночью в жилище поддерживается комфортный микроклимат. Мягкий термический режим района позволяет предположить, что на его территории преодолеть летний перегрев жилища можно с помощью естественных средств и частичного охлаждения.

II район территориально больше I района. Он располагается на равнинах — южнее, а в предгорьях — ниже. В него входит большинство оазисов Узбекистана и Таджикистана с наиболее крупными городскими агломерациями: Хорезмский оазис с городами Нукус, Ургенч, Хива, Ташауз; большая часть Ферганской долины с городами Наманган, Андижан, Коканд, Худжанд; Чирчикский оазис с городами Ташкент, Чирчик, Янгйоль; часть Зарафшанского оазиса (Нурата, Навои, Джизак); среднее течение рек Гарм и Вахш (Душанбе, Регар, Нурек).

Этот район в летний период характеризуется более напряженными термическими характеристиками. Перегрев в жилище длится от 45 до 75 дней. Повторяемость перегревной погоды составляет 50—75%, периоды перегрева длятся семь-десять дней, прерываясь незначительными менее жаркими периодами в два-три дня. Ночью микроклимат жилища комфортен в течение 6—7 час.

Отличительной особенностью II района является сочетание естественных и искусственных средств регулирования микроклимата. Установки кондиционирования рассматриваются здесь как дополнительное средство повышения комфортности жилища. Это, в основном, индивидуальные кондиционеры, которые в последние годы получили в южных районах столь широкое распространение. Разумно, они могут применяться и в I районе, где рекомендуются

естественные средства с частичным охлаждением. Их установка зависит лишь от индивидуальных потребностей и экономических возможностей жителей.

Наконец, нами выделен III район, охватывающий подавляющую часть Туркмении, юг Таджикистана, южную и центральную часть Узбекистана. В него входят такие крупные города, как Ашгабат, Красноводск, Мары, Байрам-Али, Чарджуй, Карши, Термез, Куляб и др. Этот район находится в наиболее тяжелых летних условиях. Длительность периода перегретой погоды достигает 100 и более дней в году. Повторяемость этих погодных условий составляет 75—100%, перегрев длится непрерывно в течение всего месяца, прерываясь столь кратковременными снижениями наружной температуры, что микроклимат жилища не успевает отреагировать на них и остается в дискомфорте. Характерной особенностью района является ночной дискомфорт.

Естественное регулирование микроклимата осложняется большой запыленностью и распространением в III районе пыльных бурь, затрудняющих ночное проветривание и усугубляющих перегрев жилища. В столь жестких климатических условиях основную роль в улучшении микроклимата должны сыграть системы кондиционирования, а естественные средства климатической защиты жилищ должны снизить тепловые нагрузки на системы, сделать их более экономичными в эксплуатации. Особенностью применения инженерных систем является их круглосуточное действие с охватом всего объема квартиры, а также необходимость кондиционировать состав воздушной среды в районе пыльных бурь.

По аналогии с нахождением зоны искусственного охлаждения для многоэтажного жилища были сделаны предложения о выделении подобной зоны для малоэтажного жилища. Длительность перегрева в малоэтажном жилище на территории Средней Азии, определенная по соответствующим критериям, колеблется в больших пределах. В северных и восточных районах (Хорезмский оазис, Ферганская долина) перегрев не наблюдается. На юге зоны перегрев достигает 60 и более дней. Модели термического режима малоэтажного жилища показали, что даже в городах со значительным числом перегретых дней имеются несколько комфортных часов ночью (в Термезе и Ашгабате 5—6 ч., Зеагли — 4 ч.). Дискомфортные ночи наблюдаются лишь в городах, где, несмотря на перегрев, невозможно организовать сквозное проветривание из-за высоких ночных скоростей ветра, например, в Репетекке. Таким образом, круглосуточного перегрева в малоэтажном жилище не наблюдается, но его длительность в течение летнего сезона достаточно велика, что позволяет, на наш взгляд, рекомендовать применение искусст-

**ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЖИЛИЩУ ПРИ ИСКУССТВЕННЫХ СРЕДСТВАХ
РЕГУЛИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА**
(по данным З. А. Вавиловой, Е. А. Насонова)

Районы	Климатическая характеристика	Летний тепловой режим жилища	Города - представители	Рекомендуемые средства регулирования микроклимата
I	Среднемаксимальная температура 30,0—34,5°C Средняя скорость ветра в июле 1,5—4,5 м/с Число дней с пыльной бурей в июле — 0—4 Относительная влажность в 13 часов в июле 20—60% Длительность жаркой перегретой погоды в июле 10—50%	Перегрев в жилище наблюдается в дневные часы. Ночь полностью комфортна. Общее число перегретых часов в жилище летом 0—500	Чурух Муляк Кунград Китаб Фергана Самарканд	Естественные средства регулирования микроклимата с частичным охлаждением
II	Среднемаксимальная температура 34,5—36,5°C Средняя скорость ветра в июле 1,5—3,5 м/с Число дней с пыльной бурей в июле 1—3 Относительная влажность в 13 часов в июле 22—35% Длительность жаркой перегретой погоды 45—75 дней в году Повторяемость жаркой перегретой погоды в июле 50—75%	Перегрев в жилище длится днем и захватывает часть ночи. Большая часть ночи (более 6 часов) комфортна. Общее число перегретых часов в жилище летом 500—1000	Нукус Ташауз Ургенч Хива Навои Ташкент Андижан Наманган Душанбе	Сочетание естественных и искусственных средств регулирования микроклимата
III	Среднемаксимальная температура 36,5—40,0°C Средняя скорость ветра в июле 2,5—6,0 м/с Число дней с пыльной бурей в июле 1—3 Относительная влажность в 13 часов в июле 15—25% Длительность жаркой перегретой погоды — более 75 дней в году Повторяемость жаркой перегретой погоды в июле 50—75%	Перегрев в жилище длится круглосуточно. Ночь дискомфортна. Общее число часов перегрева в жилище летом более 1000	Бухара Карши Термез Куляб Казанджик Кизил-Арват Чарджуй Ашгабат Мари Теджен Кушка	Искусственное охлаждение

венного охлаждения малоэтажного жилища в ряде районов Средней Азии.

В качестве границ первоочередного охлаждения, по аналогии с многоэтажным жилищем, предлагаем принимать изолинии 60 дней перегрева, в качестве последующего — 45 дней. Территориально этот район значительно меньше подобного для малоэтажного жилища.

Типы систем кондиционирования, рекомендуемые к применению в различных областях Средней Азии. На выбор типа систем кондиционирования в жилых зданиях в основном влияют соображения максимальной экономичности, простоты обслуживания, надежности. Инженерные системы климатизации должны удовлетворять требованиям кондиционирования температурных условий в помещениях и только при необходимости — кондиционирования состава внутренней воздушной среды по чистоте и влажности.

Районирование территории Средней Азии по рекомендуемым типам систем кондиционирования микроклимата проведено по критерию запыленности и влажности атмосферного воздуха, определяющему необходимость кондиционирования состава воздушной среды.

Всю территорию можно разбить на четыре района (рис. 33). Четвертый район — наиболее неблагоприятный в смысле качества атмосферного воздуха. Первый, наоборот, отличается удовлетворительным составом наружного воздуха в течение всего года. Определяющим является количество дней в году с пыльной бурей. Места, где их число превышает 30, отнесены к четвертому району, от 30 до 20 — к третьему, от 20 до 10 — ко второму и меньше 10 — к первому району. К четвертому району отнесены также области со среднеквотской относительной влажностью более 60% в 13 час. дня [51].

Типы рекомендуемых и допускаемых в этих районах систем представлены в табл. 22.

Таблица 22

Типы рекомендуемых и допускаемых систем регулирования микроклимата (по данным И. А. Мерпорта и Е. А. Насонова)

Тип систем кондиционирования микроклимата	Районы по карте (рис. 33)			
	I	II	III	IV
Первой группы (конвекторное или радиационное отопление и охлаждение, системы с вентиляторно-конвекторными агрегатами на рециркуляции)	Рекомендуются	Рекомендуются	Допускаются	Не допускаются
Второй группы (системы кондиционирования воздуха; системы первой группы, совмещенные с механической вентиляцией, рассчитанной на подачу очищенного наружного воздуха)	Допускаются только по специальному обоснованию	Допускаются	Рекомендуются	Рекомендуются

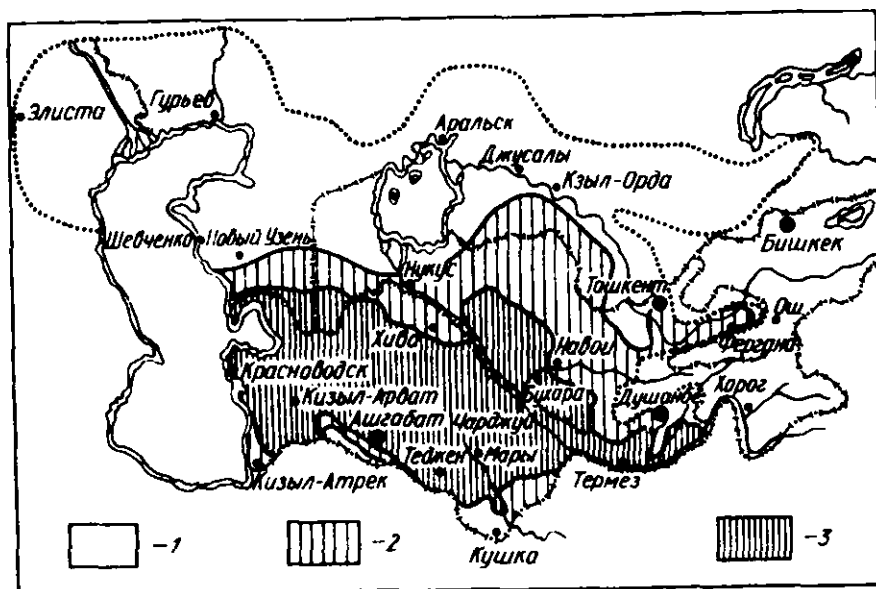


Рис. 32. Районирование Средней Азии для проектирования зданий с искусственными средствами регулирования летнего микроклимата: 1— I климатический район; 2— II климатический район; 3— III климатический район (по данным З. А. Вавиловой и Е. А. Пасонова).

Сравнение карты районирования по типам систем (рис. 33) с картой районирования по типологическим требованиям к жилым зданиям (рис. 32) показывает, что в районе значительного перегрева возможно применение систем кондиционирования и первой и второй групп, а в районе крайнего перегрева в основном должны использоваться системы второй группы и лишь частично первой.

Следует остановиться на одном важном обстоятельстве, касающемся выбора типа систем. Районирование, представленное на рис. 33, должно обязательно дополняться микрорайонированием внутри крупных городов и промышленных зон. И действительно, причиной ухудшения атмосферного воздуха могут явиться не только пыльные бури, но и другие факторы — промышленные выбросы, уличная пыль, выхлопные газы автотранспорта и т. д. Часто в районе застройки жилого здания отмечается также повышенный уровень шума от соседних промышленных предприятий и транспорта. Естественно, что рекомендация типа системы кондиционирования должна в этих случаях учитывать местные особенности района

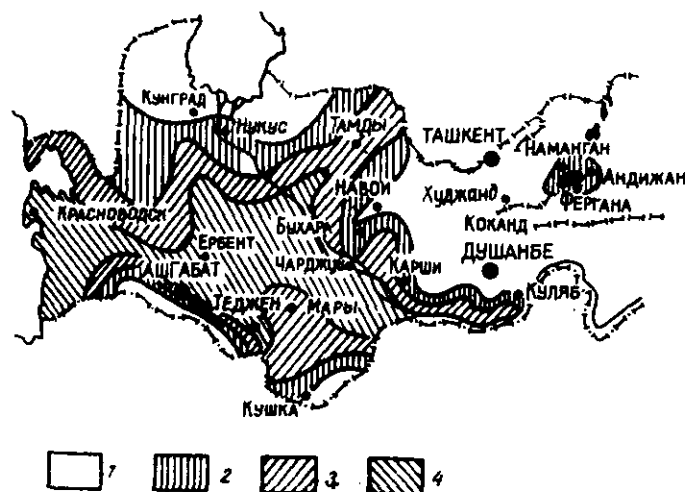


Рис. 33. Районирование Средней Азии по рекомендуемым типам систем кондиционирования микроклимата: 1—I район; 2—II район; 3—III район; 4—IV район (по данным И. А. Мерпорта и Е. А. Насонова).

застройки. Конкретный тип системы, назначаемый в таких случаях, может не совпадать с типом, рекомендованным согласно рис. 33. К примеру, в крупных городах (Ташкент, Навои, Самарканд, Душанбе) бесспорно требуется внедрять в ряде городских районов в жилых зданиях системы второй группы, несмотря на то, что они входят в район (рис. 33), где такие системы применяются только по специальному обоснованию.

Для выбора типа систем могут быть указаны общие критерии, основанные на продолжительности периода, в течение которого состав наружного воздуха в районе застройки не соответствует потребному для помещений качеству или проникающий с улицы шум в ночное время превышает допустимый для жилища уровень (табл. 23).

Таковы общие закономерности выбора систем кондиционирования микроклимата для жилых зданий в различных районах Средней Азии. Конкретный вид системы назначается с учетом всестороннего анализа архитектурно-строительных особенностей зданий, условий района застройки, возможных способов тепло- и хладоснабжения и других соображений инженерного порядка.

Остановимся на одном вопросе, касающемся области применения автономных комнатных кондиционеров типа "Азербайджан".

В связи с тем, что действующими строительными нормами искусственное охлаждение жилища не предусматривается, индивидуальные кондиционеры, устанавливаемые населением, являются единственно возможным средством обеспечения комфорта в настоящее время.

Таблица 23

Выбор систем регулирования микроклимата
(по данным И. А. Мерпорта и Е. А. Насонова)

Тип систем кондиционирования микроклимата	Число часов в год с неблагоприятным составом наружного воздуха			
	менее 500	500—1000	1000—1500	более 1500
	Число дней за теплый период с недопустимым уровнем шума, проникающего в помещение в случае организации ночного проветривания			
	менее 15	15—20	20—30	более 30
Первая группа (конвекторное или радиационное отопление и охлаждение, системы с вентиляторно-конвекторными агрегатами на рециркуляции)	Рекомендуются	Рекомендуются	Допускаются	Не допускаются
Вторая группа (системы кондиционирования воздуха, системы первой группы совмещенные с механической вентиляцией, обеспечивающей очистку приточного воздуха и т. д.)	Допускаются только по специальному обоснованию	Допускаются	Рекомендуются	Рекомендуются

Примечание. При несовпадении колонок по характеристике состава наружного воздуха и по уровню проникающего шума следует пользоваться колонкой, расположенной правее.

С развитием промышленности кондиционеростроения и введением в СНиП пункта об обязательности искусственного охлаждения жилища целесообразно определенным образом разграничить области применения кондиционеров "Азербайджан" и центральных систем кондиционирования микроклимата. При этом необходимо учитывать, что комнатные кондиционеры по сравнению с центральными системами обладают преимуществом в плане легкости их установки в существующем здании. Однако кондиционерами "Азербайджан" можно осуществить только частичное кондиционирование жилища.

С общегосударственной экономической точки зрения использование автономных устройств оказывается в 1,5—4,0 раза дороже центральных систем. Поэтому автономные кондиционеры "Азербайджан" будут предпочтительно использоваться в существующих жилых зданиях. В объектах нового строительства комнатные

Таблица 24

Границы зоны комфорта в жилищах юга по рекомендациям различных исследователей

Авторы	Температура воздуха, °С			Относительная влажность воздуха, %			Подвижность воздуха, м/с	
	нижняя граница	оптимальная	верхняя граница	нижняя граница	оптимальная	верхняя граница	оптимальная	верхняя граница
Лернер П. М.	20,0	22,3—23,1	24,0	46	—	61	—	—
Марзеев А. П.	—	—	—	—	—	60—65	—	—
Минх А. А.	—	—	—	20	—	—	—	—
Горомосов М. С.	—	23—24	26,0	—	45—50	—	0,15—0,20	—
Ветошкин С. И.	—	—	—	—	—	—	0,15—0,4 (дневное проветривание)	—
Опарин И. А.	—	26,6	—	—	30—40	—	0,5—0,7	—
Гербурт-Гейбович А. А., Липкевич В. К.	—	23—25	28,0	—	—	66	менее 0,2	0,5
Багиров Б. Г., Кулиев Х. П.	—	—	28—29	—	—	—	—	—

кондиционеры, приобретаемые за счет средств населения, найдут применение в районах, отнесенных ко второй и более отдаленной очереди внедрения систем климатизации. Центральные системы кондиционирования будут устраиваться во вновь возводимых зданиях в районе крайнего перегрева (ввиду необходимости полного кондиционирования) и в областях района значительного перегрева, отнесенных к первой очереди внедрения (по соображениям экономического порядка).

Таблица 25

Сочетание метеорологических элементов, характеризующих верхнюю границу летнего теплового комфорта в жилище в дневные часы (по данным З. А. Вавиловой)

Климатические районы и средства регулирования микроклимата	Метеорологические элементы			
	температура воздуха, °С	средневзвешенная температура поверхности, °С	относительная влажность, %	скорость движения воздуха, м/с
IV Г — Естественные средства регулирования микроклимата, ночное проветривание	25—26	24—25	30—45	менее 0,1
IV Г — Естественные средства регулирования микроклимата, круглосуточное проветривание	28—29	28—29	20—35	0,5
IV Г — Системы кондиционирования микроклимата	25—26	25—26	не более 55	не более 0,3
IV А — Естественные средства регулирования микроклимата, ночное проветривание	26—27	25—26	25—40	менее 0,1
IV А — Естественные средства регулирования микроклимата, круглосуточное проветривание	29—30	29—30	20—30	0,5—0,7
IV А — Системы кондиционирования микроклимата	25,5—26,5	25,5—26,5	не более 50	не более 0,3

Таблица 26

Физиолого-гигиенические критерии верхней границы зоны комфорта
при пыльных бурях
(по данным З. А. Вавиловой)

Помещения, время суток	Температу- ра возду- ха, °С	Относитель- ная влаж- ность, %	Подвиж- ность воз- духа, м/с	Температу- ра поверх- ности, °С	Наружная расчетная температу- ра, °С
Жилые ком- наты — день	26	40—50	0,1	26	34
Жилые ком- наты — ночь	24	40—50	0,1	24	30
Летние поме- щения (остек- ленные) — день	28—29	45	0—0,2	28—29	34
Летние поме- щения (остек- ленные) — ночь	29—30	55	0—0,2	29—30	30

Таблица 27

Границы комфорта летних помещений (по данным З. А. Вавиловой)

Виды функционального использования	Условия проветривания	Нижняя граница		Верхняя граница				
		инсолируемые	неинсолируемые	неинсолируемые (температура поверхности меньше или равна температуре воздуха)		неинсолируемые или частично инсолируемые (температура поверхности больше или равна температуре воздуха)		инсолируемые (температура поверхности больше температуры воздуха)
				температура воздуха, °С	относительная влажность воздуха, %	температура воздуха, °С	относительная влажность воздуха, %	
Хозяйственно-бытовые занятия	Проветривание отсутствует или незначительное (0—0,2 м/с)	10—12	15	28—29	45	26—27	40	24—25
	Проветривание интенсивное (0,5—1,5 м/с)	—	—	30—32	45	28—30	40	26—28
Ночной сон	Проветривание отсутствует или незначительное (0—0,2 м/с)	—	15	29—30	55	27—28	50	—
	Проветривание интенсивное (0,5—0,7 м/с)	—	18	30—31	55	29—30	50	—

Таблица 28

Характеристика температурного режима жилых летних помещений в городах Средней Азии по материалам натурных обследований в июле, °С (по данным З. А. Бавиловой)

Даты месяца	г. Нукус						г. Ташауз	
	метеостанция	балкон в панельном доме восточ- ной ориен- тации	терраса де- ревянная во- сточной ориентации	летнее поме- щение ти- па лоджии северной ориентации	терраса, открытая с трех сторон северной ориентации		метеостанция	летнее поме- щение ти- па лоджии северной ориентации
					1 этаж	2 этаж		
15	41,3	42,9	35,0	—	—	—	—	—
16	32,8	40,5	33,4	—	—	—	—	—
17	34,5	40,7	32,8	—	—	—	—	—
18	27,7	31,9	27,2	—	—	—	26,8	28,0
19	29,4	36,6	29,0	—	—	—	31,0	32,4
20	30,4	37,5	30,2	—	—	—	33,2	33,6
21	32,4	—	31,7	—	31,5	31,5	—	—
22	36,2	—	—	35,2	34,9	34,0	—	—
23	37,8	—	—	35,2	36,0	35,0	—	—

Таблица 29

Максимальная температура июля по этажам жилых домов серии Э-9 в Ташкенте
(по данным З. А. Бавиловой)

Да- та меся- ца	Ме- тео- стан- ция	Район старого города										Район массива Чиланзар									
		жилье комнаты					летние помещения					жилье комнаты					летние помещения				
		3	5	7	9	3	5	7	9	3	5	3	5	7	9	3	5	7	9	3	5
10	37,4	30,8	31,6	32	32,7	34	34,8	36	35,5	31	30,8	31,2	32	32	32,4	34	36	37,5	35	34	36
11	39,9	31,4	32	33	35	35	37	37,2	37	30	31,2	32,5	32,4	32,5	32,4	39	35	39	39	39	39
12	42,7	31,6	32,6	32,2	36	38	38,4	38,8	40	31,8	32,2	37,5	31,2	37,5	31,2	40	36	40	39	40	39
13	40	32	33	32,6	36,9	39	37,6	38	38	31,4	32,6	34,2	29,5	34,5	34,5	36	37,7	38,5	38,5	36	37,7
14	33,5	30,8	31,2	30,6	33	33,5	33,4	33,2	34	30,6	31,6	31,7	29	36,2	32	32,5	35	35	35	32	32,5
15	34,4	30,4	30,6	30	31,7	32,2	33	33,5	32,8	30	30	31,5	28	33,5	30	30,4	30,4	30,4	30,4	35	33,5
16	34,7	29,8	30,2	30,5	31	32,8	34	32,8	34	33,2	33,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	35,3	29	29,2	29,6	30	31,5	32	31,8	31,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	36,5	29,4	30	29,4	30	33,3	34,5	34,2	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	37,2	29,2	30,5	29	30	33	34	34	36,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	38,8	30	30,6	31,4	32	36	36,2	36,5	36,6	29,2	32,4	35	35,8	—	—	—	—	—	—	—	—
21	32,2	30	30,4	29	30,3	32	33	32,3	34	30,6	30	30,5	32	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 30

Характерный температурно-влажностный режим в жилых домах в
г. Ташкенте в период холодной погоды (по данным З. А. Бакиловой)

Температура внутреннего воздуха, °С		Суточная амплитуда температур- ных колеба- ний, °С	Относительная влажность внутреннего воздуха, %		Суточная амплитуда влажности воздуха, %
максималь- ная	минимальная		максималь- ная	минимальная	
20,0—22,0	16,5—18,0	2,5—3,5	50—62	35—50	10—15
21,00—22,5	19,0—21,0	1,0—1,5	32—37	26—31	3—10
19,5—21,0	17,0—18,0	2,0—2,5	—	—	—
19,5—20,0	18,0—18,5	1,0—1,5	60—65	44—48	10—14
19,0—21,5	16,0—19,0	3,0—3,5	45—57	37—45	3—10
21,0—22,0	18,0—20,0	2,0—3,0	—	—	—

ГЛАВА IV

ТЕХНИЧЕСКИЕ И АРХИТЕКТУРНЫЕ ПРИЕМЫ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

Тепловая эффективность зданий является результатом действия различных групп факторов: объемно-пространственной композиции дома, конструктивных характеристик, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, размеров и конструктивных особенностей заполнения световых проемов, способов отопления или охлаждения всего сооружения. Как нами будет показано, наиболее эффективны средства архитектурные. Однако необходимо исследовать и применять наряду с архитектурными средствами чисто технические. Основные потери и поступления тепла в гражданских зданиях происходят через оконные проемы, наружные стены и крышу. Соответственно технические приемы энергосбережения направлены на совершенствование этих трех групп конструкций.

Энергетическая проблема стала проблемой номер один. Многие считают, что ныне она определяет уровень материальной культуры человечества. И несмотря на то, что во всех странах мира лучшие силы науки заняты ее решением, сейчас ни у кого не вызывает сомнения — в будущем самым эффективным источником энергии станет ее экономия. Классический путь борьбы с тепловыми потерями (теплопоступлениями) — совершенствование ограждающих конструкций. Он обеспечивается в основном инженерными средствами: утолщение стен и утеплителя на кровлях, применением более эффективных легких бетонов и других материалов для стеновых ограждений, специальных конструкций остекления. Каждое из средств имеет свои возможности, которые отражены на приведенных графиках (рис. 34).

Процесс снижения теплопотерь подчиняется определенной закономерности, которая выражается кривой-экспонентой. При этом, чем больше мы хотим сохранить тепла, тем более пологой становится кривая и, следовательно, тем относительно меньший эффект достигается. Если на графиках обозначить нормируемый уровень тепловой защиты (верхняя часть пунктирных линий), можно сделать еще один вывод: зона высокой эффективности, соответствующая резкому

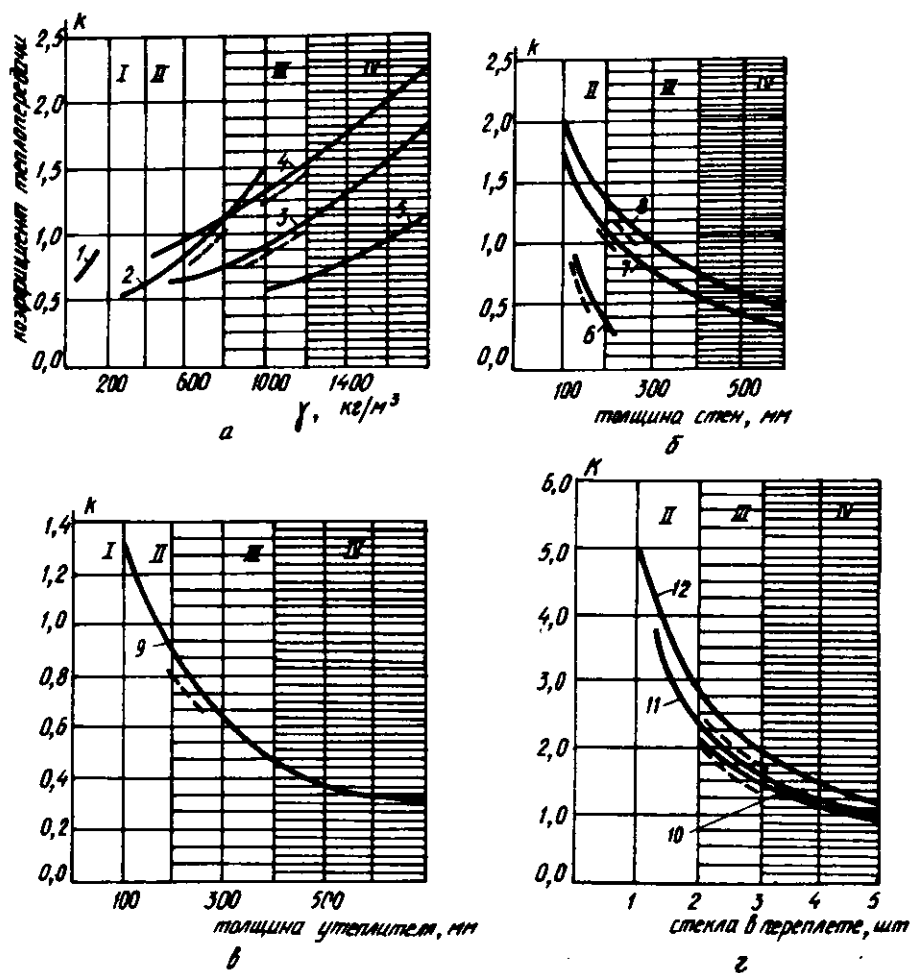


Рис. 34. Тепловые потери зданий: а) при разном объемном весе материала стен, б) при разной толщине стен, в) при разной толщине утеплителя кровли, г) при разной конструкции окон. I— зона сверхвысокой эффективности; II— зона высокой эффективности; III— зона низкой эффективности; IV— зона неэффективного строительства.

сокращению теплопотерь при минимальных затратах, нами уже пройдена. Дальнейшая интенсификация этого направления чревата рядом отрицательных последствий.

Дело все в том, что "инженерные средства" не только дают, но и берут. Так, замена двойного остекления тройным требует дополнительного стекла, дерева, металла, трудовых затрат и обходится намного дороже. Утолщение наружных стен и кровель при современных масштабах строительства — это огромный расход бетона, цемента, стали, труда, времени, обострение транспортных проблем. Утолщение ведет к утяжелению зданий, что может вызвать необходимость усиления их конструкций. И каждый новый процент сокращения теплопотерь дается все более дорогой ценой, вызывая цепь нерациональных решений в смежных сферах. Вот почему приходится признать, что все меры рассматриваемого направления, кроме уменьшения объемной массы материалов, по своему эффекту ограничены. По аналогии с известными экономическими терминами этот путь является экстенсивным, и возможности его вскоре будут исчерпаны. Жизнь же требует все более рациональных и комплексных решений, т. е. привлечения архитектурных средств.

Сравнительные возможности сокращения тепловых потерь зданий за счет инженерных и архитектурных средств, а также сопоставление их комплексной эффективности и возникающих проблем при борьбе с тепловыми потерями показаны на схемах (рис. 35).

IV.1. ИНЖЕНЕРНЫЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ

Оконные проемы и их солнцезащита. Сейчас проблеме улучшения теплоизоляции ограждающих конструкций уделяется большое внимание во всем мире. Наибольшая доля теплопотерь и теплопоступлений приходится на прозрачные участки ограждений (световые проемы). Так, по данным состоявшегося в г. Москве советско-финского семинара (1985 г.) "Энергоэффективные здания", она составляет 40%. Поэтому неудивительно, что среди технических приемов снижения теплопотерь и теплопоступлений жилых и общественных зданий на одном из первых мест находятся оконные проемы. Минимальное отношение площади светопроемов жилых зданий к площади пола помещений должно быть не ниже 1:8. Как показал анализ, при уменьшении площади оконного проема к площади пола комнаты от 1:4 до 1:7 удельный расход тепла сокращается на 8—10%. Дальнейшее уменьшение окон практически вообще не дает никакого эффекта. Не следует забывать, что с целью экономии тепла необходимо заниматься сверхнормативной воздухопроницаемостью окон. Так,

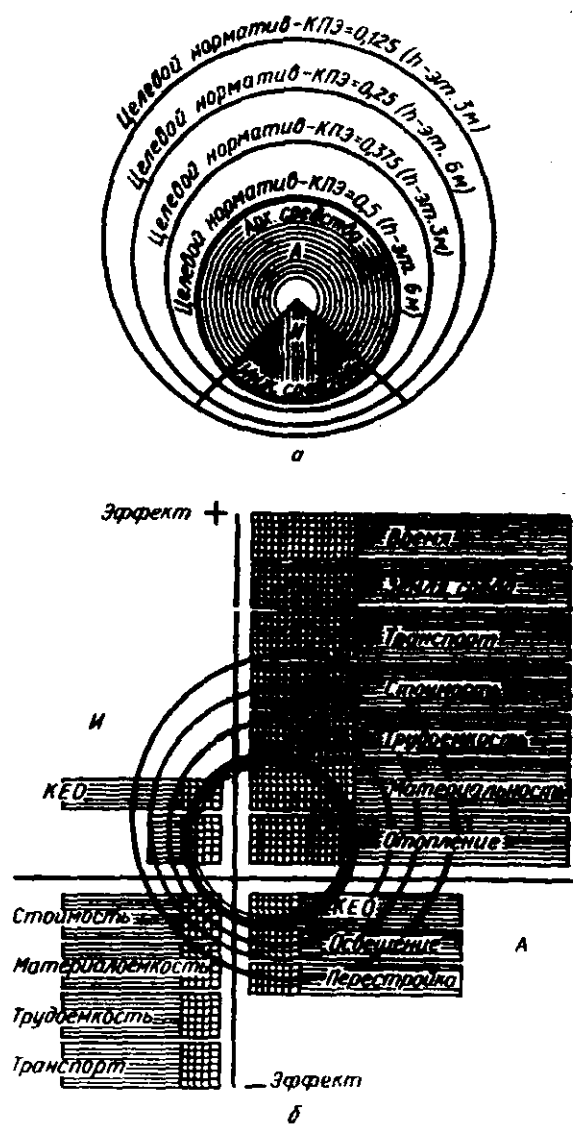


Рис. 35. Схема использования инженерных и архитектурных средств повышения тепловой эффективности зданий: а) сравнительные возможности сокращения тепловых потерь зданий, б) сопоставление комплексной эффективности и возникающих проблем при борьбе с тепловыми потерями.

по данным исследований ЦНИИЭП инженерного оборудования, средние значения воздухопроницаемости оказались выше нормативных в 2—2,5 раза, что приводит к перерасходу тепла на отопление на 23—28%. Одной из особенностей общественных зданий является развитая площадь остекления световых проемов. Во многих случаях площадь остекления в этих зданиях достигает 60—80% площади стен [11].

Такие здания, как показывает опыт их эксплуатации, имеют целый ряд существенных недостатков. Эти недостатки в основном связаны с низким сопротивлением теплопередаче остекления, что вызывает значительные потери тепла из помещения в отопительные периоды года, а летом перегрев и необходимость дополнительной вентиляции.

С. П. Соловьев, С. И. Пермяков и Д. П. Липилин [11] ссылаются на расчеты и натурные исследования, которые показывают, что потери тепла через остекление достигают 40—50% общих потерь тепла через остальные наружные ограждающие конструкции, поскольку через 1 м² окна с двойным остеклением уходит почти в 2 раза, а через одинарное стекло — в 3 раза больше тепла, чем через стену. Кроме того, из-за низкой температуры внутренней поверхности остекления зимой в области световых проемов образуется дискомфортная тепловая обстановка. Как показали наши натурные наблюдения в охлаждаемых зданиях, наибольшие теплопоступления приходится на оконные проемы [12].

Для устранения отрицательного влияния остекления на расход тепла в настоящее время в проектных решениях зданий предусматривается целый комплекс мероприятий, которые в основном сводятся к повышению температуры внутренней поверхности остекления. Достигается это увеличением числа стекол в остеклении, подачей в межстекольное пространство подогретого воздуха или тяжелого газа и т. п. Такие окна имеют коэффициент теплопередачи менее 1 Вт/м² °С, т. е. по этому показателю они значительно превосходят обычные кирпичные стены с воздушными промежутками.

Во многих странах Европы и Америки до настоящего времени применяется одинарное остекление, в то время как в Скандинавии быстро внедряется тройное остекление. В зарубежной практике строительства жилых и общественных зданий за последние годы получило применение электрообогреваемого остекления. Все эти мероприятия связаны со значительными затратами материальных и денежных ресурсов.

Кроме улучшения конструкции окон с целью увеличения их термического сопротивления многие специалисты считают необходимым для уменьшения потерь тепла сократить площадь световых

проемов. Так, анализ проектных решений показал, что в ряде общественных зданий размеры остекления превышаются против действующих нормативных требований. Поэтому предлагается в общественных зданиях при высоте помещений более 4,5 м уменьшить площадь окон в 2—2,5 раза [13]. Величина всех проемов, включая глухие участки балконных дверей, не должна быть выше 23% площади наружных стен здания.

В Великобритании, например, в соответствии с новыми Правилами проектирования и эксплуатации зданий, в административных зданиях рекомендуется проектировать остекление, суммарная площадь которого не превышает 30% площади стен. В Финляндии площадь остекления рекомендуется не более 15% площади пола.

Вместе с тем величина общего эффекта от этого мероприятия, по мнению других исследователей [14], не оправдывает больших надежд. Так, при сокращении площади светопроемов в 2 раза в зданиях различного назначения и габаритов экономия будет равна 8—10%. Даже если теоретически совсем убрать светопроемы, что маловероятно, то и в этом случае получим экономию не более 20%. Большая же часть тепла, т. е. 80—90%, все равно уйдет в атмосферу. Происходит это потому, что, снижая площадь светопроемов, мы одновременно увеличиваем площадь наружных стен. Чтобы добиться ощутимого эффекта, необходимо значительно сократить площадь наружных ограждений.

Уже появились разработки, позволяющие заметно повысить энергоэкономичность светопроемов гражданских зданий [15]. Чаше всего предлагаются различные варианты солнцезащитных устройств (СЗУ) (см. рис. 7). К числу наиболее эффективных средств солнцезащиты относятся регулируемые СЗУ. Применение их позволяет устранить ряд недостатков, присущих стационарным СЗУ. Как правило, такие конструкции достаточно легки, и поэтому при их монтаже отпадает необходимость в специальных несущих элементах. Регулируемые СЗУ могут применяться при любой ориентации фасадов. Они позволяют в широких пределах регулировать уровни освещенности и степень инсоляции помещений в зависимости от заданного светового режима, микроклимата помещений, состояния погоды, времени суток и года. Регулируемые СЗУ при необходимости можно убрать, оставляя светопроемы незатененными. Вопрос о целесообразности применения регулируемой солнцезащиты давно решен положительно. В настоящее время актуальными являются вопросы функциональной эффективности, качества и экономической целесообразности применения того или иного типа регулируемых СЗУ.

Регулируемые СЗУ довольно дорогостоящи, поэтому выбор типа СЗУ должен проводиться на основе всестороннего анализа его

функциональной эффективности и экономичности. Применение СЗУ в практике строительства сопровождается значительными затратами и в то же время может иметь нежелательные последствия. Наибольшее число ошибок наблюдается в тех случаях, когда задача солнцезащиты решается некомплексно, без учета факторов, существенно влияющих на формирование светового режима и микроклимата помещений (широта местности, ориентация здания, планировка помещений и т. д.).

При разработке регулируемых СЗУ учитываются требования нормативных документов, а такие показатели, как эффективность светорегулирования, теплозащиты, надежность работы и т. п., являются основными при определении области применения этих устройств. Кроме того, учитывается специфика работы СЗУ в условиях различных типов гражданских зданий.

Применительно к регулируемым СЗУ термин "солнцезащита" нельзя понимать буквально, так как следует не столько защищаться от солнечных лучей, сколько регулировать их поступление в помещение, контролируя влияние лучей на организм и среду. На практике необходимость полной защиты помещения от действия солнечных лучей возникает редко (например, при работе со светочувствительными материалами, в демонстрационных залах, в аудиториях и т. п.), тогда как возможность дозирования или регулирования поступающей в помещение солнечной энергии весьма желательна, а зачастую и необходима. В связи с этим устройства, служащие для этой цели, следует называть светорегулирующими, а солнцезащитный режим работы рассматривать как частный случай.

Следует также иметь в виду, что процесс регулирования предполагает некоторый диапазон соответствий между входной величиной регулятора и его выходным параметром, например, между величиной светового потока и положением затеняющего световой проем элемента. В этом смысле такие СЗУ, как ставни, маркизы, выносные козырьки, не являются светорегулирующими, если они имеют только два рабочих положения; либо их влияние полностью устранено, либо они введены полностью в действие. Так, ставни могут быть открыты или закрыты, маркиза — опущена или поднята, козырек — задвинут или выдвинут. Регулируемыми являются те конструкции, которые позволяют непрерывно изменять световую активность окна в диапазоне своего влияния (например, жалюзи, межстекольная свертывающаяся или складывающаяся штора и др.).

Регулируемые СЗУ являются важным звеном в системе "солнце — окно"; правильно рассчитанные и примененные они способствуют эффективному использованию солнечной энергии в помещениях гражданских зданий.

Одно из важнейших условий, которое в настоящее время должно предъявляться к окнам — обеспечение максимума комфорта при минимальных затратах энергии на формирование внутренней среды. Отсюда следует, что необходимо стремиться к оптимальному расположению окон, оправданной конструкции и площади. Увеличение площади светопроемов связано с общим энергобалансом здания и таким образом влияет на величину нагрузки систем отопления и охлаждения. Напротив, при применении малых окон ухудшается освещение помещений, требуется больше затрат на искусственное освещение, ухудшается контакт с окружающей средой. К тому же уменьшается количество солнечного тепла, проникающего через окна в помещения, что имеет существенное значение для районов с мягким неэкваториальным климатом.

Удовлетворение столь противоречивых, а иногда и взаимоисключающих требований возможно с помощью регулируемых СЗУ. Светопроемы, оборудованные такими устройствами, позволяют обеспечить эффективную защиту помещений от проникающей солнечной радиации. В этом случае решается задача согласования энергетических показателей солнечной радиации вне помещения с необходимым, желательным или допустимым уровнем внутри его. Естественно, что такое регулирование является пассивным и возможно только при избытке солнечной радиации. При отсутствии этого условия действие СЗУ должно быть сведено к нулю, а оконный проем должен иметь максимально возможную для него световую активность.

В результате многолетней практики проектирования и применения солнцезащиты в зданиях различного назначения сложились общие требования, которым должны отвечать СЗУ. Их можно подразделить на несколько групп: архитектурно-строительные, климатические, светотехнические, теплотехнические, аэрационные. Применительно к регулируемой солнцезащите они следующие:

- СЗУ должны соответствовать размерам световых проемов, виду их заполнения, приемам крепления, чтобы при необходимости обеспечивать полное их затенение и полное освобождение светового проема от затеняющих элементов;

- устройства, предназначенные для комплексной защиты от перегрева и слепимости, следует располагать с наружной стороны светопроема или в межстекольном пространстве, а устройства, обеспечивающие лишь защиту от слепимости, — внутри помещения;

- тип СЗУ должен соответствовать ориентации светопроемов по сторонам горизонта и географической широте места строительства;

- СЗУ должны быть удобны и надежны в эксплуатации;

- основным климатическим фактором, определяющим необходимость защиты помещений от перегрева, является продолжительность

периода со среднесуточной температурой наружного воздуха $t_n \geq 20^\circ\text{C}$;

— при продолжительности этого периода от 20 до 40 дней защиту помещений от перегрева рекомендуется осуществлять с помощью внутренних межстекольных солнцезащитных устройств; от 40 до 60 дней — с помощью межстекольных и наружных устройств; при периоде более 60 дней — с помощью только наружных устройств; при периоде более 100 дней — с помощью наружных СЗУ в сочетании с теплозащитным остеклением и техническими средствами искусственного регулирования микроклимата;

— в районах с большой запыленностью и средней скоростью ветра в перегревный период 5 м/с и более необходимо предусматривать регулирование наружных СЗУ без открывания оконных переплетов; при скорости ветра более 20 м/с применение регулируемых СЗУ не рекомендуется;

— СЗУ должны обеспечивать в рабочее время полное экранирование прямых лучей солнца при любой его высоте и ориентации; должны способствовать улучшению светораспределения в помещениях, увеличивая за счет перераспределения световых потоков уровни освещенности в глубине помещения;

— при ясном небе обеспечивать на рабочих местах уровни естественной освещенности (300—750 лк), способствующие повышению производительности труда при наименьшем зрительном утомлении;

— СЗУ должны обеспечивать защиту помещений от теплового дискомфорта в жаркое время года, а также полное экранирование прямой солнечной радиации в расчетный период;

— обеспечивать необходимый воздухообмен в помещении, способствовать выравниванию температуры и скорости движения воздуха в помещении.

Выбор конкретного типа регулируемых СЗУ определяется функциональным назначением здания, характером трудового процесса, видом зрительной работы. Одновременно учитываются требования к естественному освещению, изменение которого в соответствии со СНиП II-4-79 равно от 2 до 5% к. е. о. (при верхнем и комбинированном освещении) и 0,5—2% к. е. о. (при боковом освещении).

Рассматривая вопрос солнцезащиты для конкретного объекта, следует учитывать также местные особенности природно-климатических условий: влажность и запыленность воздуха, альбедо местности, ветровой режим и пр. Естественно, что учесть все вышеперечисленные требования одновременно не всегда представляется возможным. Поэтому решение задачи солнцезащиты, как правило, осуществляется на основе сложившегося опыта применения СЗУ в

данном климатическом районе. Так, Инструкцией РСН 22-81 предложена область применения основных видов регулируемых СЗУ на объектах гражданского строительства в Средней Азии (табл. 31).

Как видно из таблицы 31, к I группе помещений относятся жилые комнаты, спальни в домах отдыха, номера в гостиницах, больничные палаты, спальни и игровые помещения детских садов и яслей, т. е. помещения с постоянным пребыванием людей. Здесь солнцезащита должна удовлетворять противоречивым требованиям: защита от перегрева и обеспечение инсоляции. Регулируемые СЗУ наиболее полно удовлетворяют этим требованиям.

Во II группу помещений включены залы ожидания, торговые залы, обеденные, приемные, вестибюли, кухни и т. п. Здесь к солнцезащитным устройствам предъявляются в основном теплосащитные требования. Применение различных штор, занавесей допускается только в сочетании с наружной солнцезащитой.

Помещения III группы характеризуются напряженными условиями зрительной работы. Солнцезащитные устройства должны отвечать не только теплотехническим, но и светотехническим требованиям. Существенное значение имеют такие показатели светового режима, как равномерность освещения, исключение слепящего действия прямых солнечных лучей.

В помещениях IV группы присутствие прямых солнечных лучей исключается по технологическим причинам. Сюда относятся выставочные залы, книгохранилища, архивы, операционные и ряд производственных помещений. Использование регулируемых СЗУ возможно в сочетании со стационарной солнцезащитой.

Об эффективности СЗУ судят по светотехническим, теплотехническим и аэрационным качествам.

При теплотехнической оценке эффективности солнцезащиты следует учитывать величину суммарной солнечной радиации, проходящей в помещение.

Оценка влияния СЗУ на аэрационный режим помещения производится на основе анализа полей скорости воздуха.

Функциональная эффективность регулируемых СЗУ определяется прежде всего видом материала, из которого выполнена экранирующая поверхность, и расположением последней относительно светопроема (снаружи, в межстекольном пространстве, внутри помещения). Конструктивное решение имеет уже второстепенное значение. В качестве материалов для экранирующих поверхностей используются металлы, дерево, пластмассы, асбоцемент, ткани и др.

В практике гражданского строительства все большее распространение получает система верхнего естественного освещения через зенитные фонари. Такой прием позволяет получать в помещении значительно более высокие уровни равномерного освещения, чем

Таблица 31

Область применения различных типов регулируемых солнцезащитных устройств

Группы помещений			Типы зданий	Наименование помещений	Типы регулируемых солнцезащитных устройств																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
шторы								ставни				шторы																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
жалюзи	ребра	ячейки			экраны	сплошные	перфорированные	решчатые	шторы-жалюзи	сплошные	планоочные	перфорир	рованные	межсте- кольные	внутрен- ние																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
I	Жилые дома, обще- жития: пансионаты Дома отдыха, сана- тории Гостиницы Больницы Детские сады, ясли	Жилые спальни комнаты, Спальни Номера Номера Спальни, игровые комнаты	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д*	д*	д*																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
															д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д	д

при боковых светопроемах. Однако в периоды инсоляции сквозные отверстия в кровле становятся источником значительных теплопоступлений и причиной зрительного дискомфорта, поэтому необходимо применение регулируемых СЗУ в конструкции зенитных фонарей. Используемые в зарубежной практике регулируемые СЗУ представляют собой подвижные жалюзи, размещаемые в подфонарном пространстве.

В ЦНИИпромзданий разработано несколько оригинальных светоаэрационных зенитных фонарей с регулируемыми СЗУ (а. с. №407019). Они обеспечивают солнцезащиту помещения с помощью объединенных между собой всеерных пространственных жалюзи, шарнирно закрепленных на опорном элементе. При открывании фонаря экранирующая поверхность, составленная из жалюзийных планок, разворачивается и исключает инсоляцию помещения через световые проемы. Угол открывания светопропускающего заполнения определяется географической широтой местности. При установке фонаря на покрытие ось шарнира экранирующей поверхности ориентируется в направлении восток-запад. Всеерные жалюзийные планки в закрытом положении фонаря расположены на наружных сторонах опорного элемента.

В ЦНИИЭП учебных зданий разработано несколько устройств для солнцезащиты помещений при использовании верхнего света. В авторском свидетельстве № 688581 описывается шторное устройство для зенитного фонаря.

W. Шарман (США) отмечает, что наиболее эффективным средством защиты от солнечной радиации являются вентилируемые окна с тройным остеклением и регулируемыми жалюзи, расположенными между двумя рядами остекления. При использовании таких окон в помещении необходимо поддерживать небольшое избыточное давление. Поток воздуха поступает в отверстие, расположенное в верхней части окна, и удаляется через отверстие в нижней части окна. При таком способе солнцезащиты в помещение проникает только 20% солнечной радиации. Потребление электроэнергии системами кондиционирования воздуха в этом случае снижается на 10—20%.

Интересный вид регулируемой солнцезащиты применен в высотном административном здании в Великобритании. Для этой цели здесь используются полупрозрачные экраны цвета бронзы. Экраны прикрепляются к балконным парапетам и имеют возможность опускаться вниз; одновременно они служат для защиты верхней трети окна нижележащего этажа. Летом при большом угле падения солнечных лучей экраны выполняют солнцезащитную функцию для светопроемов, расположенных под ними. Зимой, наоборот, солнечные лучи, имея малый угол падения,

беспрепятственно проходят в помещение. Такая конструкция солнцезащиты с балконами и опускающимися экранами создает в помещении более комфортабельные условия, уменьшает проникновение шума с улицы.

В зарубежной практике гражданского строительства широко используются жалюзи. Потребность в таких устройствах обусловила их широкий промышленный выпуск. Многие фирмы в различных странах производят десятки видов жалюзей, отвечающих как общим требованиям солнцезащиты, так и специальным требованиям заказчиков с учетом условий эксплуатации.

Известная фирма Naskman (Финляндия) производит алюминиевые оконные блоки, которые комплектуются солнцезащитными жалюзи Веросол или Солар Скрин. Жалюзи Веросол изготавливаются из прочного полиэфирного волокна, наружная поверхность которого покрывается тонким слоем алюминия. Матово-глянцевая поверхность хорошо отражает солнечные лучи и не препятствует видимости на улицу. Солар Скрин представляют собой жалюзи, изготовленные из металлизированной полиэфирной пленки. Как отмечается фирмой, жалюзи отвечают и функциональным и эстетическим требованиям. Они являются эффективной солнцезащитой и украшением интерьера.

В Японии выпускаются шторы для жилых помещений. Штора набирается из металлических пластин и предназначена главным образом для защиты помещений от ветра и дождя. Установка производится снаружи, перед проемом. Работает такая штора по принципу свертывающихся жалюзи. Автоматическое устройство приводит ее в движение с наступлением непогоды. Большое внимание уделено конструктивному исполнению шторы. Она легко приводится в действие, работа ее бесшумна. Штора не отвечает полностью требованиям солнцезащиты, так как исключает естественный свет, поэтому для данной цели может быть использована только в особых случаях.

Вертикальные жалюзи Autosolar (Япония) используются для экранирования широких проемов. Регулирование жалюзи осуществляется двумя электродвигателями: один из них — для открывания и закрывания штор, другой — для поворота перьев. Управление производится с выносного пульта.

Разработка, испытание и исследование эффективности солнцезащитных конструкций для гражданских зданий проводятся в ТашЗНИИЭП. Составленная институтом инструкция РСН-22-81 предназначена для проектирования солнцезащитных устройств зданий, расположенных в интервале 35° — 45° с. ш. Проектирование СЗУ включает решение следующих вопросов:

— определение требований к солнцезащитным устройствам в зависимости от назначения здания и эксплуатационного режима его основных помещений;

— обоснование необходимости применения солнцезащитных устройств для заданного объекта с учетом природно-климатических условий места строительства, ориентации светопроемов, характера застройки, этажности здания, озеленения территории;

— выбор принципиального типа солнцезащиты, отвечающего поставленным требованиям;

— определение размеров (геометрических параметров) затеняющих элементов;

— оценка условий естественной освещенности;

— проектирование солнцезащиты с учетом эстетических, эргономических и конструктивных требований.

Классификация солнцезащитных устройств. В зависимости от классификационного признака солнцезащитные устройства подразделяются:

— по назначению — на теплозащитные, светорегулирующие, теплосветорегулирующие;

— по местоположению относительно остекления — на наружные, внутренние, межстекольные;

— по степени подвижности затеняющей плоскости или ее элементов — на стационарные и регулируемые;

— по объемно-пространственной структуре — на горизонтальные, вертикальные, ячеистые, экранные;

— по структуре затеняющей плоскости — на сплошные, перфорированные, решетчатые, жалюзийные.

По степени подвижности затеняющей плоскости или ее элементов регулируемые солнцезащитные устройства можно подразделить следующим образом:

поворотные — устройства, затеняющие элементы которых занимают постоянное место перед светопроемом и регулируются вращением вокруг горизонтальной или вертикальной оси;

мобильные — устройства, затеняющие плоскости которых перемещаются относительно светопроемов, позволяя полностью затенить или освободить его от затенения.

По характеру перемещения затеняющей плоскости мобильные устройства подразделяются на сворачивающиеся, складывающиеся, сдвигающиеся, распашные, откидные, подъемно-опускные.

Существует несколько типов устройств: козырьки, многоступенчатые козырьки, жалюзи, ребра, ячейки, решетки, экраны, ставни, шторы, маркизы.

Основные характеристики солнцезащитных устройств и схемы их основных видов приведены в табл. 32. Классификация помещений по требованиям к солнцезащитным устройствам приведена в табл. 31.

Таблица 32

Основные виды солнцезащитных устройств, их характеристика
(по данным Г. О. Корбут)

Типы солнцезащитных устройств	Общая характеристика
1. Горизонтальные	
козырьки	Эффективная защита от высоких лучей солнца, обеспечение инсоляции помещений зимой. Оптимальное условие обзора внешней среды, проветривания помещений и околостеклянного пространства.
многоступенчатые козырьки	Эффективная защита от высоких лучей солнца, частично — от низких. Улучшение равномерности естественного освещения. Удовлетворительные условия обзора внешней среды, проветривания помещений и околостеклянного пространства.
жалюзи	Эффективная защита от высоких и низких лучей солнца. Улучшение равномерности естественного освещения. Удовлетворительные условия проветривания. Ухудшение инсоляции помещений зимой, обзора внешнего пространства.
2. Вертикальные	
ребра	Обеспечение защиты от косых низких лучей солнца. Круглогодичное исключение инсоляции помещений при СВ и СЗ ориентациях. Активное влияние на условия проветривания в зависимости от положения пластин и направления ветра.
3. Ячеистые	
ячейки	Обеспечение защиты от прямых высоких и косых низких лучей солнца при ЮВ и ЮЗ ориентациях. Улучшение равномерности естественного освещения при общем значительном снижении его уровня. Ухудшение условий зимней инсоляции и обзора внешней среды.
решетки	Эффективное затенение, проветривание, хорошая зрительная изоляция. Обзор внешнего пространства затруднен, инсоляция практически исключается.
4. Экранные	
экраны	Высокая теплозащитная эффективность. Ухудшение условий естественной освещенности, обзора внешней среды, проветривания. При применении теплозащитных стекол — повышение освещенности, улучшение обзора.
ставни	Эффективная теплозащита. Варьирование в широких пределах условий естественной освещенности, проветривания, зрительной связи с внешней средой в зависимости от структуры затеняющей плоскости и способы регулирования.
шторы	Варьирование в широких пределах теплозащитных, светотехнических, аэрационных качеств, обзора внешней среды, в зависимости от структуры затеняющей плоскости и положения относительно остекления.
маркизы	Эффективное затенение проемов. Равномерная освещенность помещений рассеянным светом. Ухудшение проветривания околостеклянного пространства и помещений.

Границы применения солнцезащитных устройств. По районам и ориентации в жилых, общественных и промышленных зданиях границы применения солнцезащитных устройств должны приниматься согласно требованиям соответствующих глав СНиП. Регулируемые устройства могут применяться при любой ориентации проемов, указанной в табл. 33. Целесообразные границы применения по ориентации стационарных типов солнцезащиты зависят от требований к солнцезащите разных групп помещений и времени их эксплуатации и определяются в соответствии с п. 5.5 РСН 22-81.

При проектировании солнцезащиты следует учитывать характер озеленения территории и этажность здания. В районах оазисов в одно- и двухэтажных зданиях, включающих помещения первой и второй групп, допускается обеспечивать солнцезащиту средствами озеленения. В многоэтажных зданиях, включающих помещения первой и второй групп и строящихся в оазисах, применение солнцезащиты обязательно для второго и вышележащих этажей. Солнцезащиту первого этажа допускается обеспечивать средствами озеленения при условии, что проектом предусматривается устройство пергол и трельяжей для вьющейся зелени. В районах пустынь солнцезащитными устройствами должны оборудоваться светопроемы зданий любой этажности. В общественных и промышленных зданиях, включающих помещения третьей и четвертой групп, солнцезащитными устройствами должны оборудоваться светопроемы всех этажей, за исключением проемов, затеняемых выступающими объемами зданий, балконами, галереями и т. п.

Таблица 33

Время и границы применения солнцезащиты по ориентациям
(по данным Г. О. Корбут)

Группы помещений	Время эксплуатации помещений, час	Климатические районы (рис. 1)	Границы применения солнцезащиты, град.
Первая и вторая	любое время	III—IV IIB	— в оазисах, предгорьях, речных, низменных и горных долинах 45—315° — в пустынях и полупустынях 0—360° 200—290°
Третья	0—24, 8—17 9—18, 10—19	любые районы	0—360° 25—335°
Четвертая	любое время	любые районы	0—360°

Примечание в таблице указаны наиболее характерные часы эксплуатации объекта. Время — гражданское.

Помещения учебных заведений, эксплуатируемые в первую половину дня (классы, аудитории, лаборатории и т. п.) при западной ориентации светопроемов оборудовать солнцезащитными устройствами не обязательно. В зданиях, оборудуемых индивидуальными кондиционерами или централизованными системами кондиционирования воздуха, применение солнцезащитных устройств является обязательным.

Теплозащитные требования. При выборе типов солнцезащитных устройств следует учитывать их теплотехническую эффективность, характеризуемую коэффициентом теплопропускания $K_{сз}$. Для зданий различного назначения $K_{сз}$ не должен быть более значений, приведенных в главе СНиП по строительной теплотехнике.

Расчет теплопоступлений через светопроемы с солнцезащитой должен выполняться в соответствии со СНиП по отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха, а также "Рекомендациями по расчету тепловых нагрузок на здания в Средней Азии" (Ташкент, 1970 г.) и "Рекомендациями по расчету теплопоступлений через светопроемы с солнцезащитой" (Ташкент, 1972 г.).

Для повышения теплозащитной эффективности солнцезащитных устройств необходимо:

- обеспечивать свободную циркуляцию воздуха перед остеклением светопроема, в связи с чем элементы из бетона (армоцемента) следует устанавливать на расстоянии 400—500 мм от плоскости остекления, а металлические — на расстоянии 100—200 мм;

- окраску поверхностей затеняющих элементов, которая характеризуется коэффициентом отражения солнечной радиации, производить в соответствии с рекомендациями, приведенными в РСН-22-81;

- в солнцезащитных конструкциях типа ставень или штор со сплошной структурой затеняющей плоскости предусматривать вентиляционные щели шириной 50—100 мм, способствующие движению воздуха между солнцезащитой и остеклением, либо перфорацию всей поверхности СЗУ. Щели целесообразно располагать в верхней и нижней зонах затеняющей плоскости. Допускается также уменьшение размеров затеняющей плоскости, с тем чтобы по контуру светопроема (или по бокам его) оставались вентиляционные проемы.

В районах со значительной запыленностью воздуха и средними скоростями ветра свыше 3 м/с, а также в зданиях, расположенных вблизи источников шума (магистралей, аэропортов и т. п.), допускается применение конструкций со сплошной структурой затеняющей плоскости, плотно примыкающей к граням светопроема (сплошные ставни, шторы).

В зданиях с односменной эксплуатацией допускается применение солнцезащиты из дерева, пластмассы, металла, асбоцемента, бетона.

Элементы из металла и асбоцемента целесообразно выполнять двухслойными (полами) с вентилируемой воздушной прослойкой.

В помещениях западной ориентации, эксплуатируемых в вечерние часы, в особенности таких, где человек находится в непосредственной близости от светопроема (летние помещения жилых домов, санаториев, больниц и т. п.), не допускается применение стационарных СЗУ из бетона.

Аэрационные и природно-климатические требования к СЗУ. Проектирование солнцезащитных устройств должно осуществляться с учетом их влияния на проветривание помещений.

В районах с преобладающими слабыми ветрами (средняя скорость ветра в июле менее 1,5 м/с) предпочтительно применение регулируемых устройств. Из стационарных же устройств рекомендуются СЗУ, которые не преграждают пути воздушным потокам к оконным проемам (козырьки, многоступенчатые козырьки, жалюзи и т. п.). Направление вертикальных элементов следует совмещать с преобладающим направлением слабых ветров. Отклонение этих направлений не должно превышать 45°. При этом положение затеняющих элементов должно быть согласовано с условиями затенения.

В районах с преобладающими сильными ветрами (средняя скорость ветра в июле от 1,5 до 3,0 м/с) следует применять устройства, затеняющие элементы которых "разбивают" ветровой поток (ребра, экраны, решетки). Вертикальные элементы рекомендуется устанавливать по нормали к преобладающему направлению сильных ветров. Отклонения этих направлений не должны превышать 45° (с учетом условий затенения).

В районах с частыми разрушительными ветрами (скорость выше 20 м/с) следует применять преимущественно стационарные СЗУ. Из регулируемых СЗУ допускается применение конструкций с жесткими затеняющими элементами, надежно фиксируемыми в любом требуемом положении (поворотные жалюзи, ребра, раздвижные и складывающиеся ставни и т. п.). Не допускается применение мобильных устройств со свободно подвешенными и гибкими затеняющими плоскостями (распашные ставни, шторы, шторы-жалюзи, маркизы и т. п.).

В районах со значительной запыленностью воздуха и повышенными скоростями ветра (средняя скорость 3 м/с) следует применять мобильные устройства со сплошной пыленепроницаемой структурой затеняющей плоскости, плотно примыкающей к откосам светопроема по всему периметру последнего (сплошные ставни, шторы). Регулирование положения солнцезащиты должно осуществляться изнутри помещения без раскрытия створок окна. Отверстия и щели для пропуска элементов солнцезащиты (шнуров и рычагов управления,

затеняющей плоскости штор и т. п.) внутрь помещения должны защищаться противопопылевыми щетками из ворсистых материалов.

В районах с повышенной влажностью и частыми косыми дождями следует применять конструкции типа жалюзи, не препятствующие проветриванию и предохраняющие помещение от дождя.

Формы и расположение экранирующих элементов солнцезащитных устройств, а также фактура поверхности не должны способствовать скапливанию пыли, снега, влаги.

Архитектурно-строительные требования. Солнцезащитные устройства следует проектировать с учетом тиражности объекта. В зданиях массового типа должны применяться регулируемые устройства. Для стационарных конструкций, предназначенных для массовой застройки, следует применять унифицированные элементы промышленного изготовления. Для уникальных объектов допускается применение регулируемых устройств и стационарных конструкций индивидуального изготовления. При разработке номенклатуры унифицированных элементов стационарной солнцезащиты для массового строительства в нее должны включаться элементы, допускающие широкое варьирование архитектурных форм путем различной компоновки самих элементов и их сочетаний с другими элементами.

Солнцезащитные конструкции в целом, размеры и формы их элементов должны давать правильное представление о масштабе здания и его назначении. Затеняющие элементы и конструктивные детали крепления должны гармонично согласовываться между собой по материалу, цвету и фактуре поверхности.

Для повышения разнообразия решений как самих затеняющих конструкций, так и архитектурно-художественного облика зданий в целом целесообразно расширение палитры материалов для изготовления солнцезащитных устройств. Для стационарных конструкций допускается применение плоских и волнистых листов асбошифера, алюминия, экструзионного асбоцемента, асбоцементных нарезных труб, пластмассовых планок Ташкентского завода солнцезащитных устройств, теплозащитных стекол Ашгабатского стекольного завода, дерева, бетона и т. п.; для регулируемых устройств — металла, пластмассы, дерева, полиэтилентерефталатной пленки, металлизированных тканей, тканей с водоотталкивающей пропиткой.

Цвет наружных поверхностей СЗУ должен быть выбран с учетом архитектуры фасада. При плоскостном решении фасада могут быть допущены яркие насыщенные цвета, при объемном — нюансные. Внутренние поверхности СЗУ следует окрашивать в светлые, преимущественно холодные тона. При выборе решения следует руководствоваться "Указаниями по проектированию цветной отделки" СН-181-70 (М., 1971).

Видимость из помещения мелких конструктивных деталей и узлов регулирования (ручки, крепеж, приводы и пр.) должна быть сведена к минимуму. Желательно их размещение под подоконником или в непосредственной близости от контура окна, чтобы они могли быть скрыты занавесями.

Крупные конструктивные детали мобильных СЗУ (барабаны, коробки, защитные кожухи и пр.) необходимо размещать в пределах (в толще) наружного ограждения. Вынужденные выступы должны быть архитектурно оформлены. Выступы внутрь помещения не должны мешать подвешиванию занавесей.

Наружные стены. Через наружные стены крупнопанельных зданий теряется до 40—45% всего количества тепла и значительная часть его поступает в помещение в летний период. Расход энергии в отапливаемых и охлаждаемых гражданских зданиях прежде всего зависит от теплотехнических качеств наружных ограждений. Однако увеличение толщины стен связано с необходимостью роста объема производства бетона и утеплителей и, следовательно, с дополнительными энергозатратами для их изготовления и финансовыми расходами.

Таким образом, основное противоречие проблемы состоит в необходимости снижения как начальных затрат на ограждающую конструкцию, так и затрат на отопление и охлаждение зданий. Решение проблемы — в нахождении компромиса. Поэтому выбор оптимальной толщины теплоизолирующего слоя приобретает актуальное значение.

При проектировании стен общественных зданий (по сравнению с жилыми зданиями) возникает дополнительная проблема, связанная с большим разнообразием санитарно-гигиенических требований к этим зданиям. Так, расчетная температура внутреннего воздуха в жилых зданиях 18°C, в то время как для общественных зданий она может меняться, например, от 12°C для торговых залов продовольственных магазинов до 25°C в отдельных комнатах садов.

В связи с большим разнообразием микроклимата в общественных зданиях и ограниченными возможностями базы строительной индустрии, выпускающей в отдельном регионе стеновые панели одной, максимум двух толщин, возникает необходимость выбора рациональной толщины стен в пределах данного региона, которая обеспечивала бы минимальные приведенные затраты.

В последние десятилетия на смену традиционным строительным материалам — камню, кирпичу, дереву пришли новые материалы, такие как минеральная вата и вспученные пластмассы, теплоизоляционные качества которых в 5—50 раз выше. Эти материалы, например, в Норвегии стали применяться еще в 1950—1960 гг., в

то время как в других странах — только в 1973—1977 гг. в связи с необходимостью экономии энергии.

Современные материалы конструкций наружных стен обеспечивают возможность значительного повышения тепловой защиты зданий и в результате этого сокращения удельных расходов топливно-энергетических ресурсов на их отопление в процессе эксплуатации в сравнении с традиционными строительными материалами (например, из кирпича).

В соответствии с современными требованиями новые нормы на наружные стены объектов массового строительства переработаны с целью повышения их сопротивления теплопередаче. Этот показатель должен соответствовать экономически целесообразному значению, определяемому с учетом стоимости утеплителя и энергии, затрачиваемой на отопление зданий.

Строительные нормы многих стран предусматривают очень высокие требования к теплоизоляции зданий. Несмотря на это, в результате значительного увеличения цен на топливо в последние годы в практике строительства наблюдается тенденция к еще большему повышению теплоизоляции зданий. Нормируемый уровень теплозащиты зданий у нас ниже, чем в большинстве промышленно развитых западных стран. Поэтому были внесены необходимые изменения в строительные и технологические нормы и правила по проектированию и строительству зданий, сооружений с целью обеспечения повышения уровня их тепловой защиты и экономного использования тепловой энергии и топлива, а в 1979—1981 гг. в проекты жилых, общественных и производственных зданий, а также в типовые серии ограждающих конструкций зданий внесены уточнения, вытекающие из указанных норм и правил [16].

С 1979 г. осуществляется перевод домостроительных предприятий, заводов железобетонных изделий и деревообрабатывающих комбинатов на выпуск конструкций жилых, общественных и производственных зданий по откорректированным проектам и типовым сериям; а при капитальном и текущем ремонте зданий осуществляются мероприятия, обеспечивающие их требуемую тепловую защиту.

Поскольку о зданиях общественного назначения сведений мало, а ряд вопросов теплоизоляции стен является общим как для общественных, так и для любых других отапливаемых зданий, в настоящем пособии используются сведения и о жилых зданиях.

Кроме рассматриваемых в пособии вопросов совершенствования конструкций стен, улучшения качества материалов, снижения энергоемкости и повышения тепловой эффективности стен, сокращения площади оконных проемов, использования тепла солнечной радиации существуют и другие направления экономии энергии в обществен-

ных, а также в других отапливаемых зданиях. К ним относятся: теплоизоляция стыковых стен, разработка новых конструкций окон, обладающих повышенными теплозащитными показателями, использование дополнительной теплоизоляции и ряд других, которые в данном пособии не рассматриваются.

В настоящее время основной удельный вес в производстве стен в странах СНГ составляют однослойные конструкции. Так, в полносборном домостроении на них приходится 78%, из них 65% — керамзитобетонные стены [17].

подавляющее большинство однослойных панелей выпускается плотностью, превышающей 1000 кг/м^3 (в основном $1100\text{—}1200 \text{ кг/м}^3$), а иногда достигающей 1500 кг/м^3 .

Большинство предприятий крупнопанельного домостроения в нашей республике выпускают керамзитобетонные панели толщиной 30 и 40 см (г. Нукус) объемной массой $1200\text{—}1400 \text{ кг/м}^3$, которые не обеспечивают требуемого уровня теплозащиты по экономически целесообразному сопротивлению теплопередаче во многих районах строительства. Отдельные домостроительные комбинаты перешли на выпуск трехслойных наружных стеновых панелей (гг. Андижан, Фергана).

Следующей по массивности применения группой однослойных панелей являются панели из ячеистого бетона — около 10%. Однако плотность ячеистого бетона велика и составляет в основном $700\text{—}800 \text{ кг/м}^3$.

В ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий и туристских комплексов разработаны типовые несущие однослойные панели наружных стен однорядной разрезки для крупнопанельных общественных зданий. Панели выполняются из легкого бетона марки М75 плотностью $900\text{—}1000 \text{ кг/м}^3$, толщиной 350 и 400 мм.

Для навесных и самонесущих стен полосовой разрезки каркасных зданий различного назначения этим же институтом разработаны однослойные панели толщиной 200, 250, 300, 400 мм из следующих материалов:

- легких бетонов на пористых заполнителях (керамзитобетон, перлитобетон, аглопоритобетон) плотностью в сухом состоянии $900\text{—}1200 \text{ кг/м}^3$;

- автоклавных ячеистых бетонов средней плотностью в сухом состоянии $700\text{—}800 \text{ кг/м}^3$.

Панели из легких бетонов изготавливаются с выполненными в заводских условиях наружными и внутренними защитно-декоративными слоями и покрытиями, панели из ячеистых бетонов — только с наружной защитой.

Среди трехслойных стен (составляющих, например, в полносборном домостроении СНГ 20%) основным конструктивным решением

являются панели с жесткими связями с различными вариантами утеплителей. Более половины из них составляют полужесткие минераловатные плиты.

В ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий и туристских комплексов разработаны чертежи трехслойных панелей наружных стен с жесткими связями для применения в г. Твери. В 1983 г. для крупнопанельных зданий разработаны типовые рабочие чертежи панелей наружных стен с жесткими связями толщиной 250, 300, 350 и 400 мм из керамзитобетона М100, М150 плотностью 1200, 1400, 1600 и 1800 кг/м³ и различных видов утеплителей. Панели можно изготавливать в опалубке для однослойных панелей.

Недостатками панелей с жесткими связями являются мостики холода и деформация, возникающая из-за незначительных температурных деформаций наружного железобетонного слоя.

Часто применяемые за рубежом для общественных зданий трехслойные стеновые панели типа "сэндвич" с металлическими обшивками и слоем утеплителя между ними у нас не получили распространения и потому в настоящей работе не рассматриваются.

Трехслойные панели с гибкими связями состоят из двух железобетонных (тяжелый или легкий бетон) слоев и слоя эффективного утеплителя между ними.

Соединение железобетонных слоев отдельными стальными стержнями позволяет исключить мостики холода, обеспечить независимое температурное перемещение слоев и улучшить работу стыков панелей.

Толщина утеплителя в трехслойных панелях, отвечающая наименьшим приведенным затратам, в большинстве случаев превышает требуемую по санитарно-гигиеническим соображениям. Поэтому панели с экономически обоснованной толщиной обеспечивают более высокий уровень теплового комфорта $\Delta t < \Delta t^H$ и дают значительную экономию энергозатрат при эксплуатации здания.

Трехслойные панели с гибкими связями разработаны рядом институтов для зданий различного назначения: жилых, общественных (каркасных и крупнопанельных). Большая работа выполнена по исследованию и технико-экономической оценке эффективности трехслойных панелей.

Применительно к общественным зданиям расчеты показали, что экономия топлива при замене однослойных керамзитобетонных панелей наружных стен трехслойными достигает 40%.

Все это определяет актуальность разработки оптимальной конструкции и внедрение трехслойных панелей наружных стен для общественных зданий.

Номенклатура и номинальные размеры этих панелей аналогичны однослойным панелям. Железобетонные слои (наружной толщиной

80 мм, внутренней — 120 мм) предусмотрены из бетона М300, тяжелого или конструкционного легкого, общая толщина панели 300 и 350 мм. Толщина утеплителя в панелях принята с учетом повышающих коэффициентов.

Самонесущие трехслойные панели типа "бублик" 3×3,3 и 6×3,3 м на гибких связях предназначены для каркасных зданий. Толщина панелей 22 см, внутренний несущий слой 10 см и наружный защитный слой 5 см из тяжелого армированного бетона. Гибкие связи выполнены в виде шпилек и каркасов из стали класса А-II, защищенных антикоррозионным покрытием. Между слоями бетона размещен утеплитель толщиной 7 см из пенополистирола ПСБ-С плотностью 30 кг/м³.

В результате проводимой в последние годы корректировки проектов с целью повышения уровня тепловой защиты зданий в соответствии с требованиями методических указаний по корректировке типовых проектов жилых домов и блок-секций, разработанных ЦНИИЭПжилища, введены в обязательном порядке варианты трехслойных панелей с гибкими и жесткими связями, а в ряде случаев была увеличена толщина легкобетонных однослойных панелей (рис. 36, 37, 38).

Перечисленные мероприятия связаны с дополнительными расходами металла на трехслойные панели по сравнению с однослойными (на связи) и расходом металла, вызванным увеличением толщины однослойных панелей. Так, дополнительный расход стали на трехслойные панели по сравнению с однослойными в расчете на 1 м² общей площади составляет: 1 кг натуральной и 1,3 кг приведенной стали [18].

В странах СНГ разработаны трехслойные навесные и самонесущие полосовые панели наружных стен из тяжелого бетона М300 на гибких связях с эффективным утеплителем для каркасных многоэтажных общественных и производственных зданий. Толщина наружного слоя панели 60, внутреннего — 80 мм. Железобетонные слои армируются плоскими сварными сетками. Толщина утеплителя 110 и 160 мм для панелей толщиной 250 и 300 мм соответственно. Панели запроектированы с утеплителем из жестких и полужестких минераловатных плит М150 на синтетическом связующем. В качестве эффективного утеплителя при производстве таких трехслойных панелей возможно также применение следующих материалов: плит фибролитовых на портландцементе; утеплителей из стеклянного штапельного волокна; плит из полистирольного пенопласта.

В зарубежной практике также существуют аналогичные трехслойные панели с гибкими связями. Так, фирма Bires (Франция) выпускает стеновые панели "SP-2" высотой на этаж. Каждый железобетонный слой армирован сварной сеткой. Толщина наружного слоя 7 или 10 см, внутреннего — 14 см для несущих панелей и 10 — для несущих. Теплоизоляционный слой из пенополистирола или пено-

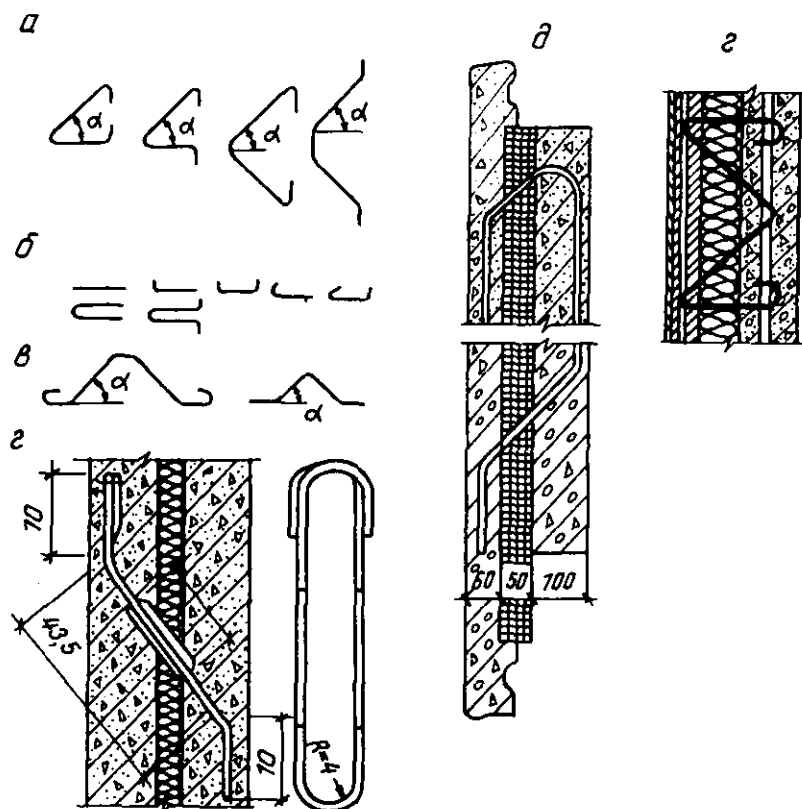


Рис. 36. Виты гибких связей: а — подвески; б — распорки; в — подкосы; г — кольцевая связь (Франция); д — двухветьевая связь (Германия); е — М-образная связь (Болгария).

полиуретана толщиной 3—8 см. Максимальная длина панелей 6 м. При утеплителе из пенополистирола сопротивление теплопередаче глухой панели $1,82 \text{ м}^2\text{С/Вт}$, панели с оконным проемом $1,67 \text{ м}^2\text{С/Вт}$. При толщине наружного слоя 10 см масса 1 м^2 несущей панели 500 кг, несущей — 600 кг.

Латгипрогорстроем [19] предложены трехслойные панели наружных стен с наружными и внутренними слоями из тяжелого бетона и средним теплоизоляционным слоем из "перконсита" (утеплитель на основе перлита). Железобетонные слои соединены при помощи стержневых связей на резьбе. Там же разработаны трехслойные панели, формируемые в один цикл, со штампованными связями на клиньях.

Латгипрогорстроем также предложен вариант несущей однослойной панели из керамзитобетона с теплоизоляционными вкладышами из "перконсита" (до 50% по площади панели) для жилых домов.

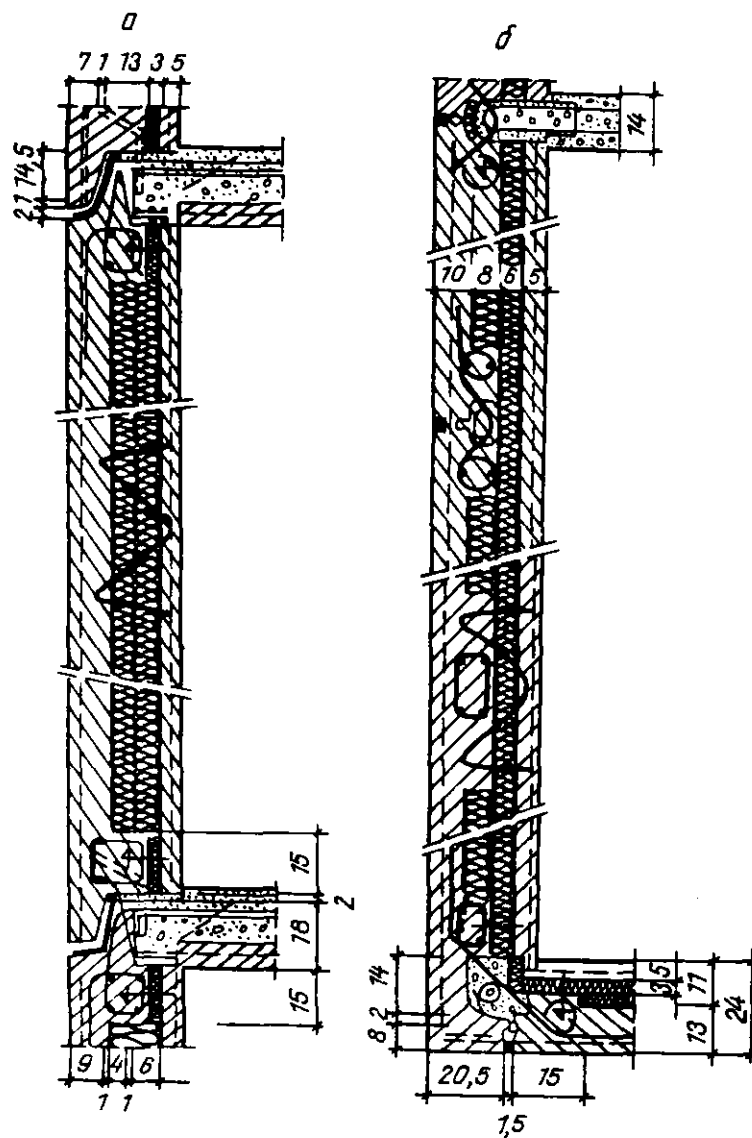


Рис. 37. Трехслойные железобетонные панели с утеплителем из пенополистирола с М-образными связями (Великобритания): а — вертикальный разрез стены; б — горизонтальный разрез стены.

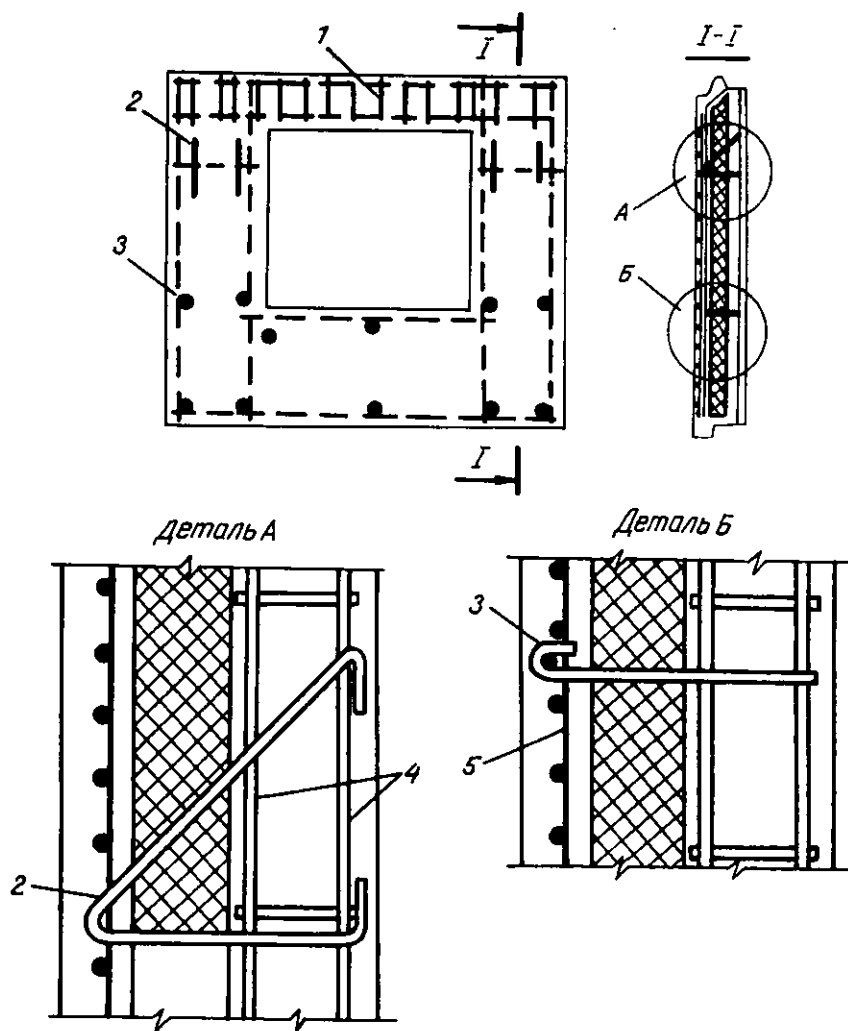


Рис. 38. Трехслойная железобетонная панель с утеплителем из пенополистирола на гибких связях (СНГ): 1—каркас перемычки; 2—подвеска; 3—распорка; 4—каркас внутреннего железобетонного слоя; 5—арматурная сетка наружного железобетонного слоя.

При увеличении количества "перконсита" до 70% по площади панели последняя превращается в трехслойную с жесткими ребрами. Марка керамзитобетона в таких панелях принимается не ниже 150.

Основным материалом для однослойных стеновых панелей является, как указывалось выше, легкий бетон. По данным М. З. Симонова и И. Е. Путляева [20], его выпуск в СССР в 1982 г. составил 10% всего объема применяемого бетона. В жилищно-гражданском строительстве применяется 80% легкого бетона, в промышленном — 15%, в сельскохозяйственном — 5%.

Основными критериями качества и преимуществами легкого бетона являются пониженные теплопроводность и плотность в сочетании с конструкционными свойствами.

В настоящее время средняя плотность легких бетонов для однослойных ограждающих конструкций составляет 1200 кг/м^3 , но достигает даже $1400\text{--}1500 \text{ кг/м}^3$. Коэффициент теплопроводности около $0,45 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Для несущих конструкций средняя плотность бетона в сухом состоянии превышает 1600 кг/м^3 . Это обусловлено рядом причин, к числу которых в первую очередь относится производство керамзита плотностью в основном 500 и 600 кг/м^3 и отсутствие в необходимых объемах легкого заполнителя мелких фракций. Такие показатели не отвечают требованиям не только перспективного, но и современного строительства.

Отпускная влажность бетона в наружных стенах не всегда соответствует требованиям СНиП и колеблется в пределах 18—25%. Такие панели наружных стен имеют низкие теплозащитные свойства и в первые годы эксплуатации в холодное время промерзают. Правда, с течением времени влажность бетона в конструкциях стен уменьшается, и потому этот недостаток не столь существенно влияет на снижение теплозащитных качеств стен, как высокая плотность легкого бетона.

Повышение качества легких бетонов позволит снизить плотность конструктивно-теплоизоляционного бетона до 700 кг/м^3 при прочности до 10 МПа, а конструкционного — до 1300 кг/м^3 при прочности до 30 МПа. Возможно создание высокопрочного легкого бетона плотностью 1700 кг/м^3 при прочности до 60 МПа.

Совершенствование строительства из легких бетонов связано прежде всего с разработкой крупноразмерных стеновых панелей повышенной заводской готовности со встроенными окнами. В настоящее время для многоэтажных общественных зданий созданы крупноразмерные панели, длина которых равна шагу колонн, а высота — этажу.

Использование легкого бетона позволило снизить массу конструкций на 35%, расход стали — на 10%, трудозатраты — на 20%.

В Скандинавских странах основным теплоизоляционным материалом является стекловата. Производство ее в этих странах составляет 60% всего производства теплоизоляционных материалов, а в США — около 95%. По данным финских специалистов, выпускаемая в Финляндии стекловата имеет коэффициент теплопроводности от 0,032 до 0,36 Вт/м °С. В Финляндии, в частности, 75% применяемых в строительстве теплоизоляционных материалов — полиуретановые пенопласты и вспученные керамические материалы. В Германии было широко развито производство силикатного кирпича, пустотных блоков и обычного кирпича. В связи с резким сокращением импорта нефти с начала 1982 г. произошло уменьшение применения таких эффективных утеплителей на основе полимеров, как пенополиуретан, пенополистирол. В строительстве их применение практически прекратилось [21].

В качестве эффективных утеплителей в трехслойных панелях применяются теплоизоляционные материалы с объемной массой 40—200 кг/м³ и малым коэффициентом теплопроводности, не более 0,07 Вт/м °С. Это пенопласты ППУ, ПХВ (полиуретановый, полихлорвиниловый), ПСБ-С (пенополистирольный), ФРП-1 (фенольно-резольный), минераловатные плиты. Из них наиболее распространены последние три.

Наилучшими теплоизоляционными качествами отличаются утеплители из пенопластов, однако это стареющий материал и достаточно дорогой. Преимуществом минераловатных плит по сравнению с другими видами утеплителей является их повышенная огнестойкость. Кроме того, для производства, как правило, используется местное сырье и отходы промышленного производства и меньшее количество синтетических смол, для которых необходимы значительные капитальные вложения.

Тепловая и энергетическая эффективность конструкций наружных стен. Решению проблемы оптимизации приведенных затрат с помощью комплексной оценки тепловой эффективности наружных стен посвящена работа Ф. В. Ушкова, Н. Н. Цаплева [22]. В ней предлагается метод, учитывающий не только эксплуатационные затраты тепла на отопление, но и энергоемкость производства материалов конструкции, а также расход тепла на ее изготовление. Тепловая эффективность, учитывающая суммарные затраты тепла, оценивается по формуле

$$Q_c = 0,08 Q_m + Q_o,$$

где Q_c — суммарные годовые затраты тепла;

Q_m — затраты тепла на изготовление материалов и конструкций;

Q_o — расход тепла при эксплуатации за отопительный период;

0,08 — коэффициент приведения разновременных затрат тепла.

Исходя из этого условия был проведен анализ тепловой эффективности однослойных и трехслойных стеновых конструкций. Характеристика исследуемых однослойных конструкций и технические показатели их тепловой эффективности приведены в табл. 34, трехслойных — в табл. 35.

Анализ расчета показателей эффективности указанных конструкций по вышеприведенной формуле позволил выявить относительную их эффективность в принятом диапазоне толщин панелей и установить зависимость между сопротивлением теплопередаче конструкции R_{0P} и суммарным расходом тепла Q_c . Как видно из табл. 34, увеличение R_{0P} , достигаемое путем утолщения стен, приводит к незначительному снижению суммарного расхода тепла. Это объясняется тем, что наряду с экономией тепла, получаемой при эксплуатации в связи с увеличением R_{0P} , одновременно с утолщением стен возрастает расход тепла на изготовление материалов и производство конструкций.

Сравнительный анализ тепловой эффективности различных однослойных конструкций, применяемых в практике строительства, показал, что менее эффективными из них являются панели из керамзитобетона. При практически одинаковом R_{0P} расход тепла больше на 13%, чем у домов с кирпичными стенами, и на 16%, чем у домов со стенами из ячеистого бетона. Этот недостаток объясняется повышенной энергоемкостью производства керамзитового гравия.

Тепловая эффективность трехслойных панелей с гибкими связями значительно выше, чем однослойных. Так, при использовании трехслойных керамзитобетонных панелей вместо однослойных из того же бетона при утеплителе из полистирольных плит толщиной 5, 10, 15 см суммарный расход тепла в зависимости от толщины утеплителя и объемной массы керамзитобетона снижается в среднем на 35—50%, а при утеплителе из минераловатных плит — в среднем на 40%.

Проведенный анализ тепловой эффективности различных конструкций показал, что утолщение однослойных наружных стен нецелесообразно. Так, утолщение стен из керамзитобетона с 300 до 400 мм, связанное со значительным увеличением объема бетона, уменьшает суммарный расход тепла всего на 6—10%. Такое резкое увеличение толщины панелей неизбежно приводит к необходимости расширения производственной базы сборного керамзитобетона, что экономически нерационально.

В то же время переход от однослойных керамзитобетонных конструкций наружных стен к трехслойным из тяжелого или

керамзитового бетона позволяет снизить суммарные расходы тепла в 2 раза и одновременно уменьшить расход бетона на 25—30%.

Таблица 34

Расход тепла однослойными наружными стенами зданий

Конструкция наружной стены	$R_{\text{пр}}$	Толщина, мм	Плотность бетона, кг/м ³	Годовой расход тепла на 1 м ² , МДж		
				0,08 $Q_{\text{м}}$	$Q_{\text{о}}$	$Q_{\text{с}}$
Кирпичные стены из пустотелого кирпича	1,1	510	1700	118	606	724
	1,3	640	1700	150	512	662
	1,58	770	1700	185	416	601
Однослойные керамзитобетонные панели на пористом песке	1,06	300	900	179	630	809
	1,19	350	900	206	575	781
	1,35	400	900	238	494	732
	1,02	300	1100	179	653	832
	1,08	400	1100	206	618	824
	1,2	450	1100	238	556	794
Однослойные панели из ячеистого бетона	0,9	300	900	99	742	841
	1,02	350	900	116	654	770
	1,15	400	900	132	580	712

При оценке конструктивных решений и выборе энергосберегающей технологии Е. М. Альтшуллером [23] предлагается применять такой показатель, как удельная энергоемкость. Он характеризует энергетические затраты на единицу продукции строительного производства.

Удельная энергоемкость (в единицах условного топлива) характеризует расход всех видов ресурсов на изготовление, транспортирование и монтаж конструкций и используемых для этой цели материалов (раствор, герметик и т. д.), включая затраты топливно-энергетических ресурсов на интенсификацию твердения и обогрев конструкций, сушку здания, а также добычу или производство исходных материалов (песка, глины, щебня, цемента, металла, топлива), включая полные затраты энергоресурсов на их транспортирование на завод-изготовитель конструкций.

Показатель удельной энергоемкости отражает энергетическую эффективность сравниваемых вариантов и может быть использован при оценке и выборе не только конструктивно-технологического решения конструкций, но и зданий в целом и их этажности.

Таблица 35

Расход тепла многослойными наружными стенами зданий

Утеплитель наруж- ной стены	$R_{\text{пр}}$	Толщина, мм		Плотность, кг/м ³		Годовой расход тепла на 1 м ² , МДж		
		общая	утепли- теля	бетона	утепли- теля	0,08 Q_m	Q_0	Q_c
Трехслойные панели с гибкими связями из керамзитобетона на пористом песке								
Особо жест- кие ми- нерало- ватные плиты ($\gamma=200$ кг/м ³)	1,46	250	50	900	200	150	437	587
	2,08	300	100	900	200	181	315	496
	2,89	350	150	900	200	215	231	447
	1,37	250	50	1100	200	167	469	633
	1,97	300	100	1100	200	189	333	522
	2,72	350	150	1100	200	207	241	448
Поли- стироль- ные плиты ($\gamma=100$ кг/м ³)	1,93	250	50	900	100	134	335	469
	2,74	300	100	900	100	149	239	388
	3,05	350	150	900	100	164	164	328
	1,72	250	50	1100	100	160	376	536
	2,69	300	100	1100	100	175	244	419
	3,76	350	150	1100	100	190	177	367
Трехслойные панели с гибкими связями из тяжелого бетона								
Особо жест- кие ми- нерало- ватные плиты ($\gamma=200$ кг/м ³)	1	250	50	2400	200	146	654	800
	1,64	300	100	2400	200	150	399	549
	2,33	350	150	2400	200	154	286	440
Поли- стироль- ные плиты ($\gamma=100$ кг/м ³)	1,3	250	50	2400	100	130	502	632
	2,31	300	100	2400	100	121	290	411
	3,27	350	150	2400	100	109	204	313

Пользуясь показателем удельной энергоемкости, в ЦНИИЭП жилища было установлено, что в жилищно-гражданском строительстве комплексное применение бетонов на пористых заполнителях целесообразно лишь в районах, где полностью отсутствуют плотные заполнители либо имеются промышленные отходы в объемах, экономически целесообразных для организации их переработки на пористые заполнители. Применение легких бетонов целесообразно также в сейсмоактивных районах СНГ, где снижение массы здания

позволяет уменьшить сейсмические нагрузки и получить экономию арматурной стали. Реализовать эти преимущества можно лишь при резком увеличении этажности, поскольку применение бетонов на пористых заполнителях для зданий до девяти этажей включительно не даст экономических преимуществ (в районах с сейсмичностью 7 и 8 баллов).

В показатель удельной энергоемкости необходимо включать также энергию, расходуемую на компенсацию теплопотерь через ограждающие конструкции за весь срок эксплуатации объекта.

Для выявления сравнительной энергетической эффективности решений наружных стен, применяемых в строительной практике, в ЦНИИЭПжилища были выполнены расчеты по определению их удельной энергоемкости. Показатели энергоемкости конструкций наружных стен (на 1 м^2 за вычетом проемов) приведены в табл. 36.

Как видно из табл. 36, наиболее энергоемкими являются наружные стены из керамзитобетона. Снижение объемной массы конструкций на пористых заполнителях обеспечивает частичное уменьшение их энергоемкости, однако она остается достаточно высокой.

Учитывая требования СНиП II-3-79** по повышению тепловой эффективности стеновых конструкций из керамзитобетона, необходимо повсеместно организовать производство фракционированного керамзитового гравия насыпной плотностью 400 кг/м^3 и пористого песка, а также и другие мероприятия.

Наименее энергоемкими из однослойных стеновых панелей являются в настоящее время газобетонные поясной разрезки. К сожалению, широкое внедрение таких панелей сдерживается недостаточными объемами их производства и низкой культурой эксплуатации.

Существенно улучшить энергетическую характеристику стеновых панелей позволяет применение многослойных конструкций. Предпочтение следует отдать трехслойным панелям с гибкими связями и теплоизоляционным слоем из полистирольного пенопласта.

Однако незначительные объемы производства эффективных теплоизоляционных материалов сдерживают применение этих панелей. Энергозатраты таких конструкций на производство и монтаж по сравнению с однослойными плотностью 1200 кг/м^3 сокращаются почти в 2 раза (табл. 36). Суммарные энергозатраты, включающие расход топлива на компенсацию теплопотерь через стены за срок экономически целесообразной эксплуатации здания в расчете на 1 м^2 стены, снижаются на 1000 кг у. т., или более чем в 2 раза.

Таблица 36

Энергоемкость наружных стен зданий

Конструктивное решение стен	Энергоемкость, кг у. т.		
	производства и возведения конструкций	компенсации теплопотерь через стену за срок службы объекта	суммарная
Из глиняного кирпича толщиной 64 см, $R_0^{np} = 1,3$.	116	1376	1492
Однослойные керамзитобетонные $\gamma = 1200 \text{ кг/м}^3$ толщиной 40 см, $R_0^{np} = 1,018$.	100	1757	1857
То же, $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$ толщиной 40 см, $R_0^{np} = 1,26$.	101	1419	1520
Однослойные газобетонные $\gamma = 600 \text{ кг/м}^3$ толщиной 28 см, $R_0^{np} = 1,383$.	55	1293	1348
Трехслойные на гибких связях толщиной 32,5 с теплоизоляционным слоем из ячеистого бетона толщиной 13,5 см, $R_0^{np} = 1,146$.	75	1495	1570
То же, толщиной 30 см с теплоизоляционным слоем минераловатных плит на синтетическом связующем толщиной 14 см, $R_0^{np} = 1,499$.	63	1193	1256
То же, толщиной 30 см с теплоизоляционным слоем из полистирольного пенопласта, толщиной 11 см, $R_0^{np} = 2,242$.	56	798	854
Асбестоцементная толщиной 16,4 см, на деревянном каркасе с теплоизоляционным слоем из минераловатных плит на синтетическом связующем толщиной 10 см, $R_0^{np} = 2,004$.	40	892	932

Анализ энергоемкости конструкций наружных стен свидетельствует о том, что ориентация на дальнейшее расширение применения бетонов на пористых заполнителях потребует по сравнению с многослойными панелями существенных дополнительных затрат энергоресурсов. В расчете на 1 млн. м² вводимой в эксплуатацию площади дополнительные затраты топлива с учетом сроков функционирования зданий составят 550—600 тыс. т. у. т.

ЦНИИЭПжилища при участии НИИЖБ, НИИСФ, НИИЭС и ЦНИИпромзданий проводили сравнения технико-экономических по-

Таблица 37

Технико-экономические показатели стен с приведенным сопротивлением теплопередаче

Показатели	Однослойные		Трехслойные с гибкими связями				Кирпичные	
	керамзитобетон плотный на керам- зите		из тяжелого бетона		из легкого бетона		сплошной	эффек- тивный
	M400	M500	пенопо- листирол	минвата жесткая	пенопо- листирол	минвата жесткая		
Толщина стен, см	30 35	35 40	30 30	30 35	30 30	30 35	64 64	51 51
Плотность, кг/м ³	900	1000	—	—	—	—	1800	1400
Приведенные затраты, руб/м ²	40,8 40,7	41,8 41,9	34,1 40,7	37,3 41,9	34,3 34,1	36,7 34,6	50,9 50,9	45,7 45,7
Годовой расход на отопление, кг у. т.	23,1 20,2	22,3 19,9	10,5 10,5	16,9 10	9,9 9,9	15,5 10,3	22,6 22,6	20,7 20,7
Энергоемкость производства, кг у. т.	80,2 96,1	93,8 107,6	40,6 40,6	46 58,6	51,9 51,9	57,1 61,7	103,2 103,2	80,6 81,6
Трудозатраты, чел.	2,7 2,75	2,75 2,8	3,1 3,1	3,1 3,1	3,1 3,1	3,1 3,1	7,2 7,2	6,4 6,4

Примечание: над чертой — расчет по гигиеническим требованиям, под чертой — по экономическим требованиям.
Приведенные затраты показаны в ценах до 1988 г.

казателей наружных стен жилых домов в соответствии со СНиП II-3-79**. Были рассмотрены однослойные панели из керамзитобетона различного состава, трехслойные панели из тяжелого бетона с жесткими связями и различными утеплителями и трехслойные панели из тяжелого и легкого бетонов с гибкими связями и различными утеплителями, а также кирпичные стены из сплошного и эффективного кирпича (табл. 37).

Расчеты технико-экономических показателей производились для стен с приведенным сопротивлением теплопередаче, обеспечивающим выполнение санитарно-гигиенических и экономических требований.

В результате анализа технико-экономических показателей однослойных панелей было установлено, что панели из плотного керамзитобетона на керамзитовом песке и керамзите плотностью 400 кг/м^3 являются более экономичными, чем аналогичные панели на керамзите плотностью 500 кг/м^3 .

При сравнении технико-экономических показателей трехслойных панелей установлено, что наиболее эффективными являются панели на гибких связях с утеплителем из полистирольного пенопласта [24].

На основании анализа технико-экономических показателей сделан вывод, что приведенные затраты и трудоемкость кирпичных стен в 2,0—2,7 раза выше, чем стен панельных. Затраты на отопление зданий с кирпичными стенами и с однослойными керамзитобетонными панелями отличаются незначительно. Энергоемкость производства стен из кирпича и однослойных керамзитобетонных панелей (при существующем качестве керамзита) примерно одинакова, однако керамзитобетонные панели обеспечивают снижение приведенных затрат до 20%.

Учитывая сложившуюся структуру производства эффективных теплоизоляционных материалов, в ближайшее время не следует ожидать существенного расширения применения трехслойных панелей, поэтому основным направлением повышения эффективности наружных стен должно стать улучшение свойств однослойных керамзитобетонных панелей вследствие совершенствования промышленности по производству керамзита и в первую очередь снижения насыпной плотности керамзита с 500 до 400 кг/м^3 . Применение керамзитобетона плотной структуры на пористом песке (дробленом или обжиговом керамзитовом, перлитовом, частично из зол ТЭС и др.) существенно повысит теплозащитные качества наружных стен.

Трудозатраты на производство керамзита для наружных стен в 6,6 раза меньше, чем на выпуск необходимого количества кирпича. В то же время по расходу технологического топлива на материал для наружных стен керамзит уступает кирпичу на 17%.

Расчеты технико-экономических показателей наружных стен из легкого бетона на пористых заполнителях из отходов промышленности — шлаковой пемзе, аглопорите и др., — указывают на высокую экономическую и теплоэнергетическую эффективность наружных стен из шлакопемзобетона и аглопоритобетона.

Г. Авдеев, Ю. Кац, И. Анкерман считают, что наибольшая экономия топливно-энергетических ресурсов может быть достигнута при замене однослойных панелей многослойными [25]. По данным заводов ЖБИ, трудоемкость производства однослойных панелей не ниже, чем многослойных.

Если учесть трудозатраты, необходимые для добычи дополнительного топлива, а они практически увеличиваются, суммарная трудоемкость производства однослойных панелей будет выше, чем многослойных. В настоящее время приведенные энергозатраты по многослойным панелям ниже на 9—11%, в будущем эффективность многослойных панелей возрастет еще значительней за счет существенного повышения сопротивления теплопередаче этих конструкций, а также из-за постоянного роста затрат на добычу топлива. Назрела необходимость по возможности сократить выпуск однослойных панелей, как не отвечающих требованиям современной экономики [25]. А переход на производство эффективных конструкций трехслойных панелей взамен однослойных целесообразно осуществить сразу же по мере вывода амортизируемого оборудования для производства однослойных конструкций из эксплуатации.

Конструкции и материал наружных стен. В зависимости от принятой конструктивной системы здания наружных стен проектируют несущими, самонесущими и навесными.

Несущие и самонесущие наружные стены выполняются из штучных камней, крупных блоков и панелей. Навесные конструкции стен являются ненесущими элементами фасада зданий. Различаются навесные стены — каркасные и панельные.

Каркасные представляют собой сетку соединенных под прямым углом вертикальных и горизонтальных стержневых элементов. Поля между этими элементами заполняются стеклом и филенками. Для панельных навесных стен характерно применение крупных панелей на полную или половину высоты этажа, которые непосредственно крепятся к несущему каркасу здания или к промежуточному, прикрепленному к нему.

Единственным конструктивным элементом панельных навесных стен является панель, выполняющая функцию ограждающей конструкции и передающая ветровые нагрузки несущему каркасу здания.

Панельные стены. Панели для наружных стен могут быть однослойными, двухслойными и трехслойными. Сплошные конструк-

ции могут разделяться вертикальными замкнутыми и вентилируемыми воздушными прослойками.

При применении панелей в различных климатических условиях они должны рассчитываться с учетом теплопроводных включений для обеспечения требуемой теплозащиты, прочности и жесткости.

Однослойные стеновые панели изготавливаются из одного материала, выполняющего одновременно несущие и теплофизические функции (рис. 39). В качестве материалов однослойных панелей применяются:

легкие бетоны на пористых заполнителях из керамзита, термозита, аглопорита, перлита и т. п. с объемным весом в высушенном состоянии $800\text{--}1400\text{ кг/м}^3$, не ниже марки 50;

ячеистые бетоны автоклавного твердения объемным весом в высушенном состоянии $700\text{--}900\text{ кг/м}^3$, не ниже марки 35;

тяжелые и плотные силикатные бетоны и виброкирпичная кладка.

Преимущества однослойных панелей перед слоистыми заключаются в простоте конструктивного решения, технологии изготовления, затратах труда. К тому же производство их легко механизуется.

К основным недостаткам однослойных панелей относятся сравнительно большой вес, высокая отпускная влажность конструкций, высокое водопоглощение под воздействием атмосферных осадков, отсутствие надежных и разнообразных приемов устройств долговечности отделок фасадных поверхностей.

Двухслойные стеновые панели состоят из несущего армированного слоя плотного легкого или тяжелого бетона и утепляющего слоя из теплоизоляционного легкого или ячеистого бетона или жестких плит-утеплителей (рис. 39).

Для двухслойных панелей следует использовать следующие материалы:

в несущих слоях — тяжелый и силикатный бетон марки 150—300, легкий бетон на пористых заполнителях не ниже марки 100 с объемным весом не более 1800 кг/м^3 ;

в теплоизолирующем слое — ячеистый бетон с объемным весом не более 500 кг/м^3 , легкий бетон (в том числе крупнопористый) с объемным весом не более 600 кг/м^3 .

Двухслойные панели с расположенным снаружи атмосферостойким утеплителем обеспечивают наиболее благоприятный влажностный режим помещений и обладают хорошей внутренней теплоустойчивостью в условиях летнего перегрева. В сухом и жарком климате, свойственном большинству районов Средней Азии, могут быть допущены и двухслойные панели с расположенными внутри утеплителями.

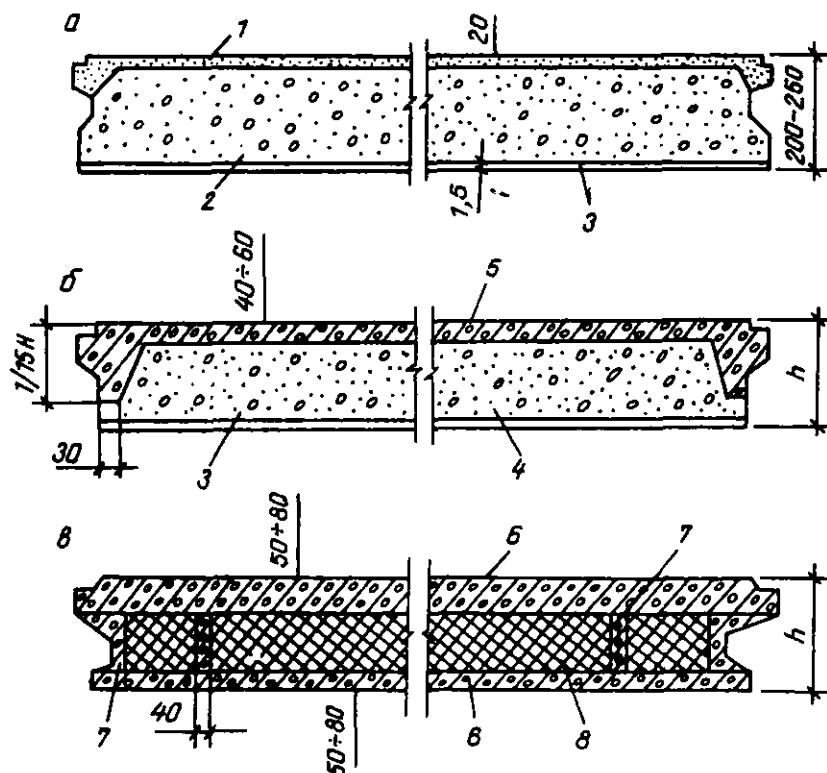


Рис. 39. Конструкция наружных стен: а — однослойная; б — двухслойная; в — трехслойная: 1 — фактурный (отделочный слой); 2 — керамзитобетон, перлитобетон, термозитобетон, ячеистый бетон, силикатный бетон, виброкирпичная кладка; 3 — отделочный слой; 4 — ячеистые и легкие бетоны; 5 — железобетонная плита с ребрами по контуру; 6 — железобетонная или бетонная плита; 7 — железобетонные усиленные ребра; 8 — утеплитель (минеральная вата, пенопласт, стекловата, плиты из ячеистого бетона, алюминиевая фольга), H — высота панелей (2,5—3,0 м).

Трехслойные панели состоят из двух наружных железобетонных или бетонных слоев и утеплителя между ними (рис. 39).

В качестве утеплителя в трехслойных панелях применяются:

- плиты и маты полужесткие минераловатные на фенольной связке с объемным весом не более 250 кг/м^3 ;
- плиты полужесткие и жесткие из минеральной ваты на битумной связке с объемным весом не более 300 кг/м^3 ;

— маты и плиты полужесткие стекловатные для строительства;
— плиты из ячеистых автоклавных и неавтоклавных бетонов (пенобетон, газобетон, керамзитобетон и др.) с объемным весом не более 400 кг/м^3 , с пределом прочности при сжатии не ниже 15 кг/см^2 ;

— плиты из газонаполненных пластмасс (полистирольный пенопласт ПС-1, ПС-4, ПС-Б и ПСБ-С, фенол-формальдегидный пенопласт ФРП-1, пенополиуретан ПУ 4-60, ППУ-Э-2, ПУ-101, пенопласт на основе поливинилхлорида ПВХ-1, ПВХ-Э;

— плиты цементно-фибровитовые с объемным весом не более 400 кг/м^3 .

При проектировании панелей, утепленных материалами без водонепроницаемой оболочки, следует предусмотреть изоляцию утеплителя водонепроницаемым картоном, пергамином или пленками. В качестве утеплителя в трехслойных панелях можно применять алюминиевую фольгу.

Слоистые панельные стены обладают возможностью создания несущих, самонесущих или навесных ограждений в зависимости от конструктивной системы здания; могут быть применены различные утеплители, в том числе весьма легкие с объемным весом $10\text{--}20 \text{ кг/м}^3$, которые при малой толщине слоя обеспечивают большое термическое сопротивление конструкции, имеют малую влажность в случае применения сухих плитных утеплителей.

Основные недостатки слоистых панельных стен — низкое использование прочностных свойств внешнего железобетонного слоя, снижение теплозащитных свойств стен из-за образования в панелях "мостиков холода", относительная сложность технологических процессов изготовления многослойных конструкций, относительная нетехнологичность процессов заводского изготовления лицевой декоративной отделки, необходимость тщательной герметизации наружных устьев швов по периметру стыкования стеновых панелей.

Навесные стены. В последние годы в строительной практике применяются легкие навесные стены (рис. 40). В сравнении с традиционными ограждающими конструкциями они обладают многими преимуществами, в том числе малым весом ($100\text{--}150 \text{ кг/м}^2$ и менее), возможностью применения эффективной теплоизоляции, высокой степенью заводской готовности отдельных элементов, значительным сокращением сроков монтажа. Применение их способствует исключению на строительстве мокрых процессов.

Основным достоинством навесных ограждений является малый вес, который делает их применение особенно желательным в труднодоступных районах, на слабых грунтах и в районах сейсмической активности, в частности в Средней Азии.

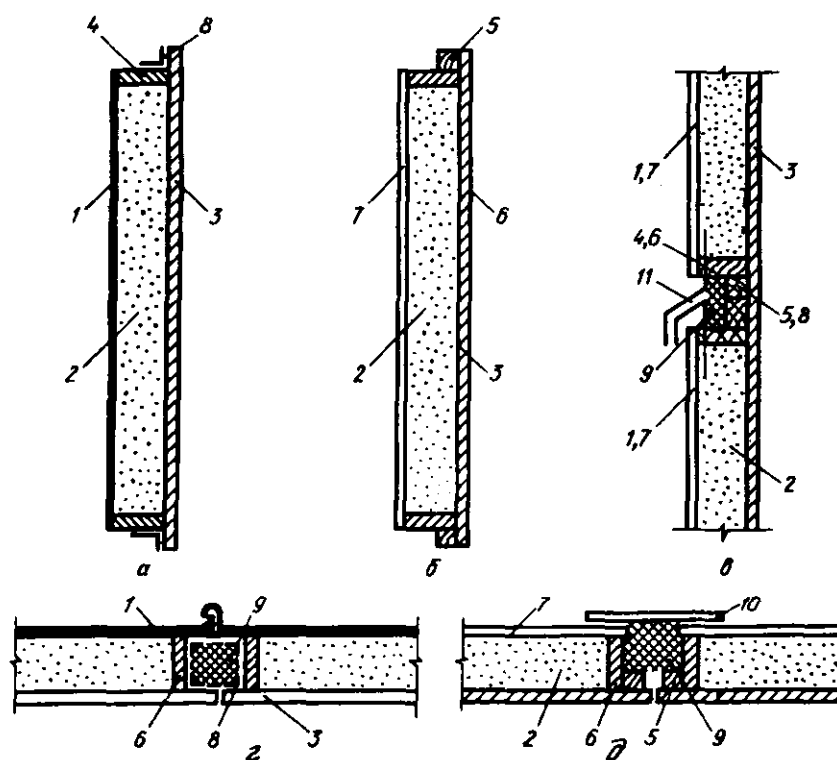


Рис. 40. Навесные стеновые панели: а — панели с алюминиевыми обшивками; б — панели с асбестоцементными обшивками; в — горизонтальный стык панелей; г и д — вертикальные стыки панелей: 1 — наружная обшивка из алюминиевых сплавов; 2 — утеплитель (минеральная вата, пенопласт, стекловата); 3 — внутренняя обшивка (сухая штукатурка, листы алюминия, бакелизированная фанера); 4 — бакелизированная фанера $\delta = 10$ мм или асбестоцемент; 5 — брус из антисептированной древесины; 6 — обвязка из антисептированной древесины; 7 — наружная обшивка из асбестоцементных листов $\delta \sim 10$ мм; 8 — уголковые профили из алюминия; 9 — уплотнитель стыков: пенополиуретан, обернутый в полиэтиленовую пленку, поризол, гернит, мастики УМС-50, ГС-1; 10 — нащельник; 11 — фартуки из кровельной стали.

При проектировании зданий с навесными стенами необходимо решать проблемы конструирования панелей, стыков, примыкал, оконных элементов, крепежных деталей, выбора необходимой теплоизоляции панелей и стыков, паро-, воздухо- и водонепроницаемости, борьбы с конденсацией вследствие неизбежного образования

"мостиков холода", механической прочности, жесткости и деформативности, учета ветровых нагрузок, долговечности и атмосферостойкости, придания архитектурной выразительности фасадам здания и внутренней отделке стен, противопожарных мероприятий и звукоизоляции от ударного и уличного шума.

Панели легких навесных стен состоят из наружной и внутренней обшивок и слоя утеплителя. Обшивки выполняются из плоских и профилированных цветных алюминиевых листов, нержавеющей стали, окрашенных асбестоцементных плит, пластических материалов, листового окрашенного закаленного стекла, клеевой фанеры, а также из бетонных и керамических плит.

В качестве утеплителей применяются легкие эффективные материалы: пенопласты, минераловатные плиты, стекловолоконные плиты, пеностекло, ячеистые бетоны, древесно-волоконные соты, или бумажные и тканевые сотопласты, заполненные эффективными утеплителями — мипорой, минераловатными изделиями, вспученным перлитом.

Элементы навесных панелей скрепляются при помощи клеевых соединений и металлических креплений. Склеивание слоистых ограждающих конструкций должно производиться в соответствии с нормами [26, 27].

Стены с вентилируемой воздушной прослойкой являются разновидностью навесных конструкций (рис. 41, 42). Особенность их заключается в том, что наружный защитно-декоративный экран отделен от внутреннего слоя воздушной прослойкой, сообщаемой с наружным воздухом.

Экран может входить в состав панелей или устанавливаться после монтажа стены в виде отдельно стоящего или навесного элемента, прослойка может вентилироваться при помощи горизонтальных или вертикальных отверстий и щелей.

Стены с вентилируемой воздушной прослойкой обладают многими положительными качествами. Они легки и дают возможность использовать различные виды прочных, легких и долговечных наружных экранов, которые в сочетании с устойчивыми красителями способствуют улучшению архитектурного облика зданий. Особенно эффективны экраны из плоских и профилированных алюминиевых листов, обладающие к тому же отличными теплофизическими свойствами, низким коэффициентом излучения, коррозионной стойкостью. Утепляющий слой можно располагать не с внутренней, а с наружной стороны, что важно в зимних условиях. Стены с вентилируемой прослойкой обеспечивают надежную защиту от атмосферной влаги, систематическое осушение внутреннего слоя, необходимое при использовании утеплителей с малым объемным

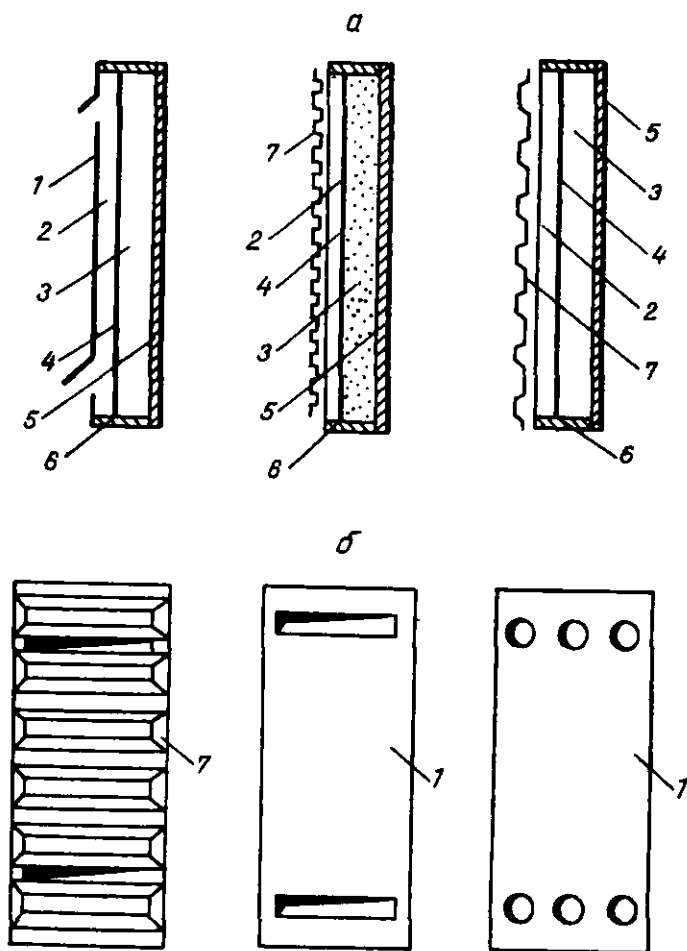


Рис. 41. Стены с вентилируемой воздушной прослойкой: *а* — разрезы стен; *б* — фасады конструкций стен: 1 — наружный защитно-декоративный экран из плоских листов алюминия или атмосферного пластика; 2 — вентилируемая воздушная прослойка; 3 — утеплитель (пенопласт, минвата); 4 — наружная обшивка; 5 — внутренняя обшивка (декоративный пластик); 6 — обвязка панели из бакелизированной панели $\delta = 10$ мм или антисептированная древесина; 7 — наружный экран из листов профильного алюминия или атмосферостойкого пластика.

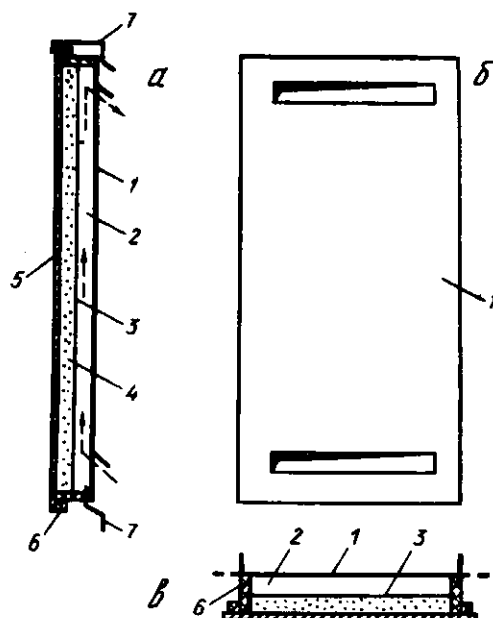


Рис. 42. Стены с вентилируемой воздушной прослойкой: а — продольный разрез; б — вид спереди; в — поперечный разрез: 1 — солнцезащитный экран (алюминий или атмосферостойкий пластик); 2 — вентилируемая воздушная прослойка $\delta = 100$ мм; 3 — наружная обшивка панели из алюминия; 4 — утеплитель-пенопласт; 5 — внутренняя обшивка — водостойкий пластик; 6 — обвязка панели из антисептированной древесины; 7 — фартуки из алюминия. Крепление обшивок к утеплителю выполняется с помощью эпоксидной смолы.

весом и высокой пористостью, а также при повышенной влажности внутри помещения.

Наличие защитного экрана позволяет снизить требования к герметизации стыковых соединений панелей и самого экрана, поскольку влага, попадающая внутрь прослойки, будет стекать по тыльной стороне экрана, а размеры экрана могут и не совпадать с размерами панелей.

Значительно уменьшается поступление тепла в помещение за счет удаления его вместе с движущимся в прослойке воздухом и регулирования лучистой передачи тепла от экрана на внутреннюю часть конструкции. Возможен ремонт и замена отдельных элементов.

Вертикальный экран может входить в состав стеновой панели. При этом ширина воздушной прослойки принимается равной 5—15 см. Если экран представляет собой отдельно стоящую конструкцию, то ширина прослойки увеличивается до 20—40 см.

При проектировании наружных стен с вентилируемой воздушной прослойкой необходимо уделить серьезное внимание надлежащему оформлению узлов, обеспечивающих движение воздуха в прослойке.

Стыки панелей наружных стен. Конструкции горизонтальных и вертикальных стыков наружных стеновых панелей должны удовлетворять требованиям теплотехники, водо- и воздухопроницаемости, исключать возможность сквозного протекания атмосферной влаги и

обеспечивать удаление случайно попавшей снаружи воды во избежание увлажнения стены. Конструкции стыков должны быть простыми в изготовлении и удобными для монтажа здания.

Стыки панелей наружных стен могут быть открытыми или закрытыми с устройством четверти, пилястры или вставки (рис. 43).

В навесных стенах стыки панелей с наружной стороны рекомендуется разделять упругими материалами. Для герметизации стыков легких панелей рекомендуется в горизонтальных стыках устраивать водоотводящие фартуки из листового металла, в вертикальных стыках — нащельники (рис. 44). Герметизирующие материалы, применяемые для обеспечения воздухо- и водонепроницаемости стыков между панелями, должны удовлетворять требованиям ГОСТ 11309-85. Герметизация стыков соединений выполняется в соответствии с нормами [28].

В качестве герметиков используются следующие материалы:

полиизобутиленовая мастика УМС-50 — вязкая, пластичная, с высокими клеящими свойствами, применяемая при температуре наружного воздуха от $+50^{\circ}$ до -40°C . Может быть использована и для герметизации оконных блоков;

пороизол — пористый биостойкий материал, эластичный при температуре $+30^{\circ}$ — -40°C . В зависимости от назначения герметизации горизонтальных и вертикальных стыков крупнопанельных зданий пороизол выпускают в виде жгутов;

гернит — пористый жгут, имеющий снаружи сплошную оболочку (протектор), в стыках приклеивается на нейритовой мастике;

тиоколовая мастика ГС-1 является двухкомпонентным самовулканизирующимся герметиком черного цвета.

Упругие прокладки служат в стыках основанием для нанесения изолирующей мастики и должны быть непрерывными по длине стыков и в местах их пересечения. Теплоизоляция стыков наружных стен должна исключать возможность выпадения конденсата на внутренней поверхности. Расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности стены в зоне стыков рекомендуется принимать не более 8°C .

Теплоизоляция стыков обеспечивается:

— в стенах однослойных панелей заполнением канала стыка легким бетоном (рис. 45) или применением утепляющих вкладышей при заполнении части сечения канала стыка тяжелым бетоном;

— в стенах из слоистых панелей — применением вкладышей из эффективного утеплителя (рис. 44).

При проектировании стен и зданий промышленного изготовления возникает необходимость решения, в первую очередь, вопросов защиты помещений от перегрева, герметизации стыков, защиты

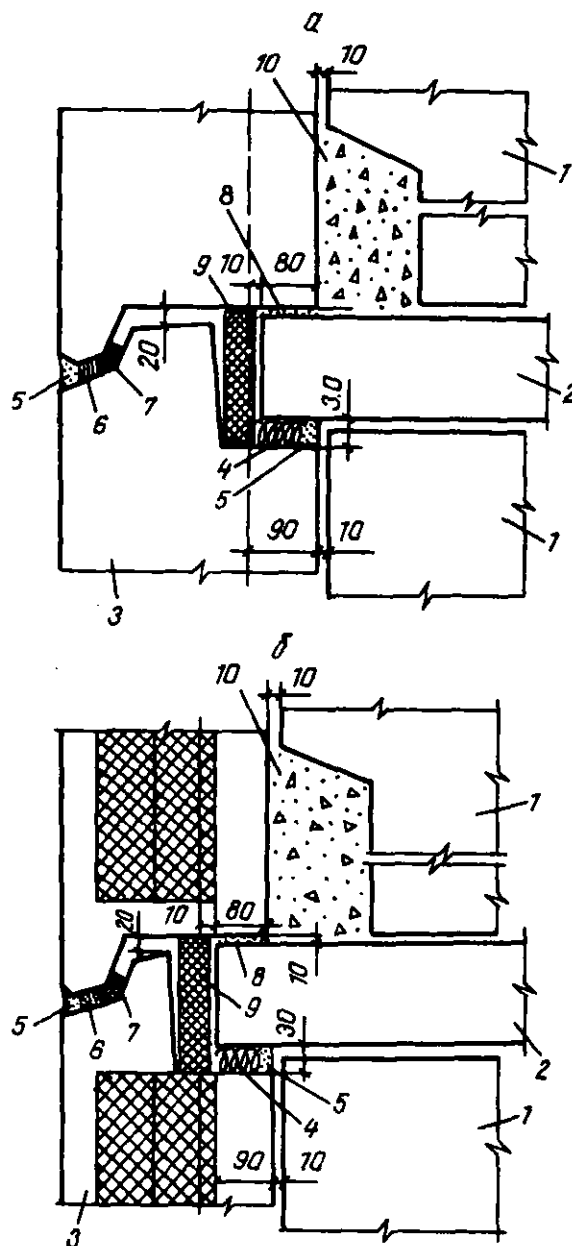


Рис. 43. Горизонтальный стык наружных стеновых панелей: а — однослойных; б — трехслойных; 1 — панель внутренней стены; 2 — панель перекрытия; 3 — панель наружной стены; 4 — пакля; 5 — цементный раствор; 6 — мастика УМС-50; 7 — гернит; 8 — цементная паста; 9 — полистирол ПС-Б; 10 — бетон марки не менее 150.

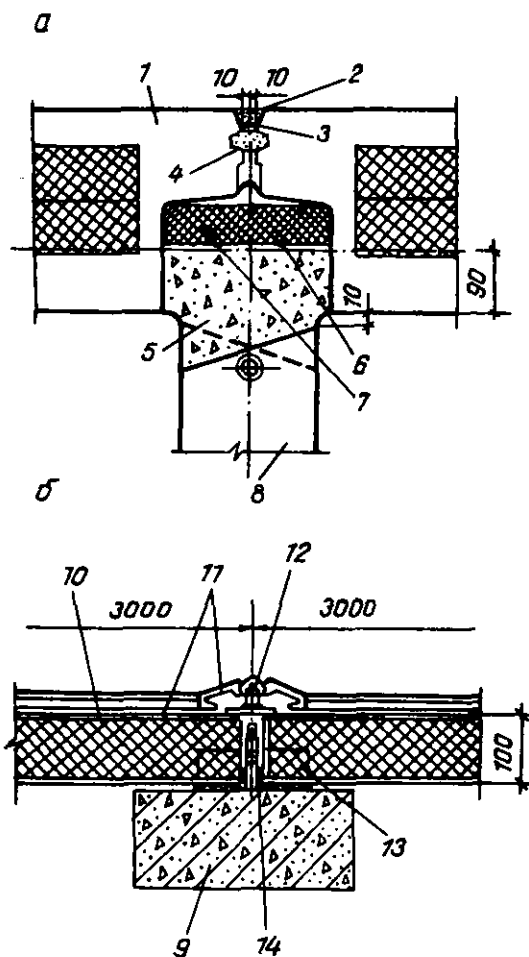


Рис. 44. Вертикальный стык наружных стеновых панелей: *а* — трехслойных; *б* — легких навесных панелей; 1 — панель наружной стены; 2 — цементный раствор; 3 — мастика УМС-50; 4 — гернит; 5 — бетон на расширяющемся цементе с мелкой фракцией заполнителя; 6 — гидроизол на клее КН-2; 7 — полистирол ПС-Б; 8 — панель внутренней стены; 9 — железобетонная колонна; 10 — легкая навесная панель; 11 — нащельник из алюминия; 12 — стяжной болт $\varnothing$ 8 мм с теплоизолирующей муфтой; 13 — откидной столик; 14 — пороизол.

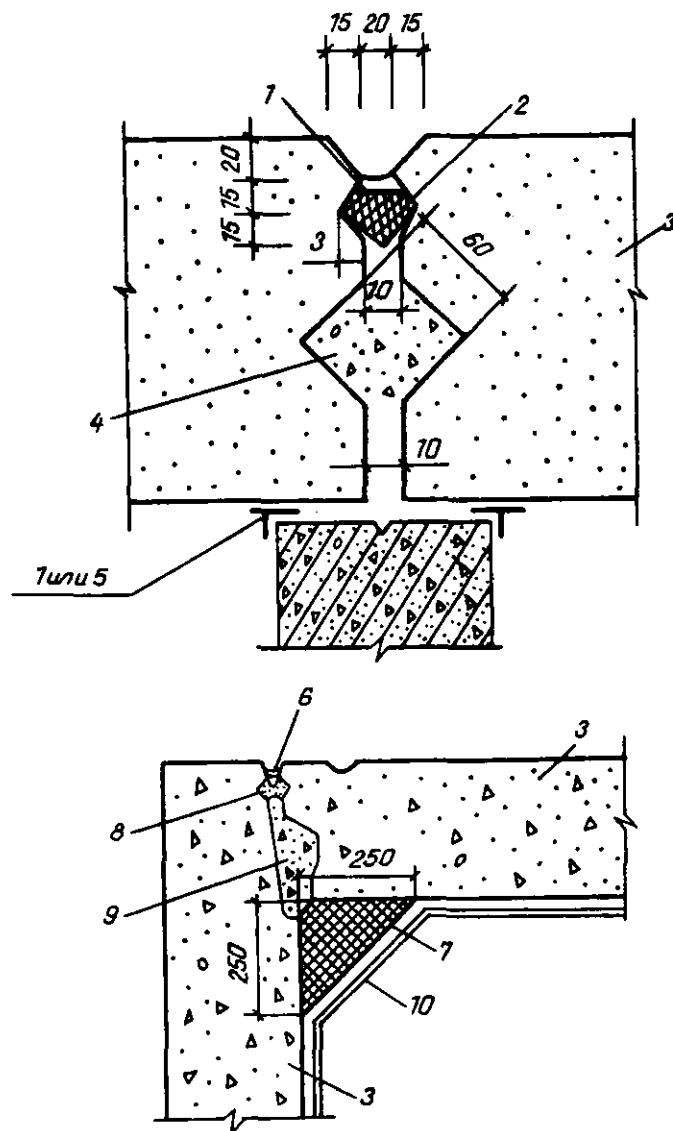


Рис. 45. Герметизация и утепление вертикальных стыков: 1 — мастика тонколовая; 2 — прокладка из пороизола или гернита; 3 — панель из ячеистого бетона; 4 — бетон или раствор; 5 — мастика УМС-50; 6 — расшивка цементным раствором; 7 — утеплитель; 8 — пористый резиновый шнур $\varnothing$ 45 мм; 9 — теплый раствор; 10 — заделка шва изнутри.

закладных деталей от коррозии и защиты стеновых конструкций от промокания.

Несмотря на большое количество работ по этим вопросам, они еще требуют значительной доработки с учетом специфики различных природно-климатических зйонов, применяемых материалов и производственных возможностей. Предположительно эти вопросы могут быть решены наиболее полно в условиях жаркого и жарко-влажного климата с применением новой схемы конструкции наружной стеновой панели с вентилируемой воздушной полостью, получаемой за счет применения защитного экрана. Например, в условиях Западной Грузии, где весьма интенсивные осадки в сочетании с ветром, традиционные наружные деревянные стены с защитным противодождевым экраном из досок, взятых в шпунт (рис. 46 а). В настоящее время во всех индивидуальных домах — деревянных, кирпичных или каменных, стены с наветренной стороны обшиваются асбошифером или листовым железом по деревянным рейкам, т. е. создается экран из листового материала с вентилируемой воздушной полостью.

В странах с жарким климатом широкое распространение находят дома с вентилируемыми стенами. Вентиляция стен осуществляется через специальные вертикальные каналы, а чаще за счет вентилируемой воздушной полости, создаваемой своего рода экраном. Пример такой стены из опыта народного строительства в Алжире дан на рис 46 б, в. Все это приводит к мысли, чтобы позаимствовать народный опыт, эффективность которого проверена веками, и применять подобные конструктивные решения и в индустриальном строительстве.

Совершенствование индустриального домостроения требует более жесткого подхода к решению вопроса качества наружных стеновых конструкций, связанных с улучшением микроклимата не только за счет стенового материала, но за счет соответствующего рационального конструктивного решения самой наружной стеновой панели.

В индустриальных зданиях, строящихся в сухом, жарком и жарко-влажном климатических районах, пока что не полностью решен вопрос защиты помещений от перегрева, а стен — от протекания. Не имеется наружной ограждающей конструкции, оптимальной по своим теплотехническим, водозащитным, технологическим и экономическим показателям.

Почти совсем не применяются следующие типы стен:

а) многослойные стеновые панели со слоями из различных материалов, где одни материалы являются конструктивными, а другие — теплоизоляционными с замкнутой воздушной полостью по контуру, вентилируемой в пределах панели (рис. 47 а). Такие панели имеют толщину слоев и общую толщину, а также расход

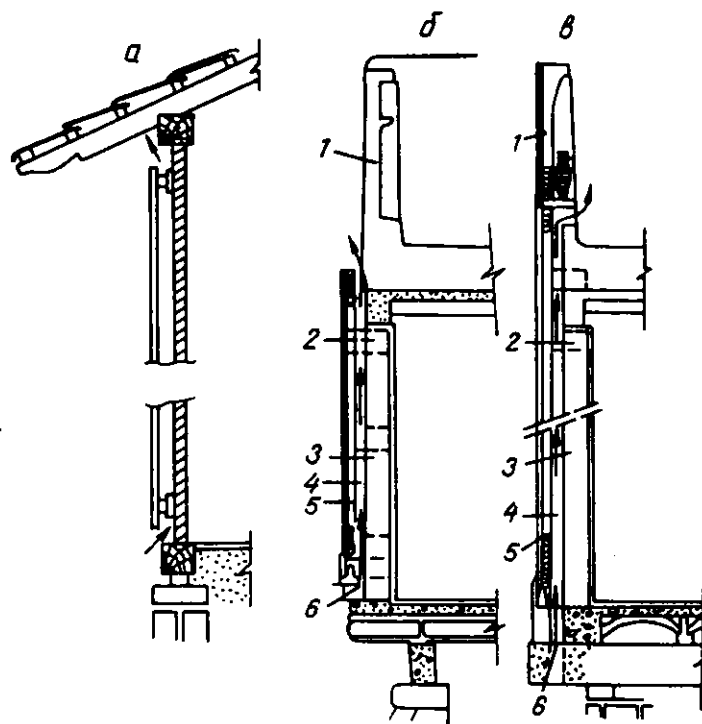
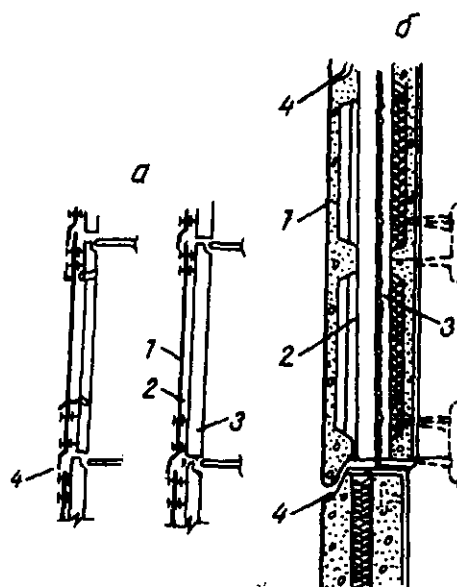


Рис 46. Наружные стеновые панели с защитными экранами и вентилируемой воздушной прослойкой: а — конструкция деревянной стены (1 — деревянный защитный экран; 2 — вентилируемая воздушная прослойка; 3 — деревянная стена; 4 — рейка 60×60 мм); б, в — конструкция каменной стены (1 — ограда террасы $h=1,5$ м; 2 — кладка, образующая перевязку; 3 — несущая стена; 4 — вентилируемая прослойка; 5 — защитная стенка; 6 — приемник наружного воздуха).

материалов, оправданный по конструктивным и технологическим соображениям. В то же время они обладают малой тепловой инерцией, нетехнологичны и трудоемки в изготовлении. Эксплуатационные качества такой стены зачастую ухудшаются во времени. А главное — здесь не обеспечивается достаточной вентиляции пристенного пространства и, следовательно, достаточно эффективной защиты от действия солнечной радиации;

б) панели с незамкнутой вентилируемой воздушной полостью и защитными навесными экранами из материалов, отличных от материала основной стеновой панели (рис. 47 а, б). В этом случае защитный навесной экран изготавливается на другом производстве, а не там, где стеновые панели транспортируются самостоятельно к

Рис. 47. Типы промышленных стеновых панелей с вентилируемой воздушной прослойкой: а — стена с вентилируемой в пределах панели воздушной прослойкой (1 — экран; 2 — воздушная прослойка; 3 — основная часть стены; 4 — открытый стык); б — стеновая панель "Вола" с вентилируемой воздушной прослойкой и защитным экраном (1 — железобетонный экран; 2 — вентилируемая прослойка; 3 — основная часть стены; 4 — открытый стык-приемник воздуха).



месту возведения здания с последующим креплением к стене специальными крепежами.

Такие стены имеют толщину и расход материалов, оправданные с конструктивной и технологической точек зрения, обеспечивают достаточную вентиляцию пристенного пространства и, следовательно, эффективную защиту от действия солнечной радиации. В то же время такие стены нетехнологичны в изготовлении и монтаже, имеют малую заводскую готовность, требуют больших затрат труда в построечных условиях, специальных крепежных устройств во временных сооружениях для навески экранов, так как фактически элементы стены изготавливаются на различных производствах и собираются в одно целое на строительной площадке в процессе возведения здания.

Отмеченные недостатки этих типов ограждений присущи стенам с замкнутой или вентилируемой воздушной прослойкой. Поэтому необходимо иметь такую конструкцию стены, которая обладала бы всеми положительными качествами вентилируемых ограждений, выпускалась из одного материала, была в то же время технологичной при изготовлении и монтаже, имела высокую заводскую готовность и не требовала больших затрат ручного труда на строительной площадке. Всем этим требованиям отвечает наружная

стенная панель с вентилируемой воздушной полостью и защитным экраном, разработанная ТбилЗНИИЭП для крупнопанельного домостроения.

Панель состоит из двух частей: однослойной несущей (конструктивной) полупанели и защитного экрана в виде другой полупанели, вставленной в несущую полупанель и закрепленную по оконному контуру. Между стенкой плоскостью конструктивной полупанели и защитным экраном образуется полностью вентилируемая воздушная полость переменной ширины (рис. 48).

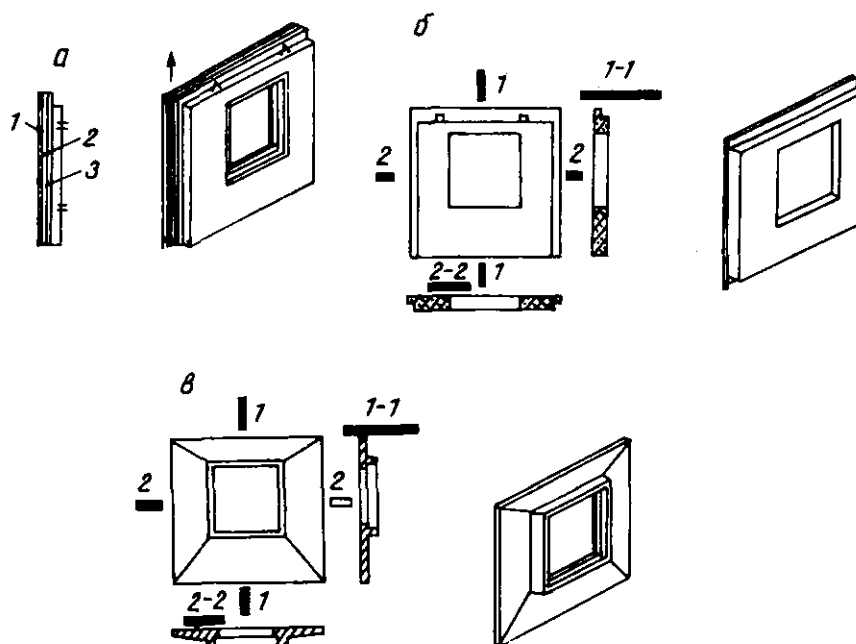


Рис. 48. Наружная стенная панель с оконным проемом, с вентилируемой прослойкой и защитным экраном для крупнопанельного домостроения (г. Тбилиси): а — общий вид и сечение панели (1 — защитный экран; 2 — основной элемент; 3 — вентилируемая прослойка); б — внутренняя однослойная несущая полупанель; в — наружная полупанель — защитный экран.

Оба элемента изготавливаются отдельно, но из одного и того же материала, по одной и той же технологии. Несущая (конструктивная) полупанель в форме представляет собой аналог наружной стеновой панели крупнопанельного дома с уменьшенной толщиной, подобранной согласно теплотехническим расчетам только на зимнюю температуру конкретного климатического района. Расчет на перегрев в этом случае проводить не требуется, так как основная стена

защищена от воздействия прямой солнечной радиации защитным экраном.

Полупанель, представляющая защитный экран, состоит из контурной обвязки, включающей оконный или дверной проем, и тонкой плиты, консольно подвешенной к обвязке проема. Готовая панель глухой стены состоит из двух полупанелей — конструктивной и защитного экрана, соединенных между собой в дискретных точках с помощью железобетонных шпонок (рис. 49).

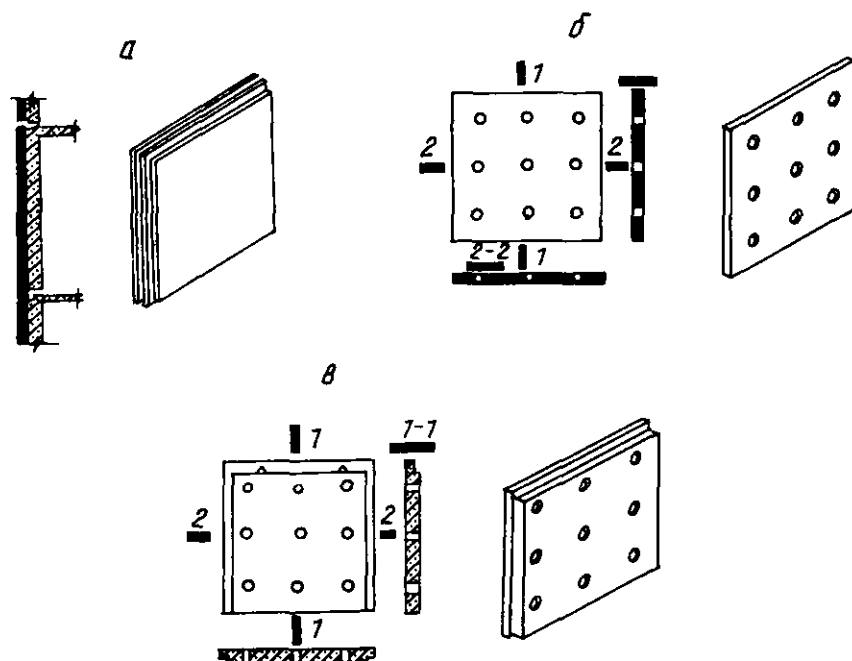


Рис. 49. Глухая стеновая панель с вентилируемой прослойкой и защитным экраном для крупнопанельного домостроения (г. Тбилиси): а — общий вид глухой панели; б — экранная глухая стеновая полупанель; в — несущая глухая стеновая полупанель.

Объединив в один конструктивный элемент защитный экран и несущую полупанель, получим законченную ограждающую конструкцию стены, полностью готовую к транспортировке и монтажу. Оба составных элемента панели могут быть изготовлены на технологических линиях домостроительных комбинатов без какой-либо существенной реконструкции процесса производства.

Конструктивная полупанель и защитный экран могут изготавливаться как из одного материала (легкий бетон), так и из разных

материалов, например, несущая панель — из легкого бетона, а защитный экран — из мелкозернистого тяжелого бетона. Соединение между собой двух полупанелей осуществляется на заводе приваркой накладок к закладным деталям, заложенным в соответствующих местах при бетонировании изделий, с последующим заполнением раствором швов по контуру оконного проема, образованных при вставке одной полупанели в другую.

Предлагаемая наружная стеновая панель с незамкнутой вентилируемой воздушной прослойкой и защитным экраном, предназначенная для уменьшения действия прямой солнечной радиации и защиты стены и стыков от промокания и протекания в условиях сухого жаркого и жарко-влажного климата, имеет существенные отличия от существующих конструктивных решений. От однослойной стены она отличается тем, что дает возможность назначать необходимую и достаточную толщину несущей панели, исходя из условий прочности и расчетных минусовых температур. Это ведет к уменьшению толщины и веса панели, а следовательно, к оптимальному расходу стенового материала.

Отличие от многослойной панели состоит в том, что необходимые в летних условиях теплотехнические качества всей ограждающей конструкции достигается применением одного и того же материала в сочетании с вентилируемой воздушной прослойкой. Поэтому изделие становится технологичным, уменьшается общая трудоемкость его изготовления. Соответствие готового изделия проектным положениям, техническим условиям и нормативным требованиям легко контролируется. Эксплуатационные качества не меняются во времени.

От многослойной панели из разных материалов с замкнутой вентилируемой воздушной прослойкой наружная стеновая панель отличается тем, что изготавливается из одного и того же материала, а вентилируемая воздушная прослойка не является замкнутой. Таким образом, изготовление панели становится более технологичным и менее трудоемким, а вентиляция пристенного пространства — более эффективной.

От стен с защитным навесным экраном из материала, отличного от материала основной панели, ограждающая конструкция отличается в следующем:

- защитный экран выпускается из того же материала, что и основная несущая панель, а значит улучшается технология изготовления панели;

- снимается построечная трудоемкость по устройству стены, тем самым повышается заводская готовность стеновой панели;

— не требуется специальных крепежных устройств, следовательно, отпадает необходимость в организации производства сложного и дорогостоящего крепежа.

На конструкцию стеновой панели с экраном ТбилЗНИИЭП было выдано авторское свидетельство № 306236.

Им был разработан проект экспериментального крупнопанельного жилого дома на основе серии 1-464С с защитными экранами из листовых материалов (асбоцемент и пластмассы) с незамкнутой вентилируемой воздушной прослойкой. В ЦНИИЭП жилища разработана и изготовлена экспериментальная стеновая панель в натуральную величину с железобетонным экраном. Причем несущая часть стеновой панели и железобетонный экран изготавливались в горизонтальных формах совместно, в одном технологическом цикле.

Принципиальная схема решения крупнопанельной стены с защитным экраном была использована для защиты стен крупнопанельных и крупноблочных зданий, строящихся в условиях Грузии.

Для крупнопанельного дома серии 1-464АС-29 были разработаны рядовая и торцевая панели наружной стены с защитным железобетонным экраном (рис. 50, 51). Разрезка экранов была принята такой же, как разрезка стен.

Рядовая панель состоит из двух частей: однослойной несущей панели (основной элемент стены) и панели защитного железобетонного экрана.

Несущая панель представляет собой аналог наружной стеновой легкобетонной панели дома серии 1-464С с уменьшенной толщиной 180 мм, подобранной согласно теплотехническому расчету для зимней температуры г. Гагры. В этой панели увеличен размер оконного проема для вставки в него крепежного устройства защитной экранной панели.

Экранная панель представляет собой плиту, имеющую по периметру оконного проема крепежное устройство в виде контурного ребра. Экранная панель легкобетонная, приведенной толщины 65 мм, по наружному контуру имеет толщину 30 мм с постепенным утолщением к оконному проему до 100 мм.

Оба элемента изготавливаются отдельно, из одного и того же материала, по одной технологии. Сборка их в один стеновой элемент — наружную стеновую панель — производится на домостроительном предприятии и осуществляется вставкой крепежных ребер экранной панели в оконный проем несущей панели с последующей сваркой закладных деталей. После сборки между несущей панелью и защитным экраном образуется полностью вентилируемая воздушная прослойка переменной толщины — от 60 мм по контуру до 10 мм у оконного проема.

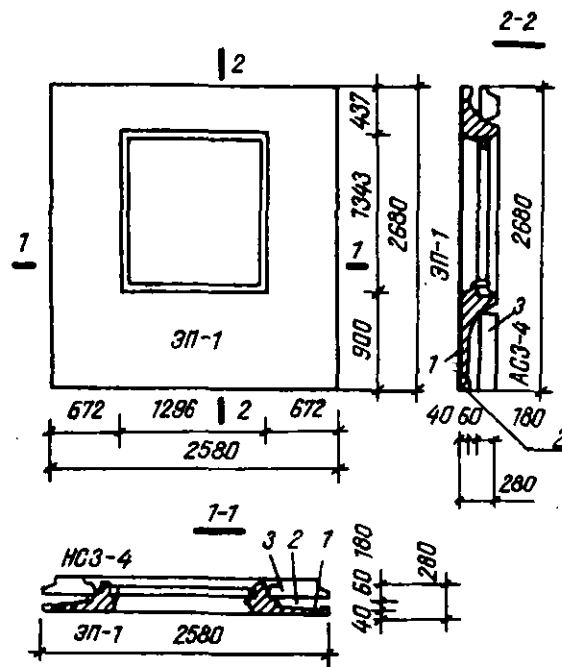


Рис. 50. Стеновая панель с проемом, вентилируемой воздушной прослойкой и защитным экраном (г. Тбилиси): 1 — железобетонный экран; 2 — вентилируемая прослойка; 3 — основная часть стены.

ТбилЗНИИЭП разработал проект экспериментального одноэтажного многоквартирного дома с применением панелей стен этой конструкции (глухих и с проемами).

Технико-экономические показатели на 1 м² стены приведены в табл. 38. Как видим, по стоимости и расходу бетона экранированные панели оказались более экономичными, чем типовые. Происходит перерасход стали, но, как показал опыт, его можно уменьшить за счет более рационального армирования несущей и экранной панелей.

Для условий г. Батуми с использованием принципиальной схемы экранных панелей были также разработаны защитные экраны для крупноблочных зданий серии 1-319С. Новая конструкция стены для крупноблочных домов состояла из крупноблочной кладки и вставок защитного экрана, выполненного из железобетона (рис. 52). Экран защищает блоки от увлажнения, между экраном и блоками образуется вентилируемая воздушная прослойка, которая обеспечивает высушивание конструктивной части стены и водонепроницаемость

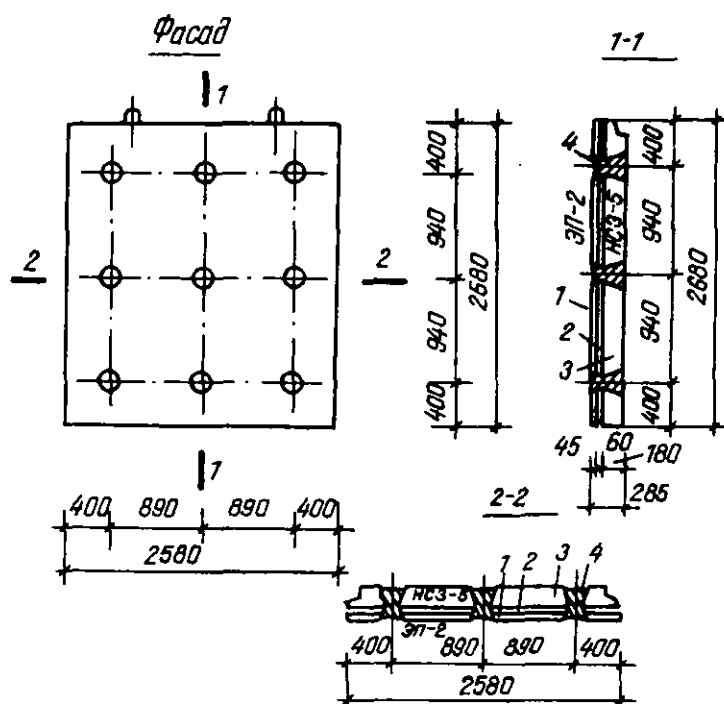


Рис. 51. Глухая стеновая панель с защитным экраном: 1 — железобетонный экран; 2 — вентилируемая воздушная прослойка; 3 — основная часть стены; 4 — шпонка.

стыков. Защитные экраны и их разрезка приняты такими, что не приходится увеличивать марку и количество блоков. Их установка осуществляется за счет уменьшения количества блоков определенной марки и увеличения количества блоков другой марки. Следовательно, применение экрана не приводит к увеличению расхода бетона и стоимости стены. Это видно из технико-экономических показателей, приведенных в табл. 38.

При применении наружных стен с бетонными экранами снижается расход бетона вследствие уменьшения толщины основного элемента стены, уменьшается собственный вес, но увеличивается расход стали. Увеличение расхода стали происходит за счет армирования экранной панели.

В табл. 38 приводятся технико-экономические показатели по тем типам стен, для которых разработаны защитные экраны. Расчет показателей велся по рабочим чертежам, ценникам, справочникам

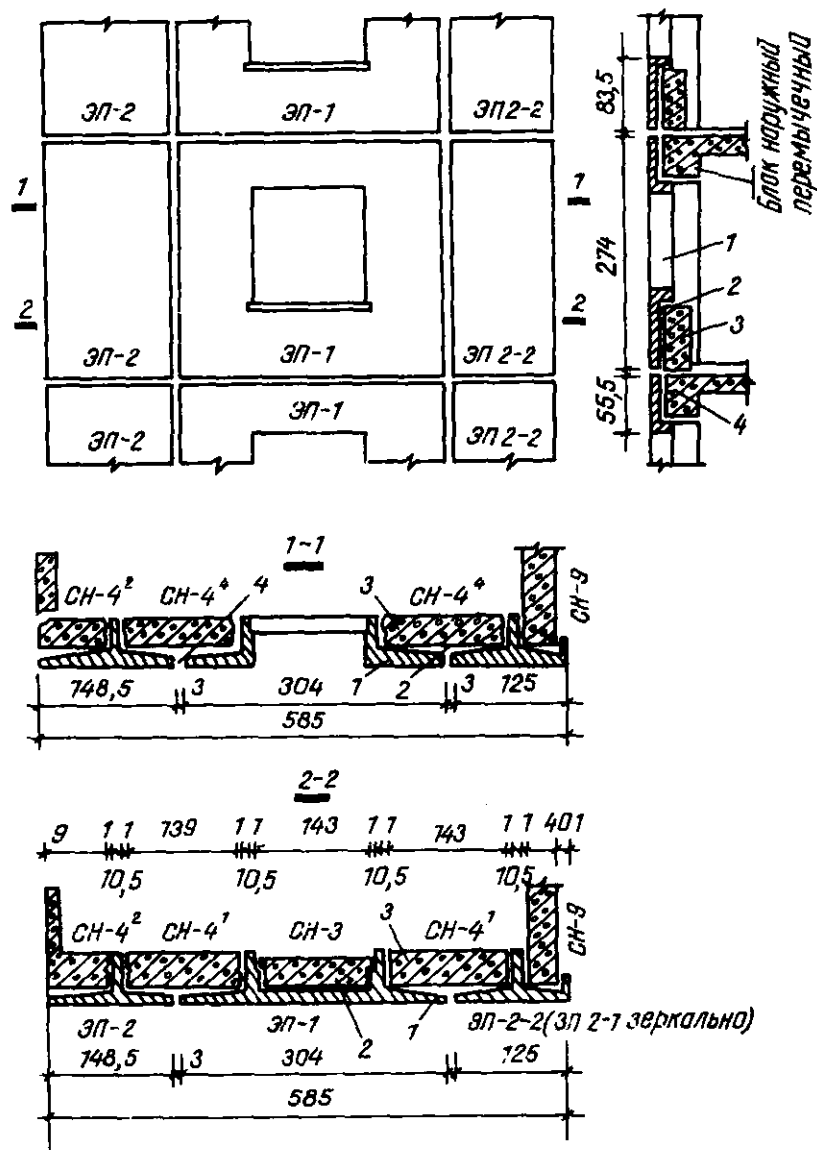


Рис. 52. Схема разрезки торцевой стены крупноблочного дома серии I-319 СК с вентилируемой прослойкой и защитным экраном (г. Тбилиси): 1 — железобетонный экран; 2 — воздушная прослойка; 3 — основная часть стены; 4 — открытый стык.

применительно к предлагаемым решениям; в показателях отсутствуют данные по трудоемкости, подсчитать которые на этом этапе работ не представлялось возможным.

Таблица 38

Технико-экономические показатели на 1 м² стены

Тип сте- ны	Наименование конструкции	Вес 1м ² панели		Расход материалов 1м ² площади панели				Ориенти- ровочная сто- имость 1м ²	
		кг	%	бетона		стали		руб.	%
				кг	%	кг	%		
I	Наружная однослойная стена крупнопанельного дома серии I-464АС-29 (эталон)	480	100	0,30	100	12,5	100	11,5	100
	Наружная стена крупнопанельного дома серии I-464АС-29 с вентилируемой воздушной прослойкой и защитным экраном	415	87	0,23	77	16	128	9,2	80
II	Наружная двухслойная стена крупнопанельного дома серии I-467АС (эталон)	750	100	0,39	100	7	100	16	100
	Наружная двухслойная стена (с утеплителем из легкого бетона) крупнопанельного дома серии I-467АС с вентилируемой воздушной прослойкой и защитным экраном	635	85	0,29	74	3,9	56	10,6	67
III	Наружная однослойная стена крупноблочного дома серии I-319С (эталон)	640	100	0,4	100	1,7	100	15,3	100
	Наружная однослойная стена крупноблочного дома серии I-319С с вентилируемой воздушной прослойкой и защитным экраном	445	70	0,25	63	5	290	9,9	65
	Наружная двухслойная стена крупнопанельного дома серии I-467АС (эталон)	750	100	0,39	100	7	100	16	100
IV	Наружная двухслойная стена крупнопанельного дома серии I-467АС с утеплением из минеральной ваты с вентилируемой прослойкой и защитным экраном	480	64	0,19 [*] 0,01	49 [*] 100	3,7	53	7	44

* В знаменателе дан расход минераловатных плит. Ориентировочная стоимость дана в ценах до 1988 г.

Как видно из таблицы, вес панели снижается с 13 до 36%; расход бетона — с 23 до 51%; расход стали в панелях одного типа уменьшается на 47% и в то же время в панелях другого типа увеличивается на 28 и 190%. Ориентировочная стоимость 1 м² стеновой панели уменьшается на 20—56%. Хотя эти величины будут меняться в зависимости от типа стеновой панели, используемого материала, типа экрана, в общем можно сказать, что применение стены с защитным экраном оправдано не только по эксплуатационным соображениям, но и по технико-экономическим показателям.

Разработкой и исследованием наружных стен с экранами занимаются НИИСФ, ТашЗНИИЭП, АИСМ и др. Изучаются вопросы, связанные с теплофизическими характеристиками наружной экранированной стены и микроклиматом помещений. Однако пока нет последовательных инженерных расчетов, определяющих оптимальные теплофизические и конструктивные параметры таких стен, хотя различных методов расчета предложено немало. В результате исследований, проведенных по разработке, изготовлению и монтажу таких стен, стало возможным прийти к определенным рекомендациям по конструированию наружных стен с экранами для индустриального строительства.

Стены с воздушными гелиоколлекторами (стена тромба). В Ташкентском филиале ГипроНИИИздрав В. А. Туруловым разработаны рекомендации по теплотехническому расчету наружных стен зданий с гелиовоздухонагревателями. Одним из перспективных направлений в строительстве гелиозданий, особенно многоэтажных, является применение наружных ограждающих конструкций, сочетающих два функциональных назначения: наружной стены и коллектора солнечной энергии. Современная тенденция уменьшения светопроемов обуславливает наличие значительных площадей наружных стен, что делает целесообразным использование их поверхностей для преобразования солнечной энергии, исключая при этом необходимость в специальных конструкциях для установки солнечных коллекторов.

Конструктивное решение наружных стен с активными гелиовоздухонагревателями (НСГ), предложенных В. А. Туруловым, характеризуется обязательным присутствием в их структуре слоев светопрозрачного покрытия, поглощающего элемента, замкнутых воздушных прослоек, теплосъемного канала и теплоизоляции. Наличие в НСГ неоднородных по условиям теплообмена конструктивных элементов обуславливает дифференцированный подход к рассмотрению процесса теплопередачи в каждом из них.

В зависимости от условий внешней среды при эксплуатации НСГ должны быть предусмотрены следующие воздушные режимы функционирования теплосъемного канала коллектора:

— замкнуто-активный, при котором в период облучения солнечной радиацией поглощающей поверхности теплосъемный канал принудительно вентилируется, в остальное время суток эксплуатируется закрытым (режим устанавливается зимой в ясные дни);

— замкнутый, при котором при помощи затворов канала трансформируется в замкнутую воздушную прослойку (режим устанавливается в зимний период в пасмурную погоду);

— открыто-активный, при котором в период облучения солнечной радиацией коллекторной поверхности теплосъемный канал принудительно вентилируется, в другие часы суток для уменьшения теплопритока в помещения предусматривается естественная циркуляция канала (режим используется в летний период);

— открытый, обеспечиваемый естественной вентиляцией теплосъемного канала и используемый при отказе системы принудительной вентиляции (режим предусматривается в летний период для уменьшения теплоступлений через ограждение в помещение).

Двойное функциональное назначение НСГ определяет необходимость оценки энергетической эффективности гелиовоздухонагревателя и теплозащитных свойств ограждений. Эти два параметра взаимосвязаны, ввиду чего факторы, устанавливающие значение одного параметра, определяют величину другого. Структурно они подразделяются на четыре группы: климатические воздействия, конструктивные характеристики, архитектурно-планировочные решения здания и режим эксплуатации коллектора.

Отличительной особенностью НСГ по сравнению с традиционными наружными стенами являются повышенные требования к теплоизоляции, что связано с увеличением теплового потока, направленного в помещение в летний период за счет более высокого уровня температур в ограждении и уменьшения стока тепла во внешнюю среду из-за использования светопрозрачных покрытий и замкнутых воздушных прослоек.

Конструктивные решения НСГ по типам гелиовоздухонагревателей можно разделить на группы с однополостным и многополостным теплосъемным каналом. В группе с однополостным каналом выделяются коллекторы с внешней и внутренней теплопоглощающей поверхностью; группа многополостных коллекторов включает конструкции с объемным и плоским теплопоглощением (рис. 53).

Характерным представителем группы НСГ с однополостным теплосъемным каналом является конструкция типа I с плоским поглощающим элементом у наружной поверхности теплоизоляции.

Эта конструкция проста в изготовлении, но ее тепловая эффективность ниже по сравнению с другими конструкциями этой группы, так как при вынужденном движении воздуха в теплосъемном канале наблюдается теплообмен нагреваемого воздуха с "холодным" свето-

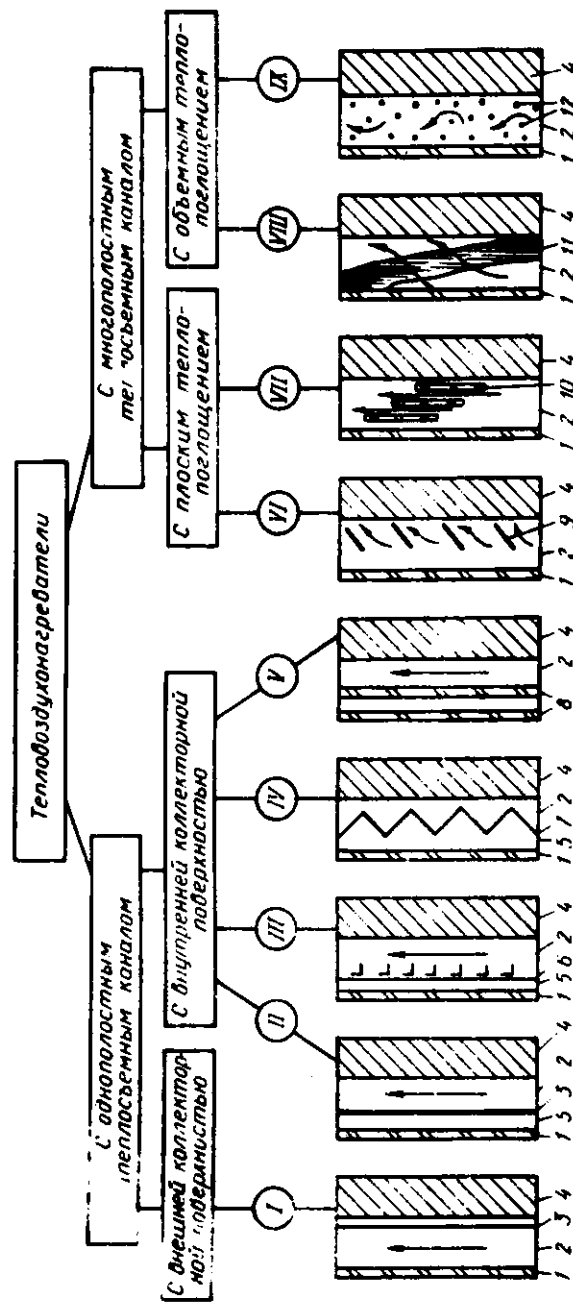


Рис. 53. Классификация конструкций воздушных теплообогревателей. 1 — светопрозрачное покрытие; 2 — теплосъемный канал; 3 — поглощающая пластина; 4 — теплоизоляция; 5 — замкнутая воздушная прослойка; 6 — пластина с турбулизаторами; 7 — гофрированная пластина; 8 — стеклопакет с поглощающим слоем; 9 — жалюзийная решетка; 10 — поглощающая решетка; 11 — проволочная матрица; 12 — мелкодисперсный теплоноситель (по данным В. А. Турудова).

прозрачным покрытием. Это определяет существенные тепловые потери, которые можно несколько снизить, применяя теплопоглощающее остекление. Благодаря простоте конструкции возможно применение этого типа коллектора в НСГ с естественной циркуляцией воздуха в теплосъемном канале, так как при такой эксплуатации коллектора в однонаправленное движение включена не вся масса воздуха и в достаточно широких каналах нагретый воздух стелется вдоль теплопоглощающей поверхности, почти не вступая в контакт с поверхностью светопрозрачного покрытия. Такая организация движения воздуха реализуется только в пассивных гелиосистемах, а в активных это недостижимо, ввиду чего применение коллекторов типа I в них нецелесообразно.

В конструкциях однополостной группы с внешней коллекторной поверхностью исключен контакт нагреваемого воздуха с "холодным" светопрозрачным покрытием, что повышает их тепловую эффективность по сравнению с конструкциями с внутренней коллекторной поверхностью. Наиболее прост в изготовлении тип II с плоским поглощающим элементом. Некоторое усложнение конструкций коллектора типа III связано с установкой специальных элементов, что интенсифицирует теплосъем за счет турбулизации воздушного потока в канале. Использование гофрированных поглощающих поверхностей (тип IV) позволяет наиболее эффективно улавливать солнечную энергию в течение суток и увеличивает площадь контакта нагреваемого воздуха с поглощающей пластиной. Несмотря на сложность в изготовлении и трудности при монтаже, связанные с герметизацией стыков, использование гофрированных поглощающих поверхностей увеличивает КПД такого гелиовоздухонагревателя по сравнению с коллектором типа II.

Индустриальны в изготовлении конструкции НСГ с применением стеклопакетов с зачерненной внутренней поверхностью (тип V). По тепловой эффективности они сопоставимы с конструкцией типа II.

Группа конструкций НСГ, имеющих многополостной теплосъемный канал с плоским теплопоглощением, может быть представлена весьма разнообразными конструктивными решениями. В этих конструкциях конвективный теплообмен активизируется за счет двустороннего теплосъема. В конструкции типа VI использование поглощающего элемента в виде жалюзийной решетки, кроме реализации общего преимущества конструкций этой группы, позволяет эффективно улавливать солнечную энергию, обеспечивая возможность сезонного и суточного регулирования угла наклона пластины. Основным недостатком ее в сложности изготовления поглощаемого элемента, который в значительной степени присущ конструкции типа VII. Кроме того, в ней из-за большого количества стекол

необходим теплосъемный канал значительной ширины. Конструкция весьма ненадежна в эксплуатации и имеет значительный вес. Преимущество этого типа в снижении тепловых потерь за счет "парникового эффекта" в микропространстве между поглощающими элементами.

Наибольшей тепловой эффективностью обладает группа конструкций многополостных гелиоколлекторов с объемным поглощением, которые наряду с высокой способностью улавливать солнечную энергию, как правило, реализуют объемный теплосъем и значительно активизируют конвективный теплообмен. Однако конструкции с теплопоглощающим элементом в виде пространственных матриц, проволочных или тканевых (тип VIII), материалоемки и трудны в изготовлении, а при использовании гелиовоздухонагревателей с дисперсным теплоносителем (тип IX), например, зачерненные частицы пеноуретана или другой легкий материал, требуется специальное оборудование, обеспечивающее транспортировку и сепарацию твердой фазы теплоносителя.

Совмещение гелиовоздухонагревателей с наружными стенами обуславливает ряд дополнительных требований, выдвигаемых функцией НСГ как ограждающей конструкции здания. В процессе эксплуатации НСГ возможна поломка светопрозрачного покрытия коллектора, что в конструкциях типа I приводит к нарушению гидравлического режима течения воздуха в коллекторе и, как следствие, к снижению тепловой эффективности всей гелиосистемы и ухудшению теплозащитных свойств ограждений. В этом отношении гидравлически более устойчивы конструкции типов II, III, IV, что определяет их высокую эксплуатационную надежность. Основные принципы проектирования НСГ реализованы в конструкции стеновой панели, приведенной на рис. 54.

Высокий уровень летних температур в НСГ требует применения эффективной теплоизоляции для обеспечения комфортных условий в помещениях, теплозащитные свойства которой можно снизить за счет организации естественного движения воздуха в теплосъемном канале. Высокий уровень температур по сравнению с традиционными наружными стенами обуславливает повышенные требования к теплозащитным свойствам ограждения. С целью ограничения теплопоступлений и обеспечения благоприятных условий в помещениях в летний период теплоизоляцию НСГ следует определять из условия

$$t_{в.п}^{макс} = t_{в}^{комф} + \Delta t_{тб}^{тр},$$

где $t_{в.п}^{макс}$ — максимальная температура внутренней поверхности ограждения за расчетные сутки, °C;

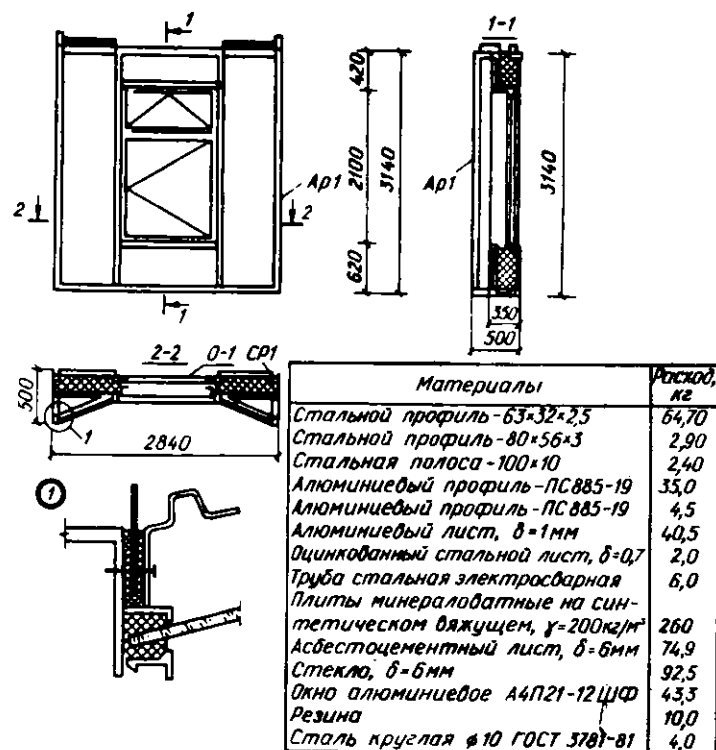


Рис. 54. Пример конструктивного решения гелиовоздухонагревателей (автор В. А. Турулов).

$t_{в}^{комф}$ — комфортная температура воздуха в помещении, равная 26°C;

$A_{тв}^{тр}$ — требуемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности, принимаемая согласно СНиП II-3-79** "Строительная теплотехника".

Установка гелиовоздухонагревателей на поверхности наружных стен способствует повышению теплового потока, направленного в помещение. При этом амплитуда колебаний, температура внутренней поверхности традиционных конструкций и НСГ с одинаковой теплоизоляцией совпадают. Однако за счет большого поглощения солнечной энергии и меньшего потока тепла во внешнюю среду

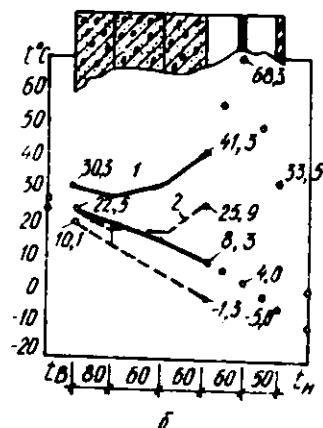
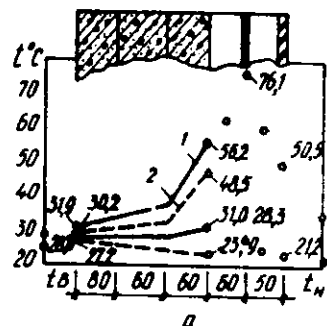


Рис. 55. Максимальная и минимальная температура в характерных сечениях (НСГ): 1 — керамзитобетонных стен $\delta=0,2$ м, $\gamma=1200$ кг/м³ гелиовоздухонагревателем (солнечным коллектором); 2 — керамзитобетонных стен без солнечных коллекторов, $\delta=0,3$ м; $\gamma=1200$ кг/м³; а — июль; б — ясный день в январе (по данным В. А. Турулова).

из-за установки светопрозрачных покрытий среднесуточные значения температур внутренней поверхности НСГ существенно выше (рис. 55). Такая особенность теплопередачи НСГ улучшает ее теплозащитные качества ограждения в зимний период и ухудшает летом по сравнению с обычными ограждениями.

Перед определением параметров теплоизоляции устанавливаются расчетные режимы вентиляции гелиоколлектора. Такими могут быть естественная вентиляция теплосъемного канала или замкнутый режим. С целью повышения функциональной надежности теплоизоляции НСГ необходим ее расчет при замкнутом режиме. Однако при гарантированном обеспечении автоматикой гелиосистем естественного движения воздуха в канале при отказе принудительной вентиляции этот расчетный режим позволяет в 1,3—1,5 раза уменьшить толщину теплоизоляционного слоя по сравнению с замкнутым расчетным режимом.

Одним из средств защиты помещений от нагрева при использовании НСГ служит установка на внешней поверхности теплоизоляции теплоотражающего экрана. Особенно велика эффективность этого средства при закрытом расчетном режиме и незначительна при естественной вентиляции. Последнее обуславливается усилением асимметрии нагрева стенок теплосъемного канала на 10°C , что, с одной стороны, снижает интенсивность конвективного теплосъема в нем, и с другой, — формирует такие условия теплообмена в канале, при которых конвективный тепловой поток на внешней границе теплоизоляции направлен преимущественно в сторону помещения, что нивелирует эффект теплоотражающего экрана.

При проектировании НСГ необходимо учитывать, что некоторые мероприятия, направленные на повышение КПД и получение высокой температуры на выходе гелиовоздухонагревателя, в летний период способствуют росту теплового потока в помещение; например, установка дополнительных светопрозрачных слоев, применение теплоотражающих стекол, селективных покрытий коллекторных поверхностей и увеличение длины теплосъемного канала. Это следует учитывать при назначении теплоизоляции НСГ.

Покрытия зданий и их конструкция. В настоящее время в жилищном строительстве республики и всего Среднеазиатского региона наиболее распространенными являются рулонные крыши построечного изготовления. Несмотря на ряд усовершенствований технологии и широкое применение средств малой механизации при возведении крыш, последние остаются дорогими и трудоемкими в строительстве, а также ненадежными и недолговечными в эксплуатации. За последние годы в Средней Азии все большее распространение получают различные виды конструкций сборных железобетонных безрулонных крыш. Это обусловлено прежде всего высокой технологичностью и экономичностью, а также более высокой надежностью по сравнению с традиционными крышами. Последнее является особенно важным, так как от надежности зависит в значительной степени уровень качества других частей здания.

Крыша — верхняя венчающая часть здания — служит для защиты его от вредного воздействия атмосферных осадков (дождя, снега), резких колебаний наружной температуры, а также от действия солнца и ветра. Она состоит из несущей жесткой конструкции, поддерживающей кровлю, и водозащитного кровельного покрытия, лежащего на несущей конструкции. Основное назначение кровли — предохранить здание от намокания и отвести вниз воду. Крыша должна обладать достаточной прочностью для восприятия различных нагрузок (от ветра, снега, сейсмике).

В зависимости от назначения здания крыши могут быть чердачные и бесчердачные. Чердачные как правило делаются в жилых и

общественных зданиях, бесчердачные — над общественными и промышленными зданиями, а также над временными или складскими помещениями.

Форма крыш во многом зависит от назначения здания и очертания его в плане, но во всех случаях должна обеспечивать хороший отвод дождевых и талых вод.

Для обеспечения стока воды крыша устраивается с уклоном. Крутизна ее скатов зависит главным образом от климатических условий, архитектурных требований и от материала кровли. Так, в районах с большим количеством осадков и при неплотном кровельном материале (черепица) скаты кровли должны быть крутыми. В местностях с сильными ветрами устраивают более пологие кровли, чтобы уменьшить давление ветра на них.

Крутизна скатов крыш характеризуется углом наклона ската к горизонту или, как принято называть, уклоном крыши. Чем больше угол, тем крыша круче. Уклон крыши выражается в градусах. Правильный выбор требуемого уклона способствует снижению стоимости здания.

В табл. 39 приведены характеристики кровель различных типов (по данным Р. Ю. Маракаева).

Таблица 39

Техническая характеристика кровель

Материал кровли	Масса 1 м ² (без основания) кг	Нормальный уклон крыши, град.	Огнестойкость	Примерная долговечность (годы)	Уход в процессе эксплуатации
Листовая черная сталь	3,0—6,0	16—30	полуогнестойкая	20—25	Окраска через 2—3 года
Оцинкованная сталь	3,4—6,0	16—30	—	30—40	В сельской местности окраски не требуется. В городах и промрайонах через 8—10 лет
Толь	3,0—12,0	4—27	сгораемая	6—8	Окраска с пылью песком через 1—2 года
Рубероид	3,0—12,0	4—27	—	13—18	Окраска мастикой через 3 года
Черепица	40,0—50,0	30—45	огнестойкая	60 и более	Не требуется
Асбестоцемент	14,0—20,0	27—50	—	40—50	То же

Покрытия должны обладать необходимой прочностью, устойчивостью, водонепроницаемостью, паронепроницаемостью, долговечностью, огнестойкостью и удовлетворять общим эксплуатационным, теплотехническим и санитарно-гигиеническим требованиям. Требуемые сопротивления теплопередаче, воздухо- и паропропусканию бесчердачных покрытий (совмещенных крыш) и чердачных перекрытий должны быть обеспечены на всей площади покрытия или перекрытия, включая места стыков сборных элементов.

По конструктивным признакам совмещенные покрытия делятся на три группы:

1. Покрытия из крупных панелей заводского изготовления, монтируемые в один прием:

однослойные из легких и ячеистых бетонов: керамзитобетон, пенобетон, газобетон, газосиликат и др.;

коробчатого сечения с заполнением полости теплоизолирующим материалом;

двумя железобетонными плитами, между которыми заложен утеплитель (рис. 56, 57).

2. Покрытия из крупных панелей заводского изготовления, монтируемые в два приема (рис. 58 а).

3. Покрытия, устраиваемые на месте строительства с расположением утеплителя поверх несущих плит и обязательной стяжкой (рис. 58 б).

В конструкцию покрытия могут входить следующие элементы (слои), считая от нижней поверхности: несущая конструкция; пароизоляционный слой, предохраняющий от проникновения водяного пара в толщу покрытий; теплоизоляционный слой, обеспечивающий требуемое сопротивление теплопередаче; вентилируемая воздушная прослойка, служащая для удаления влаги из конструкций покрытия и защиты от воздействия солнечной радиации; гидроизоляция, обеспечивающая водонепроницаемость покрытия; основание под гидроизоляцию; верхний защитный слой, предохраняющий гидроизоляционный ковер от механических и атмосферных воздействий, а также от перегрева солнечной радиации; слой воды, служащий дополнительной защитой от действия солнечной радиации.

Детали покрытий выполняются в соответствии с указаниями СН 51-84.

Заполнение швов между панелями должно обеспечивать пароизоляцию снизу, а также теплоизоляцию и жесткость основания под гидроизоляционный ковер. Для теплоизоляции стыков рекомендуется применять вкладыши из пенополистирола, полужестких стекловолоконных или минераловатных плит на фенольной связке с предохранением их от увлажнения путем обертывания пленкой. Возможно также применение засыпок рыхлыми материалами в сухом состоянии с уплотнением при укладке.

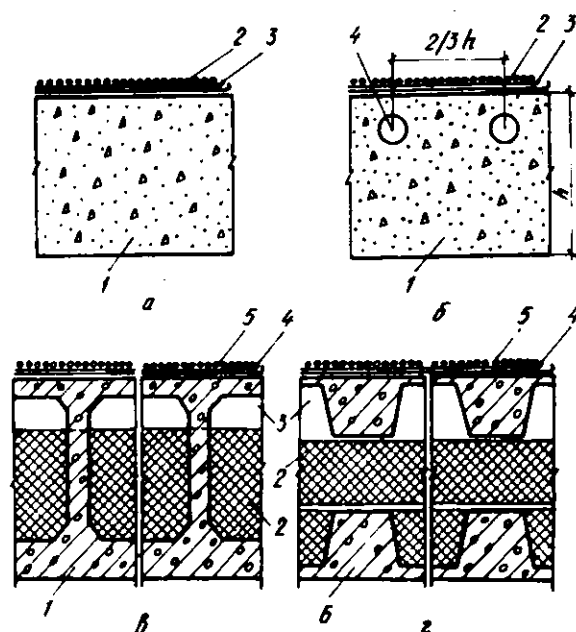


Рис. 56. Конструкция совмещенных покрытий: а, б — однослойные панели (1 — несущий утеплитель из легкого бетона: керамзитобетон, пенобетон, газобетон, газосиликат $\gamma = 700\text{--}900 \text{ кг/м}^3$; 2 — гравий светлых тонов, втопленный в битумную мастику; 3 — гидроизоляционный ковер из рубероида; 4 — каналы осушающей вентиляции); в — панели коробчатого типа, г — панели из двух ребристых плит (1 — коробчатая панель из железобетона или армоцемента; 2 — жесткий или гибкий утеплитель: пеностекло, пенопласт, минераловатные плиты; 3 — прослойка осушающей вентиляции; 4 — гидроизоляционный ковер из рубероида; 5 — гравий светлых тонов, втопленный в битумную мастику; б — железобетонная ребристая плита).

Совмещенные покрытия с вентилируемой воздушной прослойкой. Они рекомендуются для защиты зданий от перегрева в южных районах, уменьшают поступление тепла в помещение, препятствуют прямому воздействию на подэкранный часть потока солнечной радиации. При этом некоторое количество тепла удаляется с движущимся в прослойке воздухом.

Применение экранированных ограждающих конструкций позволяет снизить требования к теплоустойчивости, облегчить здание, а также улучшить микроклиматические условия в дневные и ночные часы. При кондиционировании микроклимата ограждения с солнцезащитой уменьшают нагрузку на систему охлаждения.

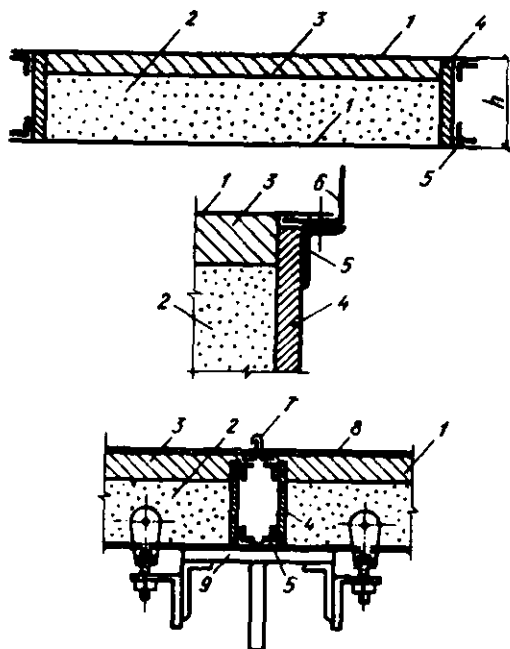
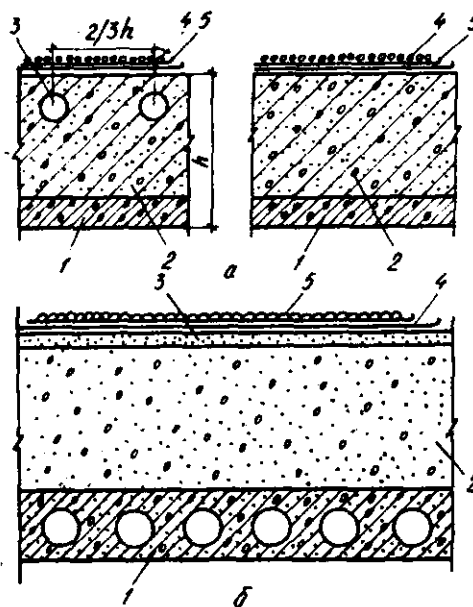


Рис. 57. Конструкция облегченной плиты покрытия:
1 — обшивка (анодированные алюминиевые листы, $\delta=1,5$ мм); 2 — пенопласт ПС-Б; 3 — пенопласт ПХВ-1; 4 — обвязка (бакелизированная фанера $\delta=10$ мм); 5 — прессованный угловой профиль; 6 — стыковой выпуск; 7 — фальц; 8 — уплотнитель, стыка (пенополиуретан, обернутый в полистиленовую пленку); 9 — элемент каркаса здания.

Рис. 58. Конструкция со-
мещенных покрытий: а — с
несущим утеплителем (1 —
несущая железобетонная
плита, $\gamma=2500$ кг/м³, плотный
силикатный бетон, $\gamma=2000$
кг/м³; 2 — несущий утепли-
тель из легкого бетона: ке-
рамзитобетон, пенобетон, га-
зобетон, газосиликат $\gamma=900$ —
1200 кг/м³; 3 — каналы
осушающей вентиляции; 4 —
гравий светлых тонов, втоп-
ленный в битумную мастику;
5 — гидроизоляционный ко-
вер из рубероида); б — с
засыпанным утеплителем (1 —
несущая многопустотная
или сплошная плита; 2 —
утеплитель — керамзит, до-
менный шлак; 3 — цементная или асфаль-
товая стяжка; 4 — четыре
слоя рубероида на горячей
битумной мастике; 5 — свет-
лый гравий в битуме).



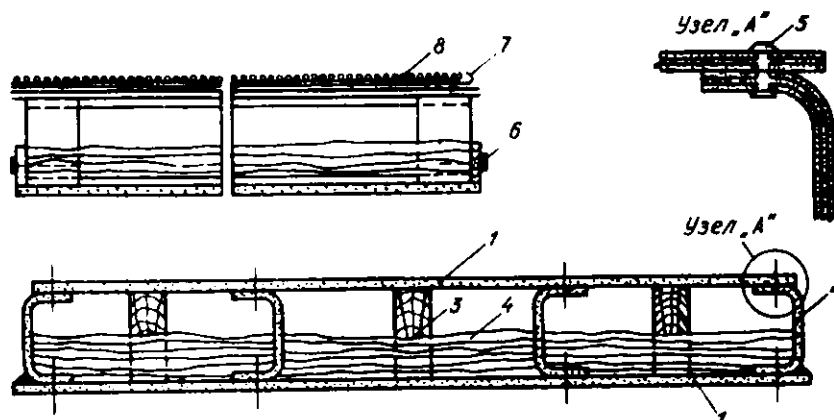


Рис. 59. Конструкция асбестоцементной плиты покрытия: 1 — непрессованный асбестоцементный лист; 2 — асбестоцементный швеллерный профиль; 3 — деревянные бобышки; 4 — утеплитель: пенопласт, пеностекло; 5 — алюминиевые заклепки; 6 — шурупы; 7 — гидроизоляционный ковер из рубероида; 8 — гравий светлых тонов в битуме

В конструкцию покрытия с вентилируемой воздушной прослойкой входят следующие слои, считая от нижней поверхности: несущая плита, теплоизоляционный слой, вентилируемая прослойка, наружный экран, гидроизоляция, верхний защитный слой.

Панель вентилируемого покрытия может состоять из единого блока. В этом случае нижняя плита связывается с экраном вертикальными ребрами (рис. 59). Солнцезащитный экран может быть выполнен из железобетона, армоцемента, асбестоцемента, стали и алюминия. Высота вентилируемой воздушной прослойки, определяемая при теплотехническом расчете, не может быть менее 20 см. Вентилирующие полости должны сообщаться с наружным воздухом через отверстия и щели в карнизе. Конструкция приточных и вытяжных отверстий должна иметь минимально возможное гидравлическое сопротивление. Вентиляционные отверстия необходимо закрывать решеткой или сеткой (рис. 60, 61 а). В вентилируемых покрытиях зданий шириной более 20 м рекомендуется устраивать вытяжные шахты.

Водонаполненные покрытия. Для уменьшения перегрева помещений и снижения мощностей холодильных установок в летнее время рекомендуется применение водонаполненных покрытий (рис. 61 б). Снижение теплоступлений через покрытия, наполняемые

Рис. 60. Конструкция совмещенной вентилируемой крыши: 1 — многопустотный железобетонный настил; 2 — утеплитель: минеральная вата, пенопласт; 3 — вентилируемая воздушная прослойка; 4 — кровельная виброкатаная плита; 5 — гравий в битуме; 6 — три слоя рубероида на горячей битумной мастике.

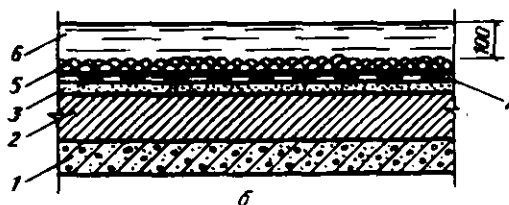
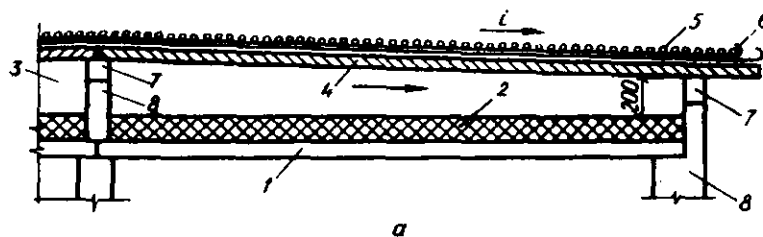
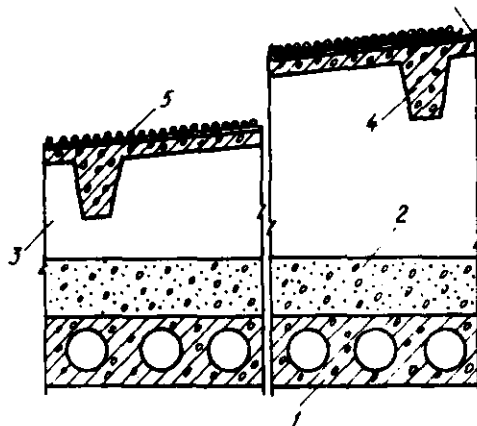


Рис. 61. Конструкция крыши: а — совмещенный вентилируемой (1 — плоская железобетонная плита; 2 — утеплитель: минвата, пенопласт; 3 — воздушная вентилируемая прослойка; 4 — кровельная плоская плита; 5 — гравий светлый в битуме; 6 — три слоя рубероида на горячей битумной мастике; 7 — продух; 8 — монолитная железобетонная стена); б — совмещенной водонаполненной (1 — несущая плита покрытия; 2 — утеплитель плитный или засыпной; 3 — цементно-песчаная стяжка $\delta=20$ мм; 4 — водоизоляционный ковер (четыре слоя голь-кожи на дегтевой мастике); 5 — защитный слой воды (два слоя гравия, втопленного в дегтевую мастику); 6 — защитный слой воды $\delta=100$ мм.)

водой, основано на охлаждении кровли при испарении воды. Наиболее эффективно применение водонаполненных покрытий в сухих районах с большой скоростью ветра.

К водонаполненным покрытиям предъявляются следующие требования:

обеспечение горизонтальной поверхности для заливки слоев воды сравнительно равной толщины. Определенная толщина слоя воды на кровле достигается установкой съемных переливных патрубков в водоприемные воронки;

повышенная гидроизолирующая способность, выражающаяся в применении материалов более высокого качества, а также в повышенном их расходе.

В плоских кровлях, заполняемых водой, водоизоляционный ковер необходимо устраивать из четырех слоев толь-кожи и защищать двумя слоями гравия, втопленного в дегтевую кровельную мастику.

В водонаполненных покрытиях толщина слоя воды принимается равной 8—10 см.

Для улучшения теплозащитных свойств крыш жилых домов специалистами ЦНИИЭПжилища и Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова рекомендуются следующие мероприятия:

— переход к крышам с холодным чердаком и различными покрытиями, укладываемыми по деревянной обрешетке (оцинкованная сталь, шифер кровельный и т. п.), а также к применению деревянных или железобетонных стропил и устройству по ним основания под покрытие;

— использование крыш с теплым чердаком;

— замена невентилируемых крыш вентилируемыми с применением волнистых асбоцементных листов и гидроизоляционного ковра из трех слоев рубероида;

— утепление крыш инъектированием вспененных пластмасс в процессе ремонта или реконструкции существующих жилых зданий

Рекомендованные мероприятия можно назвать эволюционными. Наряду с ними имеются решения революционные, способные еще заметнее улучшить тепловые характеристики жилого здания. К одной из таких кардинальных идей относится использование земли как хорошего теплоизолятора для укрытия ею различных частей жилого дома, в том числе крыши.

С целью исследования данной проблемы в США при университете штата Миннесота был создан специальный научно-исследовательский центр. Как указывает директор этого центра Р. Стерлинг, цель строительства прикрытых землей жилищ — поддержать или улучшить взаимоотношения их с окружающей средой, используя землю как одеяло, укрыть здание со всех сторон: земля защитит

его как барьер от ветра, холода, нежелательной инфильтрации и будет препятствовать прямым потерям тепла.

По результатам своих исследований центр подготовил ряд работ, две из которых переведены на русский язык [29, 30]. Необходимо, правда, отметить, что английский термин *larth-sheltered* (прикрытые землей) в русском переводе весьма неудачно заменен словом "заглубленные", что в какой-то степени дезориентировало русского читателя и, вполне возможно, психологически оттолкнуло некоторых наших специалистов от этих книг. На самом деле разговор идет не столько о подземных зданиях в буквальном смысле слова, то есть расположенных ниже уровня земли на данном участке, сколько о домах, крыша которых, а иногда и часть наружных стен в той или иной степени защищены слоем специально насыпанной земли. Применение земляной защиты позволяет значительно снизить расход энергии в нормальных условиях и уменьшить зависимость от снабжения топливом даже в условиях суровой зимы.

Казалось бы, прикрытые землей крыши — прием чисто строительный. Однако дальнейшее его развитие привело к появлению не только теплотехнического, но и интересного архитектурно-художественного эффекта. Имеются в виду примеры, когда засыпанная грунтом плоская или не очень крутая наклонная крыша засеивается или стихийно зарастает травой и мелким кустарником.

Такая "экологическая" крыша отнюдь не изобретение недавнего времени. В Норвегии, где выпадает большое количество осадков, травяные крыши употребляются уже не одно столетие. И поддерживается эта традиция не только эстетическими, но и теплотехническими достоинствами этого архитектурно-строительного приема.

Действительно, обычным недостатком почти всех крыш является их перегрев под непосредственным воздействием солнечных лучей. Травяная крыша от этого недостатка избавлена благодаря воздушной подушке, которая образуется травой, достигающей высоты 30 см и дающей дополнительную теплоизоляцию [31]. Кроме того, в травяной крыше происходит частичное саморегулирование теплового режима за счет испарения: чем выше температура, тем интенсивнее испарение и соответственно теплотраты на него.

Многими поколениями норвежских народных зодчих проверены временем надежные конструктивные решения таких крыш. В последние годы эта идея заинтересовала западногерманских специалистов, разработавших ряд современных конструктивных интерпретаций травяных крыш [32] (рис. 62).

В Западном Берлине [33] отмечались аналогичные примеры: встречалось много крыш, на которые никто не вносил растительного грунта и на которых никто не сеял, но тем не менее они заросли травой. Возраст таких крыш доходил до 80 лет, но ни разу не

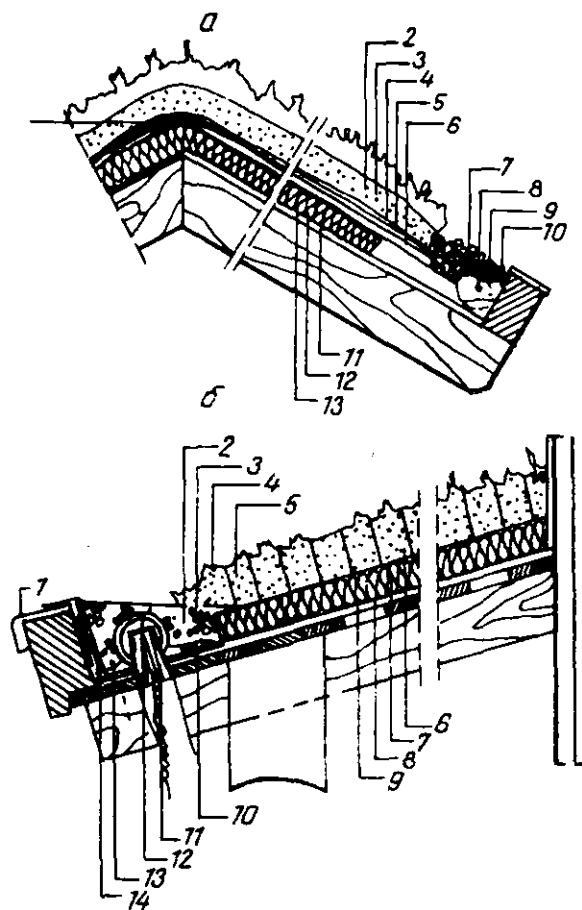


Рис. 62 Конструкция травяных крыш (Германия): а — система "Пластоплан" (1 — жёсть; 2 — трава; 3 — грунт; 4 — тканый фильтрующий слой; 5 — два фильтрующих слоя; 6 — дренаж; 7 — гравийный фильтр; 8 — дренажная труба; 9 — фильтрующая пленка; 10 — гидроизоляция; 11 — настил; 12 — гидроизоляция; 13 — теплоизоляция); б — система "Блюменкюгель" (1 — уголкового профиля; 2 — гравий; 3 — пленка; 4 — рулонный дерн; 5 — грунт; 6 — пленка; 7 — пенополистирол; 8 — рулонная гидроизоляция; 9 — пленка; 10 — сварной шов в гидроизоляции; 11 — водосток; 12 — дренажная труба; 13 — сварной шов в гидроизоляции; 14 — стальной уголок).

было жалоб на их протекание. На поверхности таких крыш задерживаются приносимые ветром частицы земли, постепенно образуется слой толщиной 7—8 см, а у края кровли 15—20 см. На подобных озелененных крышах гнездятся птицы, удобряя слой, кое-где на нем даже прорастают семена деревьев. Такая крыша, считают специалисты, настоящий символ возможностей экологии.

В Бонне плоская крыша дома-башни была засыпана растительным грунтом и превращена в индивидуальный участок, на котором возведена небольшая жилая надстройка, по сути дела, — усадебный дом. На участке, помимо травы, росли кусты и даже большое дерево. За 20 лет эксплуатации каких-либо неприятностей от такого решения крыши не возникало [33].

Этот факт не должен особенно удивлять: технические вопросы, связанные с созданием и эксплуатацией озелененных плоских крыш, уже достаточно хорошо отработаны, особенно за рубежом [34]. Так, для снижения довольно заметной нагрузки от растительного слоя возможны варианты, при которых в некоторых местах тяжелый грунт заменяется значительно более легким пенополистиролом. Продуманы также и конструктивные особенности, позволяющие выращивать на крыше достаточно крупную растительность (рис. 63).

Таким образом, чисто механически озелененная эксплуатируемая крыша каких-то экстраординарных трудностей не представляет. Другое дело — архитектурная, социальная сторона. Просто превратить плоскую крышу в большую зеленую лужайку, на которую может подняться любой житель данного дома, — это не единственная задача. Конечно, превращение крыш многоэтажных жилых домов в островки живой природы, — уже само по себе достижение, причем не только теплотехническое, но и эстетическое, и экологическое.

Однако постоянно поддерживать жизнеспособность обобществленной озелененной крыши очень трудно. Поэтому более органичными выглядят предложения по организации озелененных плоских крыш в жилых зданиях переменной этажности, в которых плоская крыша пространственно расчленяется на ряд расположенных на различных уровнях относительно небольших по площади частей, что позволяет, в принципе, превратить их в индивидуальные озелененные участки.

Травяная крыша — прекрасное решение не только для нового строительства, но и для реконструкции жилых зданий. Однако до настоящего времени имеется всего лишь один проект реконструкции многоэтажного жилого дома, где предлагается использовать эту идею.

Существующий 5-этажный крупнопанельный жилой дом перепланирован таким образом, что часть квартир первого этажа

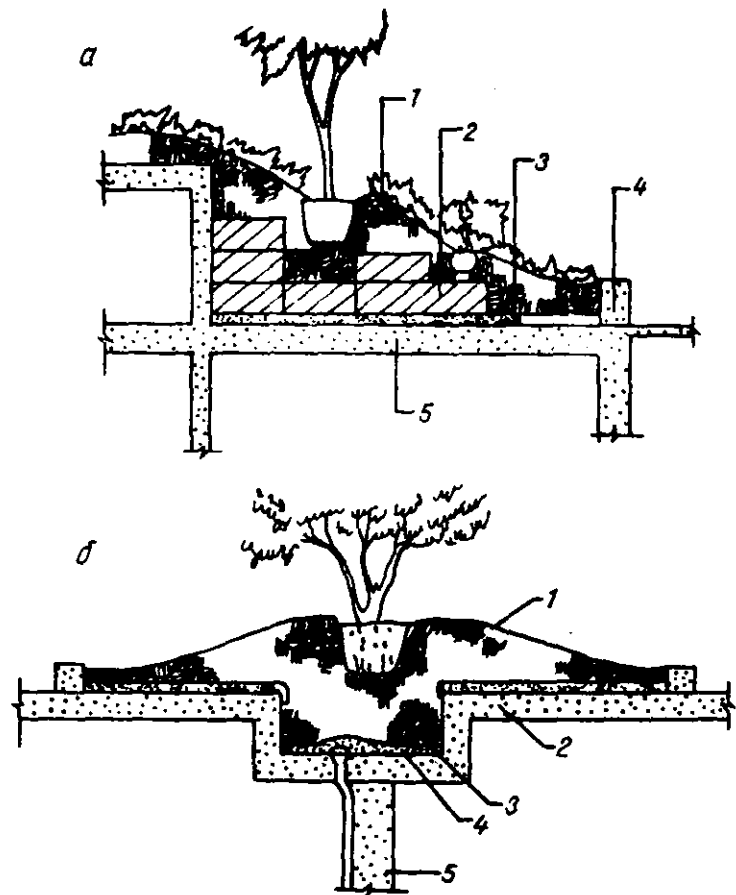


Рис. 63. Озелененные плоские крыши: а — использование пенополистирола для снижения нагрузки на перекрытие (1 — грунт; 2 — пенополистирол; 3 — дренажи; 4 — слив; 5 — плита перекрытия); б — расположение крупных растений над колоннами каркаса (1 — грунт; 2 — перекрытие; 3 — фильтрующий слой; 4 — дренаж; 5 — несущая колонна),

оказалась как бы выдвинутой за пределы здания. В результате на уровне второго этажа образовались небольшие плоские крыши. Авторы проекта предложили превратить их в индивидуальные озелененные участки, принадлежащие соответствующим квартирам второго этажа.

Подобное использование крыши удобно во всех случаях реконструкции многоэтажного жилого дома, когда к отдельным его частям надстраивается различное количество этажей либо к торцам или продольным фасадам пристраиваются дополнительные объемы ступенчатой по вертикали композиции.

Широкое применение такого архитектурного приема позволит не только снизить потребление энергии, но и заметно повысить эстетический уровень целых жилых районов.

IV. 2. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

До 1979 г. отечественные нормы проектирования по строительной теплотехнике содержали требование по определению сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций лишь по санитарно-гигиеническим условиям. В то же время в отечественных нормах проектирования, вышедших в послевоенный период, содержались указания на необходимость и целесообразность уточнения величины требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций путем экономического расчета.

СНиП II-3-79 "Строительная теплотехника" впервые закрепили положение о том, что сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций следует принимать равным экономически целесообразному сопротивлению теплопередаче, определенному из условия обеспечения наименьших приведенных затрат (учитывающих стоимость утеплителя и энергии, затрачиваемой на отопление зданий), но не менее требуемого сопротивления теплопередаче по санитарно-гигиеническим условиям.

В целях повышения тепловой защиты зданий и сооружений, обеспечивающей экономию энергии на отопление, Госстрой СССР в 1980 г. признал необходимым уточнить СНиП II-3-79* в части определения экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий.

До корректировки указанной главы СНиП установлены временные коэффициенты повышения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций $K_{эф}$, рассчитываемого по формуле (1) СНиП II-3-79* и по табл. 9а СНиП II-3-79**. Эти коэффициенты дифференцированы в зависимости от назначения и этажности зданий, а также конструкции стен и применяемых материалов. Например, в общественных зданиях для наружных стен

из однослойных легкобетонных панелей указанный коэффициент $K_{эф} = 1,1$, а для однослойных панелей из ячеистых бетонов $K_{эф} = 1,3$.

Теперь формула (1) СНиП II-3-79* может быть переписана в другом виде:

$$R_0^{TP} = \frac{(t_{в} - t_{н}) \cdot n}{\Delta t^H \cdot \alpha_{в}} \cdot K_{эф}.$$

При проектировании типовых конструкций по этой формуле могут определяться допускаемые области применения ограждений (из различных материалов и различной толщины) как в отношении районов, так и объектов строительства.

СНиП II-3-79* предъявляют повышенные требования к ограждающим конструкциям: сопротивление теплопередаче следует принимать равным экономически целесообразному сопротивлению теплопередаче $R_0^{ЭК}$, определенному из условия обеспечения наименьших приведенных затрат, причем, нормируется приведенное сопротивление теплопередаче с учетом влияния стыков, обрамляющих ребер и других теплопроводных включений. По ГОСТ 26254-84, коэффициент теплотехнической однородности для однослойных панелей должен быть не ниже 0,85—0,9; для трехслойных панелей с эффективным утеплителем и железобетонными ребрами — не ниже 0,5—0,65. В работе [35] введен коэффициент тепловой эффективности конструкции $K_{эф}$, равный отношению экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_0^{ЭК}/R_0^{TP}$. Тогда необходимое сопротивление теплопередаче панельных стен вне теплопроводных включений с учетом повышающихся коэффициентов r и $K_{эф}$ можно записать

$$R_0^* = \frac{R_0^{TP} \cdot K_{эф}}{r},$$

где R_0^{TP} — требуемое сопротивление теплопередаче, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, определяемое по формуле (1) СНиП II-3-79*.

Для однослойных панелей стен при $r = 0,85$ и $K_{эф} = 1,2$ $R_0^* = 1,41 R_0^{TP}$; для трехслойных стен с эффективным утеплителем и железобетонными ребрами при $r = 0,6$ и $K_{эф} = 2,2$ $R_0^* = 3,67 R_0^{TP}$.

Большинство предприятий крупнопанельного домостроения Средней Азии выпускает керамзитобетонные панели толщиной 30 см, объемной массой 1200—1400 $кг/м^3$, которые не обеспечивают требуемого уровня теплозащиты по экономически целесообразному сопротивлению теплопередаче во многих районах строительства.

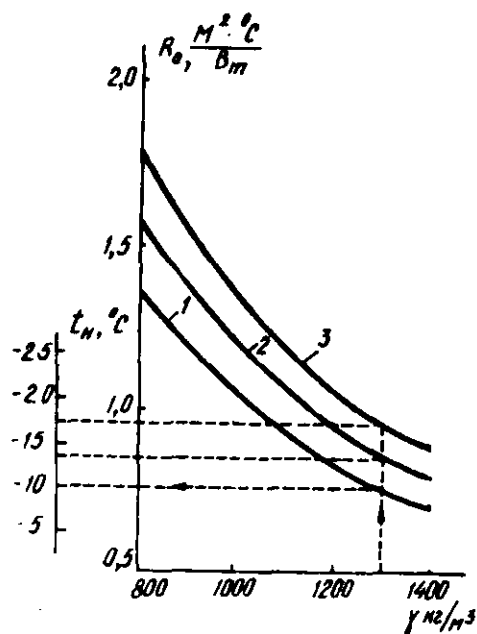


Рис. 64. Зависимость общего сопротивления теплопередаче (R_0) от объемной массы керамзитобетона (γ) при толщине стен: 1—30 см; 2—35 см; 3—40 см.

Е. И. Угрюмовым определены зависимости сопротивлений теплопередаче R_0 , рассчитанных по формуле (4) и (5) СНиП II-3-79*, от значений объемной массы керамзитобетона при толщине панелей 30; 35; 40 см, слева от которых помещена шкала расчетных зимних температур от -5 до $-25^\circ C$ (рис. 64). Так как все эти конструкции средней инерционности ($4 < D < 7$), расчетная зимняя температура наружного воздуха будет соответствовать средней температуре наиболее холодных суток (трех суток) $t_{н.з.}$. Например, для Термеза, Ташкента и Нукуса расчетные зимние температуры соответственно равны $-10,5$; $-16,5$; $-21,5^\circ C$. Из графиков рис. 64 следует, что при объемной массе керамзитобетона 1300 кг/м^3 для Термеза достаточна толщина стен 30 см, а для Ташкента необходимо принять 40 см. Для Нукуса требуется принять стеновые панели толщиной 40 см при объемной массе керамзитобетона не более 1200 кг/м^3 . При унифицированной для Средней Азии толщине стеновых панелей 30 см объемная масса керамзитобетона должна быть не выше $900\text{--}1000 \text{ кг/м}^3$. Проведенные расчеты позволили установить, что в условиях Средней Азии для многих районов применение однослойных керамзитобетонных стен не позволит

обеспечить их теплозащитные качества до экономически целесообразного уровня без увеличения их толщины до 40 см и более. По этой причине необходимо переходить на применение слоистых панелей с эффективными теплоизолирующими материалами, обладающими значительным термическим сопротивлением.

В климатических условиях Средней Азии целесообразно учитывать фактор солнечной радиации как дополнительный источник зимних теплоступлений и снижения общей отопительной нагрузки. По методике, изложенной в работе [36], были рассчитаны притоки солнечной радиации на горизонтальную и вертикальную поверхности в отопительный период для нескольких пунктов наблюдений Узбекистана и интенсивность теплового потока суммарной солнечной радиации, которые приводятся в табл. 40. За отопительный период принята часть года, включающая период со второй половины октября по первую половину марта.

Таблица 40

Суммы тепла солнечной радиации на различно ориентированные поверхности в отопительный период, Вт/м² (по данным Е. И. Угрюмова)

Пункт	Горизонтальная поверхность	Вертикальная				
		Ю	ЮВ, ЮЗ	В, З	СВ, СЗ	С
Термез	122	134	107	63	28	25
Самарканд	105	118	97	58	28	21
Ташкент	97	114	92	54	21	20
Нукус	96	129	107	59	23	21

Все ограждающие конструкции, облучаемые солнцем, поглощают тепло и в той или иной мере являются коллекторами. Степень восприятия солнечного тепла можно охарактеризовать параметром Sr_n , где S — коэффициент теплоступлений солнечной радиации, r_n — сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт. Чем больше параметр Sr_n , тем выше эффективность коллектора. Характеристики тепло-восприятия некоторых типов ограждающих конструкций приводятся в табл. 41.

Среднесуточная температура наружного воздуха t_n , при которой солнечное тепло поступает в помещение при различных ограждающих конструкциях, определяется из выражения

$$t_n = t_b - S \cdot r_n \cdot I,$$

где t_b — температура внутреннего воздуха, °С;

Таблица 41

Величина восприятия солнечного тепла в зависимости от типа ограждения
(по данным Е. И. Угрюмова)

Тип ограждающих конструкций	Параметр Sr_n , $м^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
Стена светлого цвета	0,026
Стена темного цвета	0,037
Оребренная стена темного цвета; стена с жалюзийным экраном	0,074
Остекленная стена (стена Тромба) с одним рядом стекла, $\delta = 4-6$ мм; окно с одинарным остеклением, $\delta = 2,5-3$ мм	0,16
Остекленная стена (стена Тромба) с двумя рядами стекла, $\delta = 4-6$ мм; окно с двойным остеклением, $\delta = 2,5-3$ мм	0,25
Тройное остекление, $\delta = 4-6$ мм	0,3

I — интенсивность солнечной радиации, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Например, в Ташкенте при южной ориентации ($I = 114 \text{ Вт}/\text{м}^2$) через стену темного цвета ($Sr_n = 0,037 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) тепловой поток направлен в помещение при наружной температуре $13,7^\circ\text{C}$ и выше, через стену Тромба или окно с двойным остеклением ($Sr_n = 0,25 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ — при наружной температуре $-10,5^\circ\text{C}$ и выше).

Теплофизические требования к наружным ограждающим конструкциям. Расчетные величины физических показателей строительных материалов приводятся в СНиП II-3-79** и табл. 28. "Пособия по проектированию ограждающих конструкций зданий". М., 1967.

Теплозащитные свойства наружных ограждений в зимних условиях оцениваются по величине сопротивления теплопередаче R_o , а в летних условиях — по теплоустойчивости.

Характеристикой затухания тепловой волны в толще однородного ограждения служит показатель тепловой инерции D , который определяется как произведение термического сопротивления R на коэффициент теплоусвоения S .

$$D = RS = \frac{\delta}{\lambda} \sqrt{\lambda c \gamma \omega} = \delta \sqrt{\frac{\omega}{\alpha}},$$

где R — термическое сопротивление, $^\circ\text{C м}^2/\text{Вт}$;

S — коэффициент теплоусвоения материала, $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$;

δ — толщина слоя, м;
 λ — коэффициент теплопроводности, Вт/м °С;
 c — удельная теплоемкость, кДж/кг °С;
 γ — объемный вес, кг/м³;

ω — угловая частота колебания $\omega = \frac{1}{T}$, час⁻¹;

T — период колебания, час;

a — коэффициент температуропроводности, м²/час.

Для многослойного ограждения показатель тепловой инерции конструкции равен сумме показателей тепловой инерции отдельных слоев.

$$\Sigma D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + R_3 S_3 + \dots + R_n S_n,$$

где $R_1, R_2, R_3 \dots R_n$ — термические сопротивления отдельных слоев ограждения, °С м²/Вт;

$S_1, S_2, S_3 \dots S_n$ — коэффициенты теплоусвоения материалов слоев при периоде 24 ч., Вт/м² °С, принимаемые по СНиП II-3-79**.

Для материалов, не приведенных в таблице 1 СНиП II-3-79**, величины коэффициента теплоусвоения следует вычислять по формуле

$$S_n = 0,51 \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \gamma}.$$

При теплотехнической оценке наружных ограждающих конструкций рекомендуется учитывать следующие положения.

1. Применение тонких и легких ограждений в современных зданиях может привести к увеличению дневной температуры в помещениях на несколько градусов по сравнению с традиционными массивными сооружениями.

2. Преувеличение роли теплоустойчивости наружных ограждений не способствует снижению дневной температуры, но затрудняет охлаждение помещений в ночные часы.

3. Солнцезащита непрозрачных участков ограждающих конструкций позволит снизить требования к теплоустойчивости в дневные часы, уменьшить массивность, улучшив микроклиматические условия.

Расчет сопротивления теплопередаче. Величину сопротивления теплопередаче многослойных ограждений R_0 вычисляют по формуле

$$R_0 = R_{\text{в}} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{\text{н}},$$

где $R_{\text{в}}$ — сопротивление теплообмену на внутренней поверхности, принимаемое равным $0,115 \text{ }^{\circ}\text{C м}^2/\text{Вт}$;

$R_1, R_2, \dots R_n$ — термические сопротивления отдельных слоев ограждения, $^{\circ}\text{C м}^2/\text{Вт}$;

$R_{\text{н}}$ — сопротивление теплообмену на наружной поверхности ограждения, принимаемое равным $0,043 \text{ }^{\circ}\text{C м}^2/\text{Вт}$.

Термическое сопротивление однородного ограждения или отдельного слоя многослойного ограждения вычисляется по формуле

$$R = \frac{\delta}{\lambda},$$

где δ — толщина слоя, м;

λ — коэффициент теплопроводности материала, $\text{Вт/м }^{\circ}\text{C}$ (СНиП II-2-79**).

Если конструкция состоит из участков неоднородных в направлении, перпендикулярном тепловому потоку, одномерность температурного поля нарушается. Приближенное значение термического сопротивления в этом случае определяется следующим образом. Ограждение разбивается на отдельные площади, в пределах которых конструкция однородна в направлении теплового потока. Термическое сопротивление толщи ограждения определяется по формуле

$$R = \frac{F_1 + F_2 + F_3 + \dots}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \frac{F_3}{R_3} + \dots},$$

где F_1, F_2, F_3 — отдельные площади ограждения, в пределах которых конструкция однородна в направлении, перпендикулярном к тепловому потоку;

R_1, R_2, R_3 — термические сопротивления толщи ограждения в пределах этой площади.

Если конструкция состоит из неоднородных материалов как в параллельном, так и в перпендикулярном направлении к тепловому потоку (пустотелые блоки и камни, панели с вкладышами и т. п.), необходимо воспользоваться следующим методом расчета:

а) характерная площадь ограждения разбивается сечениями, параллельными тепловому потоку, и сопротивление определяется $R_{\text{ш}}$.

б) ограждение разбивается на характерные слои плоскостями, перпендикулярными к тепловому потоку. Определяются термические

сопротивления этих характерных слоев, которые затем суммируются между собой, как термические сопротивления слоев, последовательно расположенных по направлению потока тепла. Полученная таким образом величина термического сопротивления обозначается $R_{\perp}$.

Если величина $R_{\perp}$ превышает величину $R_{\perp}$ не более чем на 25%, то термическое сопротивление всего ограждения вычисляется по формуле

$$R = \frac{R_{\perp} + 2R_{\perp}}{3}.$$

Если величина $R_{\perp}$ превышает величину $R_{\perp}$ больше чем на 25%, а также если ограждение имеет выступы в плане, то его термическое сопротивление следует вычислять по расчету температурного поля.

При наличии в ограждении замкнутых воздушных прослоек их термические сопротивления $R_{в.п.}$ принимаются по табл. 42.

Приведенные в табл. 42 величины $R_{в.п.}$ соответствуют разности температур на поверхности прослоек, равной 10° . Для уточнения расчетов при меньшей разности температур необходимо величину $R_{в.п.}$, приведенную в таблице, умножить на коэффициент:

- 1,05 — при разности температур 8°C ;
- 1,10 — при разности температур 6°C ;
- 1,15 — при разности температур 4°C ;
- 1,20 — при разности температур 2°C ;

Значение коэффициента теплообмена на внутренней поверхности $\alpha_{в}$ рекомендуется принимать равным $8,7 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а величину сопротивления теплообмену на внутренней поверхности $R_{в} = \frac{1}{\alpha_{в}}$, равной $0,115 \text{ }^{\circ}\text{C м}^2/\text{Вт}$.

Сопротивление теплообмену у наружной поверхности ограждения определяется по формуле

$$R_{н} = \frac{1}{\alpha_{н}},$$

где $\alpha_{н}$ — коэффициент теплообмена у наружной поверхности ограждения, $\text{Вт/м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Коэффициент теплообмена у наружной поверхности в зимних условиях рассчитывается по следующим формулам:

1) для поверхностей, соприкасающихся непосредственно с наружным воздухом

а) наружных стен

$$\alpha_{н} = 1 + 10\sqrt{v};$$

б) покрытий

$$\alpha_n = 1 + 5 \cdot v^{0,8} \cdot l_{\text{мин}}^{-0,2};$$

2) для поверхностей, непосредственно не соприкасающихся с наружным воздухом

Таблица 42

Термические сопротивления замкнутых воздушных прослоек

Толщина прослойки, мм	$R_{в.п.} \text{ } ^\circ\text{C м}^2/\text{Вт}$			
	для горизонтальных прослоек при потоке тепла снизу вверх и для вертикальных прослоек		для горизонтальных прослоек при потоке тепла сверху вниз	
	при положительной температуре воздуха в прослойке	при отрицательной температуре воздуха в прослойке	при положительной температуре воздуха в прослойке	при отрицательной температуре воздуха в прослойке
10	0,13	0,15	0,13	0,16
20	0,14	0,16	0,16	0,20
30	0,14	0,17	0,17	0,21
50	0,14	0,18	0,18	0,22
100	0,15	0,19	0,19	0,23
150	0,16	0,20	0,20	0,24
200—300	0,16	0,21	0,20	0,24

а) выходящих на чердак $\alpha_n = 8,12 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

б) над холодными подвалами и подпольями $\alpha_n = 5,8 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$l_{\text{мин}}$ — наименьший размер покрытия в плане, м;

v — расчетная зимняя скорость ветра, м/с (принимается по графе 4 табл. 5).

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции определяется по формуле

$$t_v = t_n - \frac{t_v - t_n}{R_0} \cdot R_v.$$

Температура поверхности, обращенной в сторону помещения любого слоя ограждающей конструкции при нумерации слоев в направлении от внутренней поверхности ограждения к наружной, определяется по формуле

$$t_n = t_b - \frac{t_b - t_n}{R_0} (R_b + \Sigma R_{n-1}),$$

- где t_n — температура определяемого слоя, °С;
 t_b — температура воздуха в помещении, °С;
 t_n — температура наружного воздуха, °С;
 R_0 — сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, °С м²/Вт;
 R_b — сопротивление теплообмену на внутренней поверхности, °С м²/Вт;
 ΣR_{n-1} — сумма термических сопротивлений (n-1) слоев конструкции, расположенных между ее внутренней поверхностью и поверхностью, температура которой определяется (t_n), °С м²/Вт.

Величина сопротивления теплопередаче наружных ограждений должна быть не менее требуемого сопротивления R_0^{TP} , определяемого по формуле

$$R_0^{TP} = \frac{(t_b - t_n) \cdot n \cdot R_b}{\Delta t^n} \cdot K_{эф}.$$

- где t_b — расчетная температура внутреннего воздуха;
 t_n — расчетная зимняя температура наружного воздуха, принимаемая по табл. 5;
 Δt^n — нормируемый перепад между температурой внутренней поверхности ограждения, принимаемый для наружных стен не более 6 °С и для бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий не более 4 °С;
 R_b — сопротивление теплообмену на внутренней поверхности ограждения $R_b = 0,115$ °С м²/Вт;
 n — коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху (для наружных стен, бесчердачных покрытий (совмещенных крыш) и перекрытий над проездами $n = 1,0$; для чердачных перекрытий и бесчердачных покрытий с вентилируемыми каналами $n = 0,9$, для перекрытий над холодными подпольями, расположенными выше уровня земли, $n = 0,75$; для перекрытий над неотапливаемыми подвалами при наличии окон в наружных стенах подвала $n = 0,6$; при отсутствии окон $n = 0,4$);
 $K_{эф}$ — коэффициент запаса, принимаемый по табл. 9а* СНиП II-3-79**.

Сопротивление теплопередаче слоистых панелей совмещенных покрытий рекомендуется увеличивать на 10%. При расчете термического сопротивления покрытий с осушающей вентиляцией в виде каналов следует учитывать толщину покрытия от его нижней поверхности (потолка) до центра каналов.

При определении сопротивления теплопередаче R'_0 ограждающих конструкций (стен и покрытий) с щелевой воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, в расчет вводится только часть конструкции, которая расположена между прослойкой и помещением. В этом случае

$$R'_0 = \frac{1}{\alpha_{пр}} + R' + R_{в},$$

где $\alpha_{пр}$ — коэффициент теплообмена в вентилируемой прослойке, принимаемый равным $11,6 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$;

R' — термическое сопротивление вентилируемой конструкции, расположенной ниже воздушной прослойки, $^\circ\text{C м}^2/\text{Вт}$;

$R_{в}$ — сопротивление теплообмену на внутренней поверхности ограждения, $R_{в} = 0,115 \text{ } ^\circ\text{C м}^2/\text{Вт}$.

Температура внутренней поверхности ограждения теплопроводными включениями проверяется в соответствии со СНиП II-3-79**.

Расчет теплоустойчивости ограждений в летних условиях. В климатических районах Средней Азии необходима проверка ограждающих конструкций на теплоустойчивость, показатель тепловой инерции которых не превышает: для стен — 3,5 и для покрытий — 4,0.

При теплотехнических расчетах для летних условий все периодические тепловые воздействия представляются в виде гармоник с суточным периодом, характеризующихся среднесуточным значением температуры и амплитудой колебания.

Действие солнечной радиации на облучаемые поверхности заменяется эквивалентной температурой:

$$t_{э\text{кв}} = \frac{\rho \cdot I}{\alpha_n};$$

$$A_{t_{э\text{кв}}} = \frac{\rho(I_{\text{макс}} - I_{\text{ср.сут}})}{\alpha_n};$$

$$t_{\text{сум}} = t_n + t_{э\text{кв}};$$

$$A_{t_{\text{сум}}} = (A_{t_n} + A_{t_{э\text{кв}}})\varphi,$$

где t_n , $t_{\text{экв}}$, $t_{\text{сум}}$ — среднесуточные значения температуры наружного воздуха (табл. 43), эквивалентной и суммарной температуры, °С;

$I_{\text{макс}}$, $I_{\text{ср.сут}}$ — соответственно максимальное и среднесуточное значение интенсивности суммарной радиации, падающей на наружную поверхность ограждения, Вт/м² (принимаются по табл. 3, графы 8 и 12) настоящего пособия;

Таблица 43

Расчетные летние значения температуры наружного воздуха и скорости ветра в июле (по данным Е. И. Угрюмова)

Климатические районы	Температура, °С			Допустимая амплитуда на внутренней поверхности	Скорость ветра, м/с
	максимальная	суточная	амплитуда		
Верховье Амударьи (Термез, Денау, Шерабад)	44	33	11	1,0	2,3
Каршинская степь (Карши)	43	34	9	1,0	4,4
Мургабский (Мары, Иолотань, Байрам-Али)	43	35	8	1,0	2,7
Голодная степь (Гулистан, Джизак)	42	34	8	1,1	1,2
Кызылкумы (Тамды)	42	35	7	1,1	4,0
Ашгабатский, Чарджуский, Бухарский (Бухара, Каган, Навои)	42	35	7	1,1	2,5
Бухарский (Бухара, Каган, Навои)	40	32	8	1,2	4,0
Низовье Амударьи (Кунград, Нукус, Ургенч)	40	32	8	1,2	4,5
Душанбинский	40	30	10	1,2	1,2
Ташкентский (Ташкент, Чирчик)	40	31	9	1,2	1,7
Прикаспийский (Красноводск)	39	32	7	1,3	5,4
Ферганская долина (Наманган, Андижан, Коканд)	39	31	8	1,3	1,8
Северный Каракалпакстан (Чурук)	39	31	8	1,3	4,0
Ферганский оазис (Фергана)	38	30	8	1,3	1,7
Самаркандский оазис (Самарканд)	38	29	9	1,3	1,8

ρ — коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхностью (табл. 45);
 φ — коэффициент несовпадения максимумов температуры наружного воздуха и солнечной радиации (табл. 44);
 α_n — коэффициент теплообмена у наружной поверхности, Вт/м² °С (табл. 44)

Таблица 44

Значение коэффициента φ в зависимости от различия времени максимумов солнечной радиации $I_{\max}$, максимальной температуры наружного воздуха $t_{\max}$ и отношения амплитуд $A_{I_{\max}}$ и $A_{t_{\max}}$

Отношение $\frac{A_{I_{\max}}}{A_{t_{\max}}}$	Различие времени, час									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,99	0,96	0,92	0,87	0,79	0,71	0,61	0,5	0,38	0,26
2	0,99	0,97	0,93	0,88	0,82	0,75	0,66	0,57	0,59	0,41
3	0,99	0,97	0,94	0,90	0,85	0,79	0,73	0,66	0,60	0,51
4	1,00	0,98	0,96	0,93	0,89	0,85	0,81	0,76	0,73	0,69

Примечание: Время максимальной температуры наружного воздуха для всех районов принимается 15 час.

Коэффициент теплообмена у наружной поверхности в летних условиях рассчитывается по следующим формулам:

для поверхностей, соприкасающихся непосредственно с наружным воздухом

а) наружных стен

$$\alpha_n = 5 + 10\sqrt{v}$$

б) покрытий

$$\alpha_n = 7,5 + 5 \cdot v^{0,8} \cdot l_{\min}^{-0,2}$$

В формулах (а) и (б)

$l_{\min}$ — наименьший размер в плане, м;

Таблица 45

Значения коэффициента поглощения солнечной радиации ρ
строительными материалами

Алюминий окисленный	0,54
Алюминий строительный (чистый)	0,22
Асбоцемент плотный (серый)	0,60
Асбоцемент волнистый	0,61
Асфальт новый	0,89
Асфальт старый	0,67
Бетон цементный (шероховатая поверхность)	0,58
Бетон (плоская гладкая поверхность)	0,54—0,65
Газозолобетон серый	0,74
Газозолобетон красный	0,82
Газосиликат	0,56—0,59
Дюралюминий шлифованный матовый	0,52
Дерево некрашенное	0,59
Дерево крашенное темно-желтое	0,77
Дерево светло-желтое	0,60
Железо кровельное черное	0,90
Железо оцинкованное темное	0,68—0,79
Железо полированное, а также эмалированное белое	0,32
Керамзит гранулированный	0,80—0,85
Керамзитобетон	0,75—0,82
Керамика светлая облицовочная	0,45
Кирпич глазурованный белый	0,26
Кирпич обыкновенный светло-коричневый	0,55
Кирпич красный	0,70—0,74
Кирпич силикатный белый (защищенная поверхность)	0,58—0,68
Краска масляная:	
кармин	0,52
ультрамарин	0,64
кобальт зеленый, светлый	0,58
коричневая	0,65
кобальт фиолетовый	0,83
изумрудная	0,61
охра золотистая	0,44
сепия	0,64
сиена жженая	0,91
синяя	0,80

Продолжение табл. 45

Мрамор белый шлифованный	0,30
Мрамор темный шлифованный	0,65
Перлитобетон	0,55
Побелка известковая	0,28
Побелка силикатная (плоская)	0,70
Рубероид :	
РБ-420 с крупнозернистой бронирующей посыпкой	0,91
РО-350 со слюдяной посыпкой	0,76
РМ-350 с минеральной посыпкой	0,84
РМ-350, покрытый алюминиевой краской	0,42
с серой песчаной посыпкой	0,88
с красной песчаной посыпкой	0,94
с зеленой посыпкой	0,90
Штукатурка:	
известковая светлая, цвета золотистой охры	0,42
темно-серая	0,73
белая новая	0,40
светло-голубая, светлая	0,59
цвета терракот	0,67
окись хрома светлая	0,55
цементная белая, слегка голубоватая	0,32
темно-бронзовая	0,58
кремовая	0,42

v — расчетная летняя скорость ветра, м/с, принимаемая по графе 6 табл. 2, 43.

Расчетные значения среднесуточной температуры наружного воздуха и амплитуды ее колебания для климатических районов Средней Азии принимаются по табл. 2, 43.

Теплоустойчивость наружной ограждающей конструкции проверяется по амплитуде колебания температуры на внутренней поверхности отдельно взятого ограждения, обусловленной колебаниями суммарной температуры с учетом действия солнечной радиации. Расчет теплоустойчивости производится для неблагоприятно ориентированного ограждения, то есть ограждение, которое с внешней стороны находится под воздействием наибольшего колебания суммарной температуры $A_{t_{\text{сум}}}$.

Полученное в результате расчета значение амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности ограждения не должно превышать нормируемого значения:

$$A_{\tau, \text{н.}} = A_{\tau, \text{н.}}^{\text{нр.}}$$

Нормируемая амплитуда колебания температуры на внутренней поверхности ограждения принимается по таблице или вычисляется в зависимости от среднемесячной температуры наружного воздуха по формуле

$$A_{\tau, \text{н.}}^{\text{нр.}} = 2,5 - 0,1(t_n - 21),$$

где t_n — среднемесячная температура в июле по СНиП 2.01.01.82.

Расчет теплоустойчивости конструкций без вентилируемых воздушных прослоек. Амплитуда колебания температуры на внутренней поверхности ограждения без вентилируемой воздушной прослойки определяется по формуле

$$A_{\tau, \text{н.}} = \frac{A_{t_{\text{сум}}}}{\nu}$$

Величина затухания в слоистых конструкциях без вентилируемой воздушной прослойки

$$\nu = 0,9 \cdot e^{\frac{1D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(S_1 + \alpha_n)(S_2 + Y_1)(S_3 + Y_2) \dots (S_n + Y_{n-1})(\alpha_n + Y_n)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2)(S_3 + Y_3) \dots (S_n + Y_n) \cdot \alpha_n}$$

В частном случае для однослойного ограждения формула примет вид

$$\nu = 0,9 \cdot e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(S_1 + \alpha_n)(\alpha_n + Y_1)}{(S_1 + Y_1) \cdot \alpha_n},$$

где D — показатель тепловой инерции, вычисляемый по формуле на стр. 223;

$S_1, S_2 \dots S_n$ — коэффициенты теплоусвоения материалов слоев при периоде 24 часа, Вт/м² °С принимаем по СНиП II-3-79** или по формуле на стр. 224;

$Y_1, Y_2 \dots Y_n$ — коэффициенты теплоусвоения наружных поверхностей отдельных слоев ограждения, Вт/м² °С.

Коэффициенты теплоусвоения наружных поверхностей отдельных слоев ограждения Y_k , в зависимости от показателя тепловой инерции D слоя, определяются следующим образом:

1) если слой имеет $D_k \geq 1$, то для него $Y_k = S_k$, то есть коэффициенту теплоусвоения материала этого слоя;

2) если слой имеет $D_k < 1$, то для него величину вычисляют по формуле

$$Y_k = \frac{R_k \cdot S_k^2 + Y_{k-1}}{1 + R_k \cdot Y_{k-1}},$$

где Y_{k-1} — коэффициент теплоусвоения наружной поверхности предыдущего слоя;

3) если первый слой ограждения имеет $D_1 < 1$, то для него величину Y_1 определяют по формуле

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot S_1^2 + \alpha_n}{1 + R_1 \cdot \alpha_n}.$$

При наличии в ограждении неветилируемой воздушной прослойки коэффициент теплоусвоения ее наружной поверхности вычисляется по формуле Y_k (для воздуха $S = 0$). Рассчитывать величину коэффициентов теплоусвоения наружных поверхностей слоев ограждения нужно последовательно с первого слоя, считая от внутренней поверхности.

Коэффициент теплообмена α_n вычисляется по формуле, приведенной на стр. 231.

Значение коэффициента теплообмена у внутренней поверхности рекомендуется принимать равным $8,7 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}$.

Для облегченных ограждающих конструкций, показатель тепловой инерции D которых не превышает 1,5, затухание определяется по формуле

$$\nu = R_0 \cdot \alpha_n,$$

где R_0 — сопротивление теплопередаче, $^\circ\text{С м}^2/\text{Вт}$;

α_n — коэффициент теплообмена на внутренней поверхности ограждения, $\text{Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}$.

Расчет теплоустойчивости стен с вентилируемой воздушной прослойкой (метод Е. И. Угрюмова). Расчетная схема приводится на рис. 65. Метод расчета теплоустойчивости стен с вентилируемой воздушной прослойкой основан на определении условной амплитуды колебания температуры прослойки $A_{\text{гп}}$, которая затем подставляется

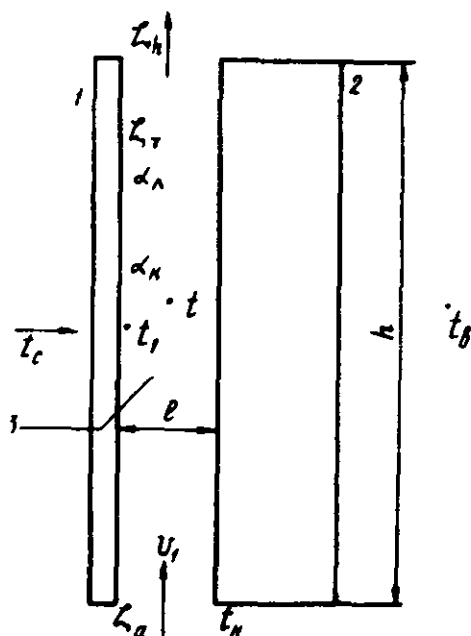


Рис. 65. Расчетная схема стены с вентилируемой воздушной прослойкой: 1 — солнцезащитный экран; 2 — утеплитель; 3 — вентилируемая воздушная прослойка.

в формулу (стр. 234) в качестве температурного воздействия на подэкранную часть с коэффициентом теплообмена прослойки

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_d.$$

В расчет принимается, что время наступления максимальной температуры на внутренней поверхности экрана и воздуха в прослойке совпадает с максимальным значением суммарной температуры внешней среды

$$A_{t_{\text{пр}}} = \frac{\alpha_d}{\alpha} \cdot A_{t_1} + \frac{\alpha_k}{\alpha} \cdot A_t,$$

где $A_{t_{\text{пр}}}, A_{t_1}, A_t$ — амплитуды колебания температуры прослойки, температуры внутренней поверхности экрана и воздуха в прослойке °С;

α_d, α_k — коэффициенты лучистого и конвективного теплообмена в прослойке.

Амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности экрана A_{t_1} и воздуха в прослойке A_t определяются по формулам

$$A_{t1} = \frac{K_1 \cdot f \cdot A_{t_{\text{сум}}} + \alpha_k \cdot f_2(1 - 2a) \cdot A_{t_n}}{(K_1 + \alpha) \cdot f_1 - q},$$

$$A_t = \frac{a \cdot K_1 \cdot f_2 \cdot A_{t_{\text{сум}}} + b(1 - 2a) \cdot A_{t_n}}{(K_1 + \alpha) f_1 - q};$$

$$K_1 = \left(\frac{1}{\alpha_n} + R_1\right)^{-1}; \quad b = K_1 \cdot \alpha \cdot v_{\text{пр}} + \alpha^2 v_{\text{пр}} - \alpha_n^2;$$

$$a = 0,5 \left(1 - \frac{1 - e^p}{p}\right); \quad p = \frac{\alpha_k \cdot h}{477 \cdot v_1 l};$$

$$f_1 = \alpha \cdot v_{\text{пр}} - a \cdot \alpha_k; \quad f_2 = \alpha \cdot v_{\text{пр}} + \alpha_n;$$

$$q = \alpha_n^2 + a \alpha_k \cdot (2\alpha_n + \alpha \cdot v_{\text{пр}}),$$

- где R_1 — термическое сопротивление экрана, $^{\circ}\text{С м}^2/\text{Вт}$;
 $A_{t_{\text{сум}}}$ — амплитуда колебания суммарной температуры, $^{\circ}\text{С}$;
 A_{t_n} — амплитуда колебания температуры наружного воздуха, $^{\circ}\text{С}$;
 S_n — коэффициент теплоусвоения материала подэкранной части стены, примыкающей к прослойке $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{С}$;
 α — условный коэффициент теплообмена прослойки, $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{С}$, равный $\alpha_k + \alpha_n$;
 l_1, h — ширина и высота воздушной прослойки, м;
 v_1 — средняя по высоте скорость движения воздуха в прослойке, м/с;
 C — теплоемкость воздуха, $\text{кДж}/\text{кг } ^{\circ}\text{С}$;
 e — основание натуральных логарифмов;
 $v_{\text{пр}}$ — величина затухания в прослойке

$$v_{\text{пр}} = \frac{Y_n + \alpha}{\alpha},$$

$$Y_n = \frac{R_n \cdot S_n^2 + Y_{n-1}}{1 + R_n \cdot Y_{n-1}}$$

- где Y_n — коэффициент теплоусвоения наружной поверхности подэкранной части ограждения;
 Y_{n-1} — коэффициент теплоусвоения наружной поверхности предыдущего слоя.

Скорость движения воздуха в прослойке определяется по формуле

$$v_1 = 4,44 \left[\frac{h(A_t - A_{t_n})}{\xi(t_{\text{сум}} + 273)} \right]^{0,5};$$

$$\xi = \xi_t + \xi_o + \xi_h,$$

где $t_{\text{нм}}$ — максимальная температура наружного воздуха, °C определяемая по табл. 2, 43.

A_t , $A_{tн}$ — амплитуда колебания температуры воздуха в прослойке и температуры наружного воздуха, табл. 2, 43.

ξ — суммарное гидравлическое сопротивление в прослойке;

ξ_t, ξ_o, ξ_h — гидравлическое сопротивление трения по высоте прослойки, на входе и выходе из прослойки.

Гидравлическое сопротивление трения по высоте прослойки определяется из выражения

$$\xi_t = \frac{h}{2400 \cdot v_1 \cdot l^2};$$

значения гидравлических сопротивлений на входе ξ_o и выходе воздуха из прослойки ξ_h для некоторых конструктивных схем стен с вентилируемой воздушной прослойкой приводятся на рис. 66.

Значения температуры воздуха в прослойке, скорость движения и гидравлических сопротивлений являются величинами взаимно связанными и должны определяться методом последовательных приближений.

Коэффициент лучистого теплообмена в прослойке α_l рассчитывается в зависимости от приведенной степени черноты по формуле

$$\alpha_l = 6 \cdot \varepsilon_n,$$

$$\varepsilon_n = \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)^{-1},$$

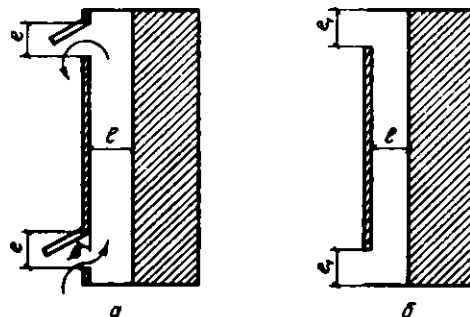
где ε_1 и ε_2 — степень черноты внутренней поверхности экрана и затененной части стены, принимаемые по табл. 47.

Коэффициент конвективного теплообмена в вертикальной вентилируемой прослойке принимается равным $1,74 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Амплитуда колебания температуры на внутренней поверхности стены с вентилируемой воздушной прослойкой определяется по формуле

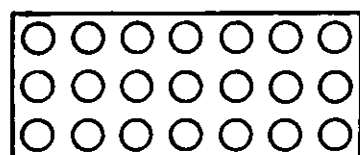
$$A_{t_{в.п.}} = \frac{A_{t_{гп.}}}{v_1}.$$

Для определения величины затухания колебаний в толще подэкранной части стены v_1 необходимо пользоваться формулой на стр. 234 и 235, подставляя вместо коэффициента α_n коэффициент теплообмена в прослойке $\alpha = \alpha_k + \alpha_l$.



ξ при β°	15,0	30,0	45,0	60,0	90,0
Приток	31,0	9,2	5,2	3,5	2,6
Вытяжка	30,0	8,6	4,7	3,3	2,5

e_1 / e	1,0	1,2	1,4	2,0
ξ	1,4	1,2	1,1	1,0



Нижняя вентиляционная решетка

F_0 / F	0,1	0,3	0,5	0,7	1,0
ξ	25,8	24,0	5,8	2,0	0,5

Рис. 66. Значение гидравлических сопротивлений для конструктивных схем стен с вентилируемой прослойкой: F_0 — площадь отверстий; F — площадь решетки; l — ширина прослойки; l_1 — высота щелей для входа и выхода воздуха.

Метод расчета теплоустойчивости покрытия с вентилируемой воздушной прослойкой основан на определении условной амплитуды колебания температуры прослойки $A_{t_{\text{гп}}}$, величины затухания колебаний в толще подэкранной части конструкции χ_1 и амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности отдельно взятого ограждения $A_{t_{\text{в.п.}}}$ (рис. 67).

Условная амплитуда колебания температуры прослойки определяется по формуле

$$A_{t_{\text{гп}}} = \frac{\alpha_n \beta_2 \cdot A_{t_{\text{сум}}} + \beta_3 A_{t_{\text{н}}} (\alpha_n + \alpha_k + 2\alpha_l)}{\{[(\alpha_n + \beta_1)\beta_1 - \beta_2^2]^2 + [0,26\beta_1 \Sigma l_k \cdot C_k]^2\}^{0,5}},$$

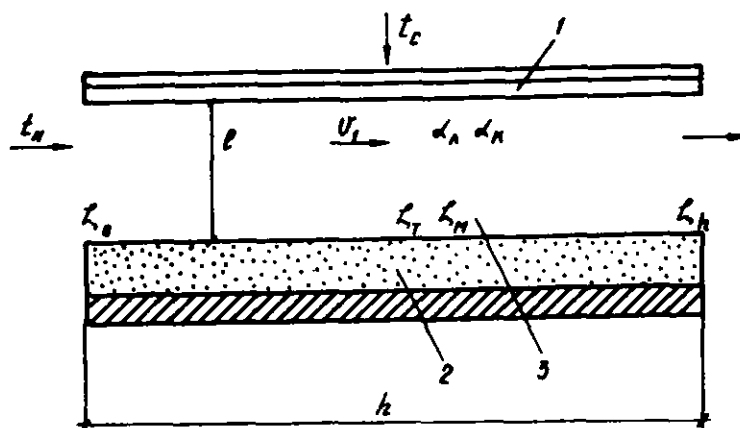


Рис. 67. Расчетная схема покрытия с вентилируемой воздушной прослойкой: 1 — верхняя часть покрытия; 2 — подэкранный слой; 3 — вентилируемая воздушная прослойка.

$$\text{где } p_1 = \frac{972 \cdot v_1 \cdot l}{\alpha_k \cdot h};$$

$$\beta_1 = \alpha_n + \alpha_k \cdot \frac{1 + p_1}{2 + p_1};$$

$$\beta_2 = \alpha_n + \frac{1}{2 + p_1};$$

$$\beta_3 = \alpha_k \frac{p_1}{2 + p_1};$$

A_{t_n} — амплитуда колебания температуры наружного воздуха, °С (принимается по табл. 2, 43).

$A_{t_{\text{сум}}}$ — амплитуда колебаний суммарной температуры с учетом действия солнечной радиации, определяемая по формуле на стр. 229;

α_n — коэффициент теплообмена у наружной поверхности покрытия, рассчитываемый по формуле на стр. 231;

α_n, α_k — коэффициенты лучистого и конвективного теплообмена в прослойке;

v_1 — скорость движения воздуха в прослойке, м/сек;

l — высота прослойки, м;

h — длина прослойки, м;

l_k — толщина K слоя конструкции, расположенного над воздушной прослойкой, м;

C_k — теплоемкость материала K слоя, кДж/кг °С.

При расчете скорости движения воздуха в прослойке покрытия учитывается только ветровой напор.

Для всех климатических районов принимается равновероятное направление ветра.

Средняя скорость движения воздуха в прослойке вентилируемого покрытия рассчитывается по формуле

$$v_1 = \frac{0,4}{\sqrt{\xi}} v,$$

где v — скорость ветра, м/с (принимается по табл. 43);
 ξ — сумма гидравлических сопротивлений в прослойке;

$$\xi = \xi_o + \xi_h + \xi_t + \xi_m.$$

Здесь ξ_o , ξ_h — сопротивления на входе и выходе воздуха из прослойки, которые следует принимать

$$\xi_o + \xi_h = 3,5;$$

ξ_t — сопротивление трения, принимается по табл. 46 в зависимости от длины и высоты вентилируемой прослойки;

ξ_m — местное сопротивление.

При сужении площади поперечного сечения прослойки

$$\xi_m = 0,5(1 - \frac{F_o}{F_1}),$$

при расширении площади поперечного сечения

$$\xi_m = 1 - \frac{F_o}{F_2}.$$

Таблица 46

Значение гидравлического сопротивления трения ξ_t в зависимости от параметров вентилируемой прослойки

Высота прослойки, м	Длина прослойки, м				
	10	20	30	40	50
0,20	1,2	2,4	3,6	4,6	5,6
0,30	0,8	1,4	2,2	2,8	3,4
0,40	0,6	1,2	1,6	1,8	2,4
0,50	0,4	0,8	1,2	1,4	1,8

Здесь F_0 — площадь узкого сечения прослойки;

F_1, F_2 — площади до и после узкого сечения соответственно.

Для обеспечения максимальной эффективности вентилирования прослойки по всей ее длине высоту прослойки необходимо принимать из соотношения

$$l = \frac{h}{420 \cdot v_1^{0,2}},$$

но не менее 20 см.

Коэффициент лучистого и конвективного теплообмена в прослойке покрытия определяется по формуле $\alpha_{\text{л}} = 6 \cdot \epsilon_{\text{п}}$.

$$\epsilon_{\text{п}} = \left(\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right)^{-1};$$

$$\alpha_{\text{к}} = 2,4 \cdot v_1^{0,8} \cdot l^{-0,2}.$$

Амплитуда колебания температуры на внутренней поверхности (потолке) вентилируемого покрытия определяется по формуле

$$A_{\text{тв.п.}} = \frac{A_{\text{тпр}} \cdot 0,85}{v_1},$$

где v_1 — величина затухания колебаний в части покрытия, расположенной ниже воздушной прослойки.

Затухание v_1 определяется по формуле на стр. 233 и 234 с заменой коэффициента на условный коэффициент теплообмена в прослойке $\alpha = 0,76 \cdot \beta_1$.

Для зданий, оборудованных системой искусственного охлаждения, теплоустойчивость отдельно взятых ограждений не нормируется. Требуемая теплоизоляция определяется технико-экономическим расчетом.

При отсутствии необходимых данных для проведения технико-экономических обоснований требуемое сопротивление теплопередаче $R_{\text{д}}^{\text{тп}}$ наружных ограждающих конструкций следует увеличить на 20% по сравнению с расчетом на зимние условия эксплуатации.

Теплотехнический расчет водонаполненных покрытий производится в соответствии с рекомендациями ("Пособие по проектированию ограждающих конструкций зданий", М. 1967).

Методы расчета теплоусвоения полов, сопротивления воздухопроницанию ограждений и влажностного состояния приводятся в СНиП II-3-79**.

Таблица 47

Степень черноты полного нормального излучения ε для различных материалов

Материал	ε
Алюминий полированный	0,04—0,06
Алюминий с шероховатой поверхностью	0,06—0,07
Алюминий листовой серый	0,07
Сталь никелированная, матовая	0,11
Железо листовое оцинкованное, блестящее	0,23
Алюминий сильно окисленный	0,2—0,3
Сталь оцинкованная	0,28
Железо листовое оцинкованное, окисленное	0,28
Алюминиевый лак по шероховатой поверхности	0,4
Алюминиевая краска	0,5
Сталь листовая шлифованная	0,6
Гипс	0,85
Дерево строганое	0,85
Кирпич красный, шероховатый	0,9
Бетон шероховатый	0,9
Эмаль белая	0,9
Стекло	0,9
Кирпичная кладка оштукатуренная	0,94
Масляная покраска	0,94
Асбестовый картон	0,96
Асбошифер	0,96

Расчет наружных ограждений зданий с солнечно-насосными термоэлектрическими устройствами (СНТУ). Обычно в практике проектирования солнечно-насосных термоэлектрических отопительно-охладительных устройств приходится пользоваться не величиной холодопроизводительности Q_x , а параметрами термобатарей (ТБ), поскольку Q_x — производная от характеристик ТБ и тепловых воздействий на нее.

Чтобы установить взаимосвязь между параметрами солнечно-насосного термоэлектрического устройства (СНТУ), воздействиями солнечной радиации и температуры со стороны наружной среды, а также тепловым режимом выбранного типа ограждений конструкции, приведем методику теплового расчета наружного ограждения со встроенными СНТУ.

Особенность теплового расчета конструкций с СНТУ с учетом периодического изменения температур окружающей среды — в решении системы уравнений нестационарной теплопроводности элементов ограждающей конструкции и термобатареи. Ввиду сложности

математического описания процессов в многослойном ограждении и термоэлектрическом устройстве целесообразно применять упрощенные предположения.

Так, тепловой расчет конструкции в первом приближении можно провести для квазистационарных температурных условий, исходя из того, что температуру термоэлементов в отдельных промежутках времени охлаждения объекта большой теплоемкости можно рассматривать как установившуюся. Такой подход приемлем при заданных расчетных температурах наружного воздуха.

Принципиальная сторона поставленной задачи заключается в снижении среднесуточной температуры внутренней поверхности ограждения, поэтому изменение расчетной температуры не скажется на точности определения тепловых параметров ограждения.

Составим уравнения тепловых балансов в элементах конструкции и помещения по расчетной схеме рис. 68 в виде элементарного характерного участка, содержащего одну термобатарейку:

— тепловой баланс наружной поверхности ограждения

$$q_n^l - \frac{t_{н.ст.} - t_x^1}{\sum R_n} = (t_{н.ст.} - t_n) \alpha_n; \quad (1);$$

— тепловой баланс на горячих спаях термоэлементов

$$S \cdot a [\theta - (t_r^1 - t_x^1)] = f_r \cdot k_r (t_r^1 - t_n), \quad (2);$$

здесь левая часть уравнения — выражение количества тепла, выделяемого на горячих спаях термобатарей; правая — тепловой поток, отводимый теплообменным устройством в окружающую среду;

— тепловой баланс на "холодных" спаях ТБ.

$$F[q_b^1 + \alpha_b(t_b + t_{б.ст.})] = F \frac{t_{б.ст.} - t_x^1}{R_{нз.к}} = S \cdot b[\theta_m - (t_r^1 - t_x^1)] - \frac{t_{н.ст.} - t_x^1}{\sum R_n} \quad (3);$$

$$F[q_b^1 + \alpha_b(t_b + t_{б.ст.})] = F \frac{t_{б.ст.} - t_x^1}{R_{нз.х}};$$

тепловой баланс на внутренней поверхности термоэлектрической панели

$$S \cdot b[\theta_m - (t_r^1 - t_x^1)] = Q_x,$$

где Q_x — холодопроизводительность ТБ;

— тепловой баланс воздуха помещения

$$t_n(\omega + P) = t_b(\omega + P) + \alpha_b(t_n - t_{б.ст.}) ; \quad (4)$$

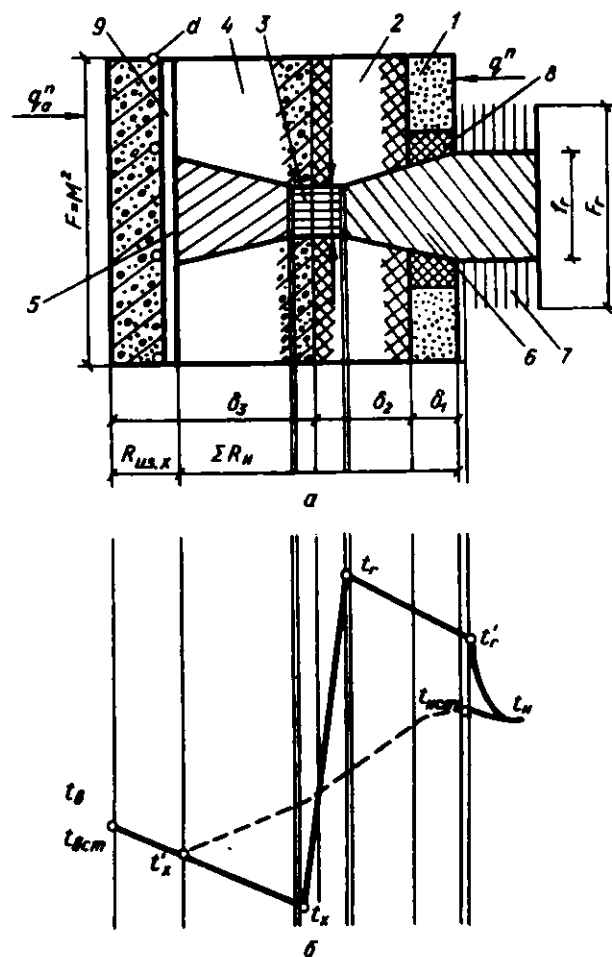


Рис. 68. Расчетная схема наружного ограждения с ТЭУ: а — элементарный участок панели (1 — наружный слой; 2 — слой тепловой изоляции; 3 — термобатарея; 4 — внутренний слой; 5 — внутренний тепловод; 6 — наружный тепловод; 7 — ребристый теплообменник; 8 — теплоизоляция; 9 — арматурная решетка;) б — кривые распределения температур (сплошная линия — по ТЭУ, пунктирная — по толщине трехслойной панели).

здесь $\omega = \frac{W}{\Sigma F}$ — относительный водяной эквивалент потока вентилирующего воздуха, входящего в помещение снаружи с температурой t_n и выходящего из него с температурой t_v ;

$$P = \frac{1}{R_n \cdot \Sigma F},$$

где R_n — термическое сопротивление пассивной части ограждения;
 ΣF — суммарная площадь внутренней поверхности ограждений, снабженных термоэлементами.

Исключим из системы управления тепловых балансов (1) — (4) t_x^1 , определив ее из правой части уравнения (3) как

$$t_x^1 = \frac{\frac{t_{в.ст}}{R_{из.х}} \cdot F + (t_r^1 - \theta_m) S \cdot b + \frac{t_{н.ст}}{\Sigma R_n}}{S \cdot b + \frac{1}{\Sigma R_n} + \frac{F}{R_{из.х}}}; \quad (5);$$

Окончательно запишем четыре уравнения, которые будем решать относительно неизвестных $t_{в.ст}$, $t_{н.ст}$, t_r^1 :

$$(t_n - t_v)(\omega + P) = \alpha_v(t_v - t_{в.ст}); \quad (6)$$

$$q_n^* - \frac{1}{\Sigma R_n} [t_{н.ст} - \frac{\frac{F}{R_{из.х}} \cdot t_{в.ст} + (t_r^1 - \theta_m) S \cdot b + \frac{t_{н.ст}}{\Sigma R_n}}{S \cdot b + \frac{1}{\Sigma R_n} + \frac{F}{R_{из.х}}}] = (t_{н.ст} - t_n) \alpha_n; \quad (7)$$

$$S \cdot a \left\{ \Omega - \left[t_r - \frac{\frac{F}{R_{из.х}} \cdot t_{в.ст} + (t_r^1 + \theta_m) S \cdot b + \frac{t_{н.ст}}{\Sigma R_n}}{S \cdot b + \frac{1}{\Sigma R_n} + \frac{F}{R_{из.х}}} \right] \right\} = \\ = f_r \cdot k_r \cdot (t_r - t_n); \quad (8)$$

$$q_v^* + \alpha_v(t_v - t_{в.ст}) = \frac{1}{R_{из.х}} \left[t_{в.ст} - \frac{\frac{F}{R_{из.х}} \cdot t_{в.ст} + (t_r^1 - \theta_m) S \cdot b + \frac{t_{н.ст}}{\Sigma R_n}}{S \cdot b + \frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_{из.х}}} \right]; \quad (9)$$

В результате совместного решения (6) — (9) получим

$$t_{у.л.г.} = \frac{A \cdot B \cdot t_n - S \cdot b \cdot G - H - K - C (q_n^* + E \cdot t_n) + M}{(1 + A) B - EC - D}; \quad (10)$$

$$t_{н.ст} = Q \cdot t_{в.ст.} - A \cdot Q \cdot (t_{в.ст.} - t_{н}) + (H + K) \cdot L; \quad (11)$$

$$t_{г}^1 = I \cdot t_{в.ст.} + (t_{в.ст.} - t_{н}) + G, \quad (12)$$

$$\text{где } A = \frac{\alpha_{в} (\omega + P) R_{из.х}}{\alpha_{в} + \omega + P};$$

$$B = \frac{S \cdot b}{1 + \frac{f_{г} - k_{г}}{S \cdot a}} + \frac{1}{(1 + \alpha_{н} \Sigma R_{н}) \Sigma R_{н}};$$

$$C = F + R_{из.х.} \left(S \cdot b + \frac{1}{\Sigma R_{н}} \right);$$

$$D = S \cdot b + \frac{1}{\Sigma R_{н}};$$

$$E = \frac{(\omega + P) \alpha_{в}}{\alpha_{в} + \omega + P};$$

$$G = \frac{\Omega + \frac{f_{г} \cdot k_{г}}{S \cdot a} t_{н} - R_{из.х.} \cdot q_{в}^n}{1 + \frac{f_{г} \cdot k_{г}}{S \cdot a}};$$

$$K = \frac{R_{из.х.} \cdot q_{в}^n}{1 + \frac{f_{г} \cdot k_{г}}{S \cdot a}};$$

$$H = \frac{\alpha_{н} \cdot t_{н} + q_{н}^n}{1 + \alpha_{н} \Sigma R_{н}};$$

$$M = \theta_{м} \cdot S \cdot b; \quad Q = \frac{1}{1 + \alpha_{н} \Sigma R_{н}}; \quad I = \frac{1}{1 + \frac{f_{г} \cdot k_{г}}{S \cdot a}}.$$

Величина $t_{г}^1$ определяется по формуле (5). Порядок расчета следующий:

1) задаются основные параметры термоэлектрической батареи (S , l , n , z , $\lambda_{б}$, e) и конструктивные данные ребристого теплообменника (L , b , S , B , $f_{г}$), а также коэффициенты теплообмена поверхностей ограждения и наружного теплообменника с граничащими средами ($\alpha_{в}$, $\alpha_{н}$, $\alpha_{г}$);

2) рассчитываются удельные термические сопротивления на "холодных" и "горячих" спаях ТБ (r_x, r_r)

3) на основании расчетных среднесуточных тепловых воздействий наружной среды $t_{н.р.}$, $q_{н.р.}$ производят теплотехническую оценку солнечно-насосной термоэлектрической панели по полученным значениям (5, 10, 11, 12).

Далее определяют:

— холодопроизводительность, Вт: $Q_x = S \cdot b [\theta_m - (t_r^1 - t_x^1)]$;

— теплопроизводительность, Вт: $Q_r = S \cdot a [\Omega - (t_r^1 - t_x^1)]$;

— потребляемую мощность, Вт: $P = Q_r - Q_x$;

— силу тока в термоэлектрической цепи при заданном напряжении U источника электропитания, А: $I = \frac{P}{U}$;

— холодильный коэффициент $\varepsilon = \frac{Q_x}{P}$.

Результаты расчета солнечно-насосной термоэлектрической панели в соответствии с приведенной методикой согласуются с данными расчета на ЭВМ БЭСМ-4 процесса нестационарной теплопроводности многослойного наружного ограждения с внутренним источником (стоком) тепла. Например, при среднесуточных значениях параметров $t_n = 25,5^\circ\text{C}$; $q_n^1 = 145 \text{ Вт/м}^2$; $q_n^2 = 10 \text{ Вт/м}^2$ и $\Sigma R_n = 2,23 \text{ }^\circ\text{C м}^2/\text{Вт}$ температура на внутренней поверхности панели с ТБ типа "Селен" СЗ-4 оказалась на $8,7^\circ\text{C}$ ниже температуры панели без ТЭУ. Холодопроизводительность ТБ при $\varepsilon = 1,47$ составляет 13,24 Вт. При улучшенной теплоизоляции ($\Sigma R_n = 3,0 \text{ }^\circ\text{C м}^2/\text{Вт}$) энергетическая эффективность ТЭУ повышается до $\varepsilon = 1,60$. Дальнейшее увеличение термического сопротивления ($\Sigma R_n = 4,5 \text{ }^\circ\text{C м}^2/\text{Вт}$) не дает ощутимого эффекта.

Расчет теплоизоляции наружных стен с солнечным коллектором (метод В. А. Турулова). Критерием достаточности теплозащиты НСГ служит выполнение условия на стр. 202).

Максимальная температура внутренней поверхности ограждения определяется из выражения

$$t_{в}^{\text{макс}} = A_{тв} + t_{ср.в.},$$

где $A_{тв}$ — амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{ср.в.}}$ — среднесуточная температура внутренней поверхности, °С.
 Величина A_{τ_0} определяется по формуле

$$A_{\tau_0} = \frac{A_{t_n}^{\text{расч.}}}{\nu},$$

где $A_{t_n}^{\text{расч.}}$ — расчетная амплитуда колебаний наружного воздуха, °С;

ν — величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха.

Значение $A_{t_n}^{\text{расч.}}$ определяется по формуле

$$A_{t_n}^{\text{расч.}} = A_{t_n} + \frac{(I_{\text{макс}} - I_{\text{ср.сут.}})(\tau \alpha)}{U_f},$$

где A_{t_n} — амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха;

$I_{\text{макс}}$, $I_{\text{ср.сут.}}$ — соответственно максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации, принимаемое согласно СНиП по строительной климатологии и геофизике для вертикальных поверхностей соответствующей ориентации или по табл. 3, рис. 2.

$\tau \alpha$ — приведенная поглощательная способность.

$$\tau \alpha = \frac{\tau \alpha}{1 - (1 - \alpha) \rho_{\text{сп}}},$$

τ — пропускательная способность светопрозрачного покрытия;

α — поглощательная способность коллекторной поверхности;

$\rho_{\text{сп.}}$ — отражательная способность системы светопрозрачных покрытий, равная соответственно для одно-, двух- и трехслойного остекления 0,16; 0,24; 0,29.

Величина τ зависит от угла падения солнечных лучей. В расчетах используется среднее значение τ , которое определяется по графику (рис. 69 а).

U_f — расчетное значение коэффициента потерь в окружающую среду, определяемое по рис. 69 б.

При определении U_f за расчетную скорость ветра принимается ее среднеминимальное значение за июль согласно СНиП по строительной климатологии и геофизике или по табл. 2, 5.

Величина ν определяется согласно СНиП по строительной теплотехнике или настоящего пособия, в которой значение α_n заменяется на U_f .

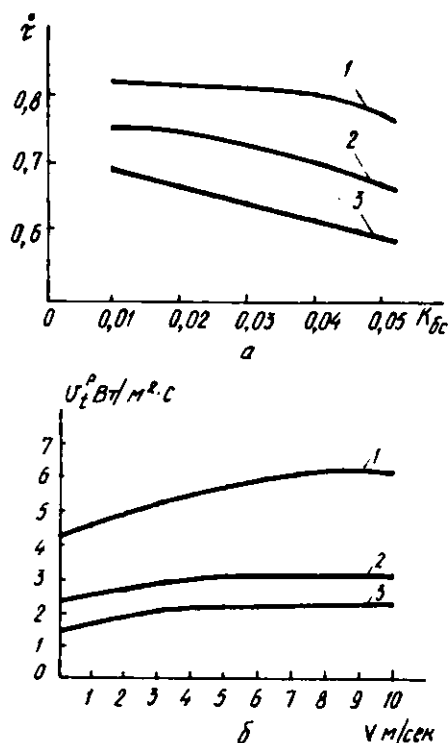


Рис. 69. Графики для определения необходимых коэффициентов: a — пропускания светопрозрачного покрытия: 1 — однослойное остекление; 2 — двухслойное; 3 — трехслойное; δ_c — толщина одного стекла, равная 0,0025 мм, K — коэффициент поглощения, равный 16 м^{-1} ; δ — потеря гелиоколлектора для определения необходимой теплоизоляции НСГ: 1 — однослойное остекление; 2 — двухслойное; 3 — трехслойное (по данным В. А. Турулова).

При проведении расчетов за наружную поверхность ограждения принимается теплопоглощающая поверхность без учета воздушных прослоек и светопрозрачных слоев, предшествующих ей, а тепло-съемный канал при этом рассматривается как замкнутая воздушная прослойка.

Значение $\tau_{\text{ср.в}}$ определяется по формуле

$$\tau_{\text{ср.в}} = 26 + \frac{t_{\text{ср.н}}^{\text{расч}} - 26}{R_0 \cdot \alpha_{\text{в}}},$$

где $t_{\text{ср.н}}^{\text{расч}}$ — расчетное значение среднесуточной температуры наружного воздуха, °C (табл. 2 или по СНиП 2.01.01.82);

R_0 — сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, вычисляемой согласно СНиП по строительной теплотехнике или настоящего пособия;

$\alpha_{\text{в}}$ — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности, принимаемый равным $8,7 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Величина $t_{\text{ср.н}}^{\text{расч}}$ определяется из выражения

$$t_{\text{ср.н}}^{\text{расч}} = t_{\text{ср.н}} + \frac{I_{\text{ср.сут}} \cdot \dot{\tau} \cdot \dot{\alpha}}{U \beta},$$

где $t_{\text{ср.н}}$ — среднесуточная температура наружного воздуха за июль (наиболее жаркие сутки).

Пример. Рассчитать минимально допустимую толщину утеплителя панели НСГ. Конструктивное решение соответствует примеру на рис. 54, 55. Расчетная вероятность 0,9. Величина $A_{\text{тн}}^{\text{тр}}$ для условий Ташкента равна $1,91^\circ\text{C}$. Согласно СНиПам по строительной климатологии и геофизике, строительной теплотехнике: $A_{\text{тн}} = 23,7^\circ\text{C}$; $t_{\text{ср.н}} = 32,9^\circ\text{C}$; $v = 2,1 \text{ м/с}$;

$$I_{\text{макс}} = 570 \text{ Вт/м}^2; I_{\text{ср.сут}} = 175 \text{ Вт/м}^2.$$

В примере определено $\dot{\tau} \cdot \dot{\alpha} = 0,76$. По графику рис. 69 а, б. $U \beta = 4,8 \text{ Вт/(м}^2 \text{ } ^\circ\text{C)}$.

Расчетная амплитуда колебаний наружного воздуха

$$A_{\text{тн}}^{\text{расч}} = 0,5 \cdot 23,7 + \frac{(570 - 175) 0,76}{4,8} = 73,4^\circ\text{C}.$$

Толщина слоя минваты принимается 0,22 м.

Определяются массивность и термическое сопротивление слоев конструкции (табл. 48).

Таблица 48

Коэффициенты теплоусвоения, термические сопротивления и массивность слоев конструкции НСГ

Но- мер слоя*	Наименование материала	Коэффици- ент теплоусво- ения, S_1 , $\text{Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$	Термическое сопротивле- ние R_1 м^2 $^\circ\text{C/Вт}$	Массивность $D_1 = R_1 S_1$
1	Лист асбестоцементный	7,55	0,02	0,16
2	Минвата	1,01	2,89	2,92
3	Лист асбестоцементный	7,55	0,02	0,16
4	Замкнутая воздушная про- слойка	—	0,15	—
5	Лист металлический	126,5	$6 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-3}$

* нумерация слоев принята от внутреннего к наружному.

Рассчитываются коэффициенты теплоусвоения наружных поверхностей слоев

$$Y_1 = \frac{0,02 \cdot 7,55^2 + 8,7}{1 + 0,02 \cdot 8,7} = 8,38;$$

$$Y_2 = S_2 = 1,01, \text{ так как } D_2 > 1;$$

$$Y_3 = \frac{0,02 \cdot 7,55^2 + 1,01}{1 + 0,02 \cdot 1,01} = 2,1;$$

$$Y_4 = \frac{1,56}{1 + 0,15 \cdot 1,56} = 1,6;$$

$$Y_5 = \frac{6 \cdot 10^{-6} \cdot 126,5 + 1,6}{1 + 0,15 \cdot 6 \cdot 10^{-6}} = 1,67;$$

$$\begin{aligned} \nu &= 0,9 \cdot 2,72 \cdot \frac{3,24}{2} \cdot \frac{(7,55 + 8,7)(1,01 + 8,38)(7,55 + 1,01)}{(7,55 + 8,38)(1,01 + 1,01)(7,55 + 2,1)} \times \\ &\times \frac{2,1(126,5 + 1,6)(4,8 + 1,7)}{1,6(126,5 + 1,67)(4,8)} = 63,5. \end{aligned}$$

$$\text{Тогда } A_{t_b}^{\text{расч.}} = \frac{73,2}{63,5} = 1,15 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Определяется величина

$$t_{\text{ср.н}}^{\text{расч.}} = 32,9 + \frac{175 \cdot 0,76}{4,8} = 60,9^\circ\text{C}.$$

Вычисляется сопротивление теплопередаче конструкции

$$R_o = \frac{1}{4,8} + 0,15 + 0,02 + 2,89 + 0,02 + \frac{1}{8,7} = 3,4 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

по формуле

$$t_{\text{ср.в}} = 26 + \frac{(60,6 - 26)}{3,4 \cdot 8,7} = 27,17^\circ\text{C}.$$

Определяется значение $t_b^{\text{макс}}$ по формуле

$$t_b^{\text{макс}} = 27,17 + 1,15 = 28,32 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Согласно критерию (стр. 202) для условий Ташкента величина не должна превышать $27,91^{\circ}\text{C}$. Последующие приближения выявили, что требуемая толщина утеплителя НСГ $\delta_{\text{вт}} = 0,25\text{м}$.

IV. 3. ОБЩАЯ СХЕМА РАСЧЕТА ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЙ ЧЕРЕЗ СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ (метод Е. И. Угрюмова)

Суточный ход температуры наружного воздуха для климатических районов Средней Азии определяется по формуле

$$t_n = t_{\text{н.с.}} + \beta_0 \cdot A_{t_n},$$

где $t_{\text{н.с.}}$ — среднесуточная температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$ (принимается по табл. 2, 43);

A_{t_n} — амплитуда колебания температуры наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$ (принимается по табл. 4, 43);

β_0 — коэффициент, учитывающий синусоидальное изменение температуры наружного воздуха (принимается по табл. 49).

Таблица 49

Коэффициент синусоидального изменения температуры наружного воздуха

Часы дня	0	1	2	3	4	5	6	7
β_0	-0,707	-0,866	-0,966	-1,0	-0,966	-0,866	-0,707	-0,500
Часы дня	8	9	10	11	12	13	14	15
β_0	-0,259	0	+0,259	+0,500	+0,707	+0,866	+0,956	+1,0
Часы дня	16	17	18	19	20	21	22	23
β_0	+0,966	+0,866	+0,707	+0,500	+0,259	0	-0,259	-0,500

Суммарные теплопоступления в помещения в расчете на 1 м^2 остекления в единицу времени q Вт/ м^2 состоят из сквозных теплопоступлений прямой и диффузионной солнечной радиации q_1 , теплопоступлений, обусловленных поглощением прямой и диффузной радиации конструкцией окна q_2 и поступлений тепла в результате разности температуры наружного и внутреннего воздуха $q_{\Delta t}$

$$q = q_1 + q_2 + q_{\Delta t}.$$

Сквозные теплопоступления q_1 рассчитываются по формуле

$$q_1 = q_{1\text{с}} + q_{1\text{д}} = I_{\text{с}} \cdot \tau_{\text{обл}} \cdot K_{1\text{с}} + I_{\text{д}} \cdot K_{1\text{д}},$$

где $q_{1\text{с}}$ и $q_{1\text{д}}$ — сквозные теплопоступления прямой и диффузной солнечной радиации, Вт/ м^2 ;

I_s и I_d — расчетные значения прямой и диффузной солнечной радиации, Вт/м² (принимаются по табл. 3);
 $\tau_{обл}$ — коэффициент облучения светопроема (табл. 4, 23) [37].
 K_{1s} и K_{1d} — коэффициенты сквозных теплопоступлений прямой и диффузной солнечной радиации через конструкцию заполнения светопроема по формулам табл. (24)—(83) [37].

Теплопоступления q_2 , обусловленные поглощением конструкцией окна прямой и диффузной солнечной радиации, вычисляются по формуле

$$q_2 = q_{2s} + q_{2d} = I_s \cdot \tau_{обл} \cdot K_{2s} + I_d \cdot K_{2d},$$

где q_{2s} и q_{2d} — теплопоступления, обусловленные поглощением прямой и диффузной солнечной радиации Вт/м²;

K_{2s} и K_{2d} — коэффициенты теплопоступлений прямой и диффузной солнечной радиации, поглощенной заполнением светопроема, по формулам табл. (24)—(83) [37].

Если методика расчета теплового режима не требует выделения сквозных теплопоступлений через светопроем, то суммарные теплопоступления q определяются по формуле

$$q = I_s \cdot \tau_{обл} \cdot K_s + I_d \cdot K_d,$$

где $K_s = K_{1s} + K_{2s}$;

$K_d = K_{1d} + K_{2d}$.

Здесь K_s — коэффициент теплопоступлений прямой солнечной радиации;

K_d — коэффициент теплопоступлений диффузной солнечной радиации.

Теплопоступления в помещение за счет температурного перепада $q_{\Delta t}$ рассчитываются по формуле

$$q_{\Delta t} = \frac{1}{R_0} (t_n - t_b),$$

где t_n — расчетная температура наружного воздуха вычисляется по формуле (стр. 253);

t_b — температура внутреннего воздуха принимается по гигиеническим нормам, проекту или вычисляется из балансового уравнения;

R_0 — сопротивление теплопередаче конструкции оконного заполнения $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ для одинарного остекления без солнцезащиты, вычисляется по формуле на стр. 254 для двойного остекления без солнцезащиты, двойного остекления с козырьком или маркизами принимается равным 0,44; для двойного остекления с наружной солнцезащитой экранного типа, наклонными регулирующими устройствами или горизонтальными жалюзийными устройствами, а также для двойного остекления с межстекольной и внутренней солнцезащитой принимается равным 0,54.

$$R_0 = 0,221 + \frac{\delta}{0,65},$$

где δ — толщина стекла, м.

Коэффициенты облучения светопрозрачных ограждений. Коэффициенты облучения показывают, какая доля остекления освещается прямыми лучами солнца. Определяются они отношением инсолируемой площади стекла $F_{\text{и}}$ ко всей площади стекла $F_{\text{с}}$

$$\tau_{\text{обл}} = \frac{F_{\text{и}}}{F_{\text{с}}} = \frac{A_{\text{и}} \cdot B_{\text{и}}}{A_{\text{с}} \cdot B_{\text{с}}},$$

где $A_{\text{и}}$ и $B_{\text{и}}$ — высота и ширина инсолируемой части стекла, м;
 $A_{\text{с}}$ и $B_{\text{с}}$ — высота и ширина стекла, м.

В таблицах 4—23 приведены значения коэффициентов облучения ($\tau_{\text{обл}}$) для 20 вариантов окон, принятых по ГОСТ 11214—85 [37].

При расчетах использованы следующие соотношения:

$$A_{\text{и}} = A - l_0 \cdot \text{tg } \beta - 0,20;$$

$$B_{\text{и}} = B - l_0 \cdot \text{tg } \alpha - 0,23 \quad (\text{для } B \leq 1,5 \text{ м});$$

$$B_{\text{и}} = B - l_0 \cdot \text{tg } \alpha - 0,32 \quad (\text{для } B > 1,5 \text{ м});$$

$$A_{\text{с}} = A - 0,20;$$

$$B_{\text{с}} = B - 0,23 \quad (\text{для } B \leq 1,5 \text{ м});$$

$$B_{\text{с}} = B - 0,32 \quad (\text{для } B > 1,5),$$

где A и B — высота и ширина проема, м;

α и β — солнечный азимут стены и профильный угол, принимались по графикам рис. 11 и 12 "Рекомендаций

по расчету тепловых нагрузок на здания в Средней Азии" на 16 июля для 40° с. ш. [50]

l_0 — расстояние от плоскости стекла о наружной грани стены, м.

Для определения коэффициента облучения окна с двойным остеклением без солнцезащиты или с двойным остеклением и внутренней солнцезащитой расстояние l_0 необходимо принимать до плоскости второго стекла.

Для окна с ординарным остеклением или для окна с двойным остеклением и межстекольной солнцезащитой расстояние l_0 принимается до первого стекла.

В табл. 4—23 "Рекомендаций по расчету теплопоступлений через светопроемы с солнцезащитой", Ташкент, 1972 [37], коэффициенты облучения даны для 20 вариантов оконных проемов $A \times B$, трех значений l_0 , равных 0,05, 0,15, 0,25 м, и восьми ориентаций. Для других размеров A , B и l_0 значения $\tau_{обл}$ определяются по интерполяции.

Коэффициенты теплопоступлений конструкций оконного заполнения с солнцезащитой экранного типа. К солнцезащите экранного типа относятся шторы, драпировки, венецианские шторы-жалюзи, ставни, а также экраны из теплопоглощающего и теплоотражающего стекла.

В раздел включены и коэффициенты теплопоступлений через одинарное и двойное остекление. Коэффициент теплопоступлений через конструкцию оконного заполнения зависит от солнечно-оптических свойств стекол, типа и материала солнцезащитного экрана, а также от сопротивлений теплопередаче материальных и воздушных слоев.

Солнечно-оптические характеристики (коэффициенты теплопропускания τ , теплопоглощения α и теплоотражения ρ) рассчитываются в зависимости от угла падения солнечных лучей θ или профильного угла β и были приняты по табл. 6, 8 и графикам 42, 43, 45 "Рекомендаций по расчету тепловых нагрузок на здания в Средней Азии", Ташкент, 1970 [50].

Термические сопротивления стекол, воздушных прослоек и сопротивлений теплообмену на наружной и внутренней поверхности конструкций рассчитывались или применялись в соответствии со СНиП II-3-79**.

Расчетная схема общего случая конструкции оконного заполнения с солнцезащитой, состоящей из трех элементов, представлена на рис. 70. Нумерация слоев принята изнутри наружу.

В расчете было принято: $R_{\text{в}} = 0,154$, $R_{\text{н}} = 0,0666$. Для двойного остекления без солнцезащиты $H_1 = H_2 = 0,00384$, $R_1 = 0,210$, $R_0 = 0,438$; для двойного остекления с наружной солнцезащитой

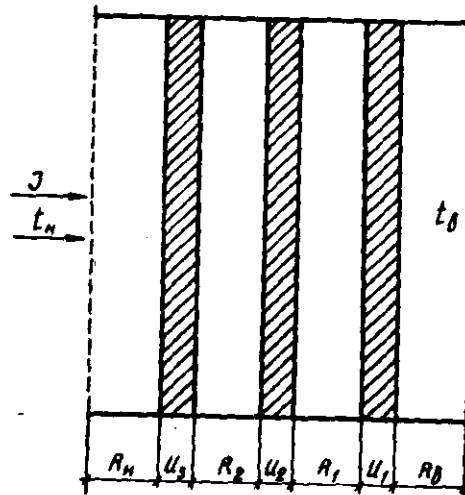


Рис. 70. Расчетная схема конструкции оконного заполнения с солнцезащитой экранного типа.

$I_1 = I_2 = 0,00384$, $I_3 = 0$, $R_1 = 0,210$, $R_2 = 0,100$, $R_0 = 0,538$; для двойного остекления с межстекольной солнцезащитой $I_1 = I_3 = 0,00384$, $I_2 = 0$, $R_1 = R_2 = 0,154$, $R_0 = 0,538$; для двойного остекления с внутренней солнцезащитой $I_1 = 0$, $I_2 = I_3 = 0,00384$, $R_1 = R_2 = 0,154$, $R_0 = 0,538$; для одинарного остекления термические сопротивления рассчитывались в зависимости от толщины стекла при коэффициенте теплопроводности $\lambda = 0,65$ Вт/м °С.

Расчетные формулы получены для одинарного остекления в виде

$$K_{1s} = \tau_{1s};$$

$$K_{2s} = \frac{1}{R_0} = \left[\alpha_{1s} \cdot \left(\frac{0,5 \delta}{0,65} + 0,0666 \right) \right];$$

$$R_0 = 0,221 + \frac{\delta}{0,65}.$$

Для двойного остекления без солнцезащиты

$$K_{1s} = \tau_{2s} \cdot \tau_{1s} (1 + \rho_{2s} \cdot \rho_{1s});$$

$$K_{2s} = 0,643 \tau_{2s} \cdot \alpha_{1s} (1 + \rho_{2s} \cdot \rho_{1s}) + 0,158 \alpha_{2s} (1 + \tau_{2s} \cdot \rho_{1s}).$$

Для конструкции оконного заполнения, состоящего из трех элементов (двойное остекление и солнцезащитный экран)

$$K_{1s} = \tau_{3s} \cdot \tau_{2s} \cdot \tau_{1s} (1 + \rho_{2s} \cdot \rho_{1s} + \rho_{3s} \cdot \rho_{2s} + \rho_{3s} \cdot \rho_{2s}^2);$$

$$K_{2s} = a_1 \cdot \tau_{3s} \cdot \tau_{2s} \cdot \alpha_{1s} (1 + \rho_{2s} \cdot \rho_{1s} + \rho_{3s} \cdot \rho_{2s} + \rho_{3s} \cdot \rho_{2s}^2 + \rho_{3s} \cdot \rho_{2s}^2) + \\ + a_2 \cdot \tau_{3s} \cdot \alpha_{2s} (1 + \rho_{3s} \cdot \rho_2 \cdot s + \tau_{2s} \cdot \rho_{1s} + \rho_{3s} + \rho_{2s} \cdot \tau_{2s}) + \\ + a_3 \cdot \alpha_{3s} (1 + \tau_{3s} \cdot \rho_{2s} + \tau_{3s} \cdot \rho_{3s} \cdot \rho_{2s}^2);$$

при наружной солнцезащите $a_1 = 0,08$; $a_2 = 0,312$; $a_3 = 0,124$; при межстекольной солнцезащите $a_1 = 0,710$; $a_2 = 0,418$; $a_3 = 0,128$; при внутренней солнцезащите $a_1 = 0,714$; $a_2 = 0,422$; $a_3 = 0,128$.

В формулах

K_{1s} , K_{2s} — коэффициенты теплопоступлений солнечной радиации;

R_o — сопротивление теплопередаче всей конструкции; $^{\circ}\text{C}$
 $\text{м}^2 \text{ час/Вт}$;

δ — толщина стекла, м;

τ_{1s} , α_{1s} , ρ_{1s} — коэффициенты теплопропускания, теплопоглощения и теплоотражения стеклом и материалом солнцезащиты прямой солнечной радиации.

Расчетные формулы для определения теплопоступлений диффузной солнечной радиации записываются аналогично с заменой индекса S на индекс D .

В табл. 24—35 "Рекомендаций по расчету теплопоступлений через светопроемы с солнцезащитой", Ташкент, 1972, [37] представлены расчетные значения коэффициентов теплопоступлений прямой солнечной радиации K_{1s} и K_{2s} по часам суток на восемь румбов для оконных заполнений при одинарном и двойном остеклении из обычного стекла, а также из теплопоглощающего и теплоотражающего стекла.

В табл. 36—83 "Рекомендаций по расчету теплопоступлений через светопроемы с солнцезащитой", Ташкент, 1972, [37] представлены коэффициенты теплопоступлений прямой солнечной радиации K_{1s} и K_{2s} по часам суток на восемь румбов через конструкцию оконного заполнения, состоящую из двойного остекления и солнцезащитного экрана, располагаемого снаружи, между стеклами или с внутренней стороны. Расчетные значения коэффициентов сквозных теплопоступлений диффузной радиации K_{1d} и коэффициентов поглощенных теплопоступлений диффузной радиации K_{2d} принимать по табл. 24—83 для 10 часов солнечного времени.

Расчет теплопоступлений через светопрозрачные ограждения с наружной стационарной солнцезащитой структурного типа. В

качестве стационарной солнцезащиты структурного типа рассматриваются козырьки, маркизы, горизонтальные нерегулируемые ребра, нерегулируемые наклонные устройства (рис. 71).

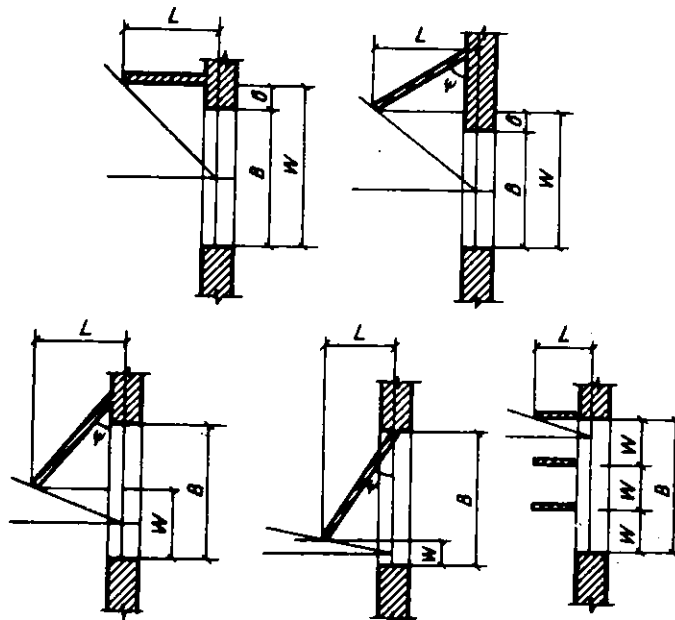


Рис. 71. Расчетная схема нерегулируемых структурных солнцезащитных конструкций: ψ — угол наклона солнцезащитного элемента; B — высота светопроема; L — вынос солнцезащиты; W — расстояние от солнцезащитного элемента до подоконника или следующего элемента.

Общий метод расчета теплопоступлений в этом случае складывается из двух частей:

а) подсчета величин прямой и диффузной солнечной радиации, прошедшей через солнцезащиту и поступившей на наружную поверхность остекления;

б) расчета прохождения теплового потока через остекление.

Суммарные теплопоступления в помещение на 1 м^2 остекления в единицу времени подсчитываются по формуле (стр. 253—254), в которой сквозные теплопоступления определяются по формуле

$$q_1 = I_s \cdot \tau_{\text{оо.к}}^{\text{сз}} \cdot K_{\text{г}}^{\text{сз}} + I_{\text{д}}^{\text{сз}} \cdot K_{\text{г}}^{\text{сз}},$$

где I_s — расчетные значения прямой солнечной радиации, Вт/м^2 ;

$\tau_{\text{обл}}$ — коэффициент облучения светопроема при солнцезащите, находится в соответствии с указаниями пункта III.5 "Рекомендаций по расчету тепловых нагрузок на здания в Средней Азии", Ташкент, 1970 [50].

$K_{\text{г}}^{\text{т}}$, $K_{\text{д}}^{\text{т}}$ — коэффициенты сквозных теплопоступлений прямой и диффузной радиации для оконных заполнений при одинарном и двойном остеклении (табл. 24—35 "Рекомендаций по расчету теплопоступлений") [37].

$I_{\text{д}}^{\text{сз}}$ —солнечная радиация, прошедшая через солнцезащитную конструкцию и поступившая на поверхность светопроема в виде диффузного потока, Вт/м². Для ее нахождения предлагается формула

$$\begin{aligned} I_{\text{д}}^{\text{сз}} = & I_{\text{с}} \left(\cos \psi + \frac{\sin \psi}{\operatorname{ctg} \beta} \right) \tau_{\text{г}}^{\text{сз}} \cdot \varphi_{0-\text{сз}} + I_{\text{д}}^{\text{сз}} \cdot \tau_{\text{д}}^{\text{сз}} \cdot \varphi_{0-\text{сз}} + I_{\alpha} \cdot P_{\alpha} + \\ & + I_{\text{Р}} \cdot P_{\text{Р}} + I_{\Sigma} \cdot a_{\Sigma} \cdot \varphi_{\kappa-3} \cdot a_{\text{сз}} \cdot \varphi_{0-\text{сз}} \cdot \frac{W}{B+b} + \\ & + \left(I_{\text{Р}} \cdot \frac{\operatorname{arctg} \frac{W}{L}}{180} + I_{\text{с}} \cdot A \right) \cdot a_{\text{сз}} \cdot \alpha_{0-\text{сз}}. \end{aligned}$$

В этой формуле первые два слагаемых представляют величину соответственно прямой и рассеянной солнечной радиации, непосредственно прошедшей сквозь элементы солнцезащиты в силу лучепрозрачности их материала.

I_{α} — расчетное значение рассеянной солнечной радиации от неба свода на вертикальную поверхность, Вт/м², определяется по данным табл. 3 вычитанием из величины диффузной радиации радиации отраженной. Для горизонтальной солнцезащиты (например козырьков) I_{α} равна диффузной радиации на горизонтальную поверхность;

ψ — угол наклона солнцезащитного элемента, (рис 71);

β — профильный угол солнечного луча, град. (пункты 1,6 и 1,8 "Рекомендаций по расчету тепловых нагрузок на здания в Средней Азии") [50];

$\tau_{\text{г}}^{\text{сз}}$, $\tau_{\text{д}}^{\text{сз}}$ — коэффициенты теплопропускания прямой и диффузной солнечной радиации материалом солнцезащитных элементов (табл. 8, рис. 42, 43, 44 "Рекомендаций по расчету тепловых нагрузок на здания в Средней Азии") [50] для нелучепрозрачных материалов, например бетонные козырьки или ребра, эти коэффициенты равны нулю;

α_{0-c3} — коэффициенты взаимного облучения окна с солнцезащитным устройством. Для козырьков и горизонтальных ребер находятся по рис. 48 "Рекомендаций по расчету тепловых нагрузок" [50]. В зависимости от соотношения величин L/W на рис. 71 а, б настоящего пособия. Для маркиз и наклонных устройств (рис. 71 а, б, в, г) по рис. 49 "Рекомендаций по расчету тепловых нагрузок..." в зависимости от соотношения L/W и l/B , где l — ширина окна, а B — высота проема.

Третий член в формуле (стр. 260) представляет величину рассеянной радиации, которая попадает на остекление от участков небосвода, видимых через солнцезащиту. Коэффициент P_a для козырьков и наклонных солнцезащитных устройств, расположенных выше перемычки (Рис. 71 а и 71 б)

$$P_a = \frac{\arctg \frac{0,5B + b}{L}}{90}.$$

Для маркиз и наклонных устройств, размещенных ниже перемычки, (рис. 71 в, г)

$$P_a = \frac{\arctg \frac{0,5W}{L}}{90} \cdot \frac{W}{B}.$$

Для горизонтальных жалюз (рис. 71 д)

$$P_a = \frac{\arctg \frac{0,5W}{L}}{90}.$$

В этих выражениях

L , B , W , b — геометрические характеристики солнцезащиты и проема, приведенные на рис. 71.

Четвертый член дает приход к остеклению радиации, отраженной от земли. Для козырьков, маркиз и наклонных устройств коэффициент $P_R = 1$, а для горизонтальных ребер $P_R = W/B$.

I_R — расчетные значения отраженной солнечной радиации, Вт/м² (табл. 3).

Пятый член формулы (стр. 260) описывает поступления к остеклению радиации, отраженной от нижней внутренней поверхности козырьков и нижнего элемента горизонтальных ребер. При наличии маркиз или наклонных устройств (рис. 71 б, в, г) этот член не учитывается.

I_{Σ} — расчетные значения суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, Вт/м² (табл. 3);

a_3 — альbedo поверхности земли у здания;

$a_{сз}$ — альbedo поверхности солнцезащитных элементов (табл. 5 и 5а "Рекомендаций по расчету тепловых нагрузок на здания в Средней Азии);

$\varphi_{к-з}$ — коэффициент взаимного облучения солнцезащитных козырьков или ребер находится по рис. 47 "Рекомендаций по расчету тепловых нагрузок", в зависимости от высоты над землей.

Последний член формулы (стр. 260) характеризует приход к остеклению радиации, отраженной верхней поверхностью солнцезащитных элементов и участвует в расчете только при наличии горизонтальных ребер или многоступенчатых козырьков (рис. 71 д).

В нем при $\beta = 90^\circ$ коэффициент $A = 0$; при $\beta \leq \arctg W/L$; $A = 1/\text{ctg } \beta$; при $90^\circ > \beta > \arctg W/L$; $A = W/L$.

Теплопоступления, обусловленные поглощением конструкцией окна прямой и диффузной солнечной радиации q_2 , в формуле (стр. 252) находятся по формуле (стр. 253) с заменой выражения I_d на $I_d^{сз}$ (формула стр. 259).

Теплопоступления, обусловленные температурным перепадом в формуле на стр. 252 определяются по формуле на стр. 253.

Пример. Определить теплопоступления для здания, расположенного в Ташкенте, в июле в 16 часов, через окно с двойным остеклением, размером оконного проема $A \times B = 1,5 \times 1,8$ м (ширина) и расстояние от плоскости внутреннего стекла до наружной грани стены $l_0 = 0,05$ м, ориентированное на запад, при наличии внутренней полупрозрачной шторы из стекловолокна светло-серого цвета.

В помещениях поддерживается постоянная температура 26° .

Расчетные значения прямой и диффузной солнечной радиации находятся по табл. 3: $I_s = 530$ и $I_d = 176$ Вт/м². Расчетная температура наружного воздуха определяется по формуле (стр. 252) с помощью табл. 2, 49.

$$t_n = 26,8 + 8,5 \cdot 0,966 = 35,0^\circ\text{C}.$$

Для указанных геометрических размеров окна по табл. 50 находится коэффициент облучения $\tau_{обл} = 0,915$.

По табл. 51 определяются коэффициенты теплопоступлений прямой и диффузной солнечной радиации: $K_{1s} = 0,180$, $K_{2s} = 0,185$, $K_{1d} = 0,125$, $K_{2d} = 0,155$.

Сквозные теплопоступления в помещение вычисляются по формуле (стр. 253—254).

$$q_1 = 530 \cdot 0,915 \cdot 0,180 + 176 \cdot 0,125 = 105 \text{ Вт/м}^2.$$

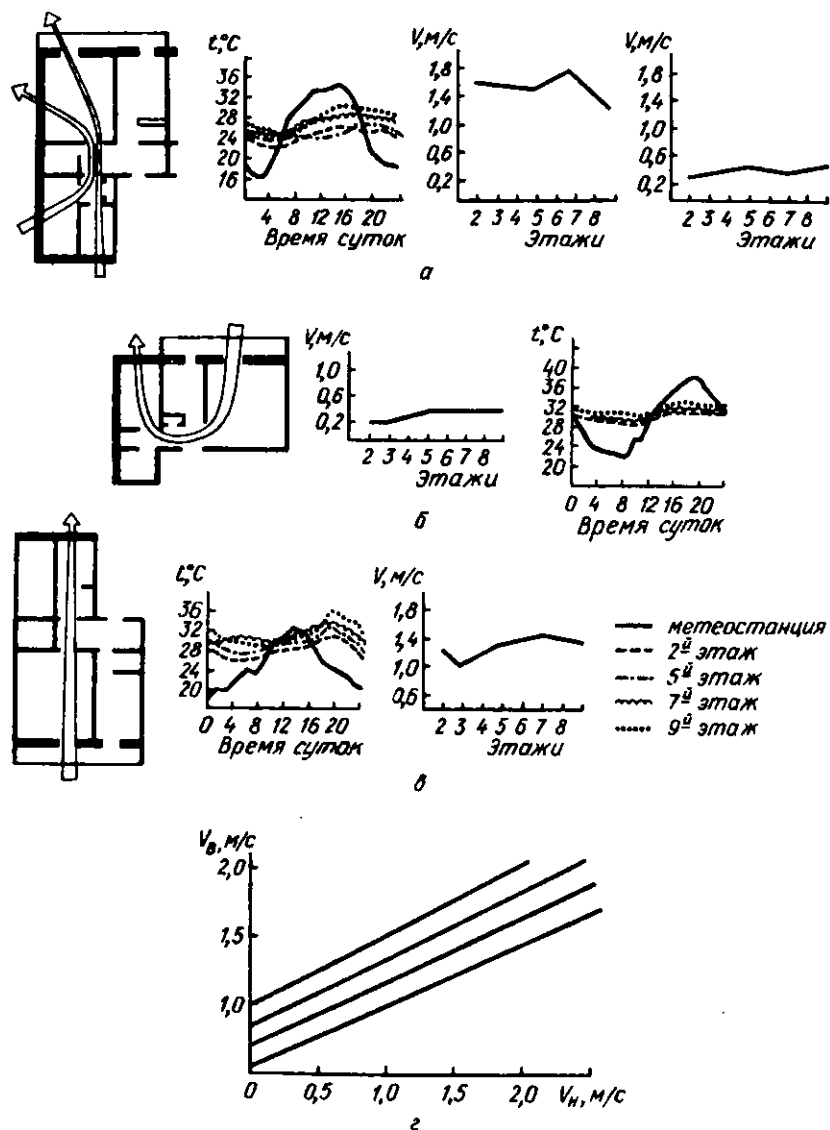


Рис. 72. Микроклиматические исследования девятиэтажных жилых домов в г. Ташкенте в 1981—1982 гг.: а) жилой дом по ул. Дж. Абидовой. Сквозное и боковое проветривание; б) жилой дом на массиве Чиланзар. Боковое проветривание; в) жилой дом по ул. Жуковского. Сквозное проветривание; г) зависимость скорости движения воздуха в помещении $V_{\text{в}}$ от скорости наружного ветра $V_{\text{н}}$ (по данным исследований З. А. Вавиловой).

Теплопоступления, обусловленные поглощением прямой и диффузной радиации конструкций окна, определяются по формуле на стр. 253.

$$q_2 = 530 \cdot 0,915 \cdot 0,185 + 175 \cdot 0,155 = 113 \text{ Вт/м}^2.$$

Теплопоступления в помещение за счет температурного перепада наружного и внутреннего воздуха рассчитываются по формуле на стр. 253.

$$q_{\Delta t} = (35 - 26) : 0,54 = 17 \text{ Вт/м}^2.$$

Суммарные теплопоступления вычисляются по формуле на стр. 252.

$$q = 105 + 113 + 17 = 235 \text{ Вт/м}^2.$$

Примечание. $K_{1д}$ и $K_{2д}$ определяются по табл. 51, столбец "восток (запад)" для 10 час. солнечного времени.

Таблица 51

Определение коэффициента теплопоступлений в помещение с солнцезащитой

Солнечное время	Коэффициенты теплопоступлений. Внутренняя солнцезащита, полупрозрачная ткань, стекловолокно светло-серого цвета $\tau_g^0=0,25$, $\rho_g^0=0,47$, двойное остекление									
	север		северо-восток (северо-запад)		восток (запад)		юго-восток (юго-запад)		юг	
	$K_{1с}$	$K_{2с}$	$K_{1св}$	$K_{2св}$	$K_{1в}$	$K_{2в}$	$K_{1св}$	$K_{2св}$	$K_{1с}$	$K_{2с}$
5 (19)	0,090	0,150	0,195	0,190	0,190	0,190	0,055	0,145		
6 (18)	0,135	0,120	0,190	0,190	0,195	0,190	0,090	0,150		
7 (17)	0,015	0,090	0,160	0,180	0,190	0,190	0,135	0,165		
8 (16)			0,135	0,165	0,180	0,185	0,135	0,165		
9 (15)			0,055	0,145	0,150	0,175	0,135	0,165	0,015	0,090
10 (14)			0,015	0,090	0,125	0,155	0,125	0,155	0,135	0,120
11 (13)					0,135	0,120	0,055	0,145	0,135	0,120
12							0,135	0,120	0,055	0,145
13 (11)									0,135	0,120
14 (10)									0,015	0,090
16 (8)										
17 (7)	0,015	0,090								
18 (6)	0,135	0,120								
19 (5)	0,090	0,150								

IV. 4. АРХИТЕКТУРНЫЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

В отличие от чисто технических средств повышения тепловой эффективности зданий, архитектурные средства предполагают пересмотр его объемно-планировочной структуры, что неизбежно сказывается и на внешнем облике всего сооружения.

Приступая к очередной разработке, любой специалист, в том числе архитектор, сталкивается как правило с уже налаженным производством, организационной, структурой и определенными стереотипами, которые трудно и физически и психологически кардинально перестроить, даже если такая перестройка сулит, в конечном счете, огромные выгоды. Поэтому нет ничего удивительного, что архитектор старается как можно более безболезненно встроиться в уже существующую линию развития.

Известный исследователь психологических вопросов, связанных с творческим мышлением, Э. де Боно [38] отмечает, что наибольшее количество научных и проектных усилий направляется на логическое расширение и углубление раз выбранного и утвердившегося пути, поскольку всегда находятся более срочные дела, чем поиски нового направления.

Очень похожая ситуация сложилась сейчас в СНГ с решением проблемы энергосберегающей архитектуры зданий. Специалисты достаточно успешно работают над решением локальных технических вопросов, то есть над получением промежуточных результатов. В противоположность этому на Западе делается упор на экономию тепла в целом, то есть на получение не промежуточного, а конечного результата. А это способствует целостному подходу к вопросу, ориентирует не на отыскание какого-то одного, пусть и достаточно эффективного решения, а на параллельное рассмотрение альтернативных подходов к проблеме, включая те, которые в настоящее время могут показаться не очень реальными, чтобы в погоне за мнимой практичностью не пропустить те традиционные подходы, которые через некоторое время могут оказаться на порядок эффективнее, чем уже получившие признание.

Эти альтернативные решения связаны, во-первых, со снижением теплопотерь благодаря уменьшению периметра здания путем перехода к более компактным планировочным решениям, увеличению длины и ширины корпуса, во-вторых, с использованием энергии солнца с помощью пассивных систем солнечного обогрева.

Архитектурные решения, использующие эти системы обогрева, можно подразделить на две большие группы компоновочных приемов: пристройка к фасадам дома различных остекленных

объемов, способствующих улавливанию и накоплению солнечного тепла, и использование аналогично работающих теплоулавливающих объемов, образующихся при переходе от плоских крыш к остекленным скатным.

Вникнем глубже в архитектурно-пространственную организацию и посмотрим, какие здания мы строим. Для нужд промышленности возводятся одноэтажные и многоэтажные корпуса. Но при этом практически все они представляют собой сдавленные параллелепипеды с большой поверхностью наружных ограждений. Высота даже в самых крупных одноэтажных корпусах мала в сравнении с их длиной и шириной. Это своеобразные "плашки", "блины", внутри которых совершаются технологические процессы. Ширина многоэтажных зданий в свою очередь незначительна по отношению к их высоте и длине. Суммарная наружная поверхность у них при равной площади и высоте больше. По многим показателям такие корпуса являются прогрессивными и могут быть отнесены к "зданиям второго поколения".

То же самое можно сказать и о всех жилых и общественных зданиях.

В последние десятилетия практика строительства и эксплуатации обогатилась новыми типами зданий. Это многоэтажные здания широкой застройки. От традиционных корпусов в промышленности они отличаются этажностью и шириной, которая составляет от 54—72 до 144 м и более. Первые такие здания были предложены орловским Гипроприбором в 1960 г. [39]. Позже они появились во многих отраслях промышленности.

Многоэтажные корпуса широкой застройки получили большое распространение за рубежом. Здесь они резко выделяются на измученном фоне частного домостроения, отражая наиболее передовой опыт крупнейших капиталистических предприятий, фирм и монополий, то есть тот опыт, который нас интересует в первую очередь.

Практика строительства и эксплуатации доказывает, что такие здания обладают рядом важнейших преимуществ. Они приводят к наиболее рациональному использованию земельных территорий и площадей в зданиях, сокращают людские потоки и пути обрабатываемых материалов, протяженность сетей и коммуникаций, значительно менее материалоемки, дешевле в строительстве и эксплуатации. Однако они привлекают сегодня нас и тем, что дают начало принципиально другому направлению борьбы с тепловыми потерями зданий — сокращению площади ограждающих конструкций. Этот нетрадиционный, "неклассический" путь чисто архитектурный, в отличие от прежнего, приводит к почти

абсолютному выигрышу и имеет положительные экономические и социальные последствия.

В настоящее время удельная площадь всех ограждений, приходящихся на 1 м² развернутой площади у традиционных производственных зданий, составляет 1,5—2,0 м². Иными словами: 2 м² наружных поверхностей, через которые уходит тепло, приходится на 1 м² развернутой площади. В жилых зданиях — 0,8—1,0 м², но при вдвое меньшей кубатуре и высоте этажа. Это среднестатистические данные с учетом мелких отдельно стоящих зданий. Многоэтажные здания широкой застройки сокращают этот показатель до 0,5 и более в промышленности и до 0,4 и более в жилье, то есть в 3 раза по отношению к среднестатистическим данным и почти в 2 раза по сравнению с лучшими традиционными решениями. В такой же пропорции сокращаются теплопотери.

Таблица 52

Удельные площади ограждений в многоэтажных зданиях широкой застройки (к.п.э. — коэффициент пространственно-тепловой эффективности)

Объект	Удельная площадь ограждений (к.п.э.) м ² /м ²
Производственное здание в Воронеже	0,52
Производственное здание в Киеве	0,51
Производственное здание в Москве	0,49
Производственное здание в Далласе (США)	0,42
Производственное здание в Филадельфии (США)	0,40
Центр "Белл-Телефон" в Холмдела (США)	0,36
Небоскреб "Сирс Тауэр" в Чикаго (США)	0,33
Многоцелевое здание в Осаке (Япония)	0,26

В табл. 52 приведены удельные площади наружных ограждений (к.п.э.) зданий подобного типа. В их числе — известные небоскребы США, в которых размещены жилье, учреждения, предприятия служб быта и легкой промышленности, специализированные и смешанные производственные здания.

Нетрадиционные здания широкой застройки, или "здания третьего поколения", не являются теоретической концепцией. Сегодня это реальность, передовой опыт, который нужно распространить как можно шире. Но если это направление приносит здоровые плоды, то каковы возможности, от чего зависит эффективность и не может ли быть еще более экономичных зданий следующих поколений, которые могли быть предложены для ближайшего будущего?

Исследования показывают, что экономичность зданий может возрасти в несколько раз, если сумеем слить воедино оптимум всех архитектурно-пространственных факторов и умножить их на максимальную степень концентрации.

К таким факторам относятся этажность, высота этажей, длина и ширина, геометрическая форма, а также величина общей развернутой площади. Здания, имеющие такую основу, можно назвать зданиями рациональной пространственной организации. Влияние каждого из факторов на тепловые потери видно на аналитических графиках, (рис. 73, 74), которые дают наглядное представление о возможностях и закономерностях нового направления. На основании их анализа можно сделать и общий вывод. Эффект каждого из параметров зависит от количественной характеристики — величины здания, его объема или развернутой площади. Таким образом, чтобы обеспечить максимальную экономию тепла, надо сложить достоинства каждого пространственного фактора и затем умножить на возможно больший общий масштаб, что справедливо не только для экономии тепла, но в общем виде и для экономии всех материалов, труда, пространства, времени, стоимости. В такой логической зависимости, на наш взгляд, раскрывается цель созидательной функции архитектуры — высшая экономичность создаваемой человеком среды. Созидание — это концентрация. Подтверждение тому мы находим не только в расчетах и постройках, но и повсеместно в природе. Не зря В. Веснин говорил: "Наивысшая экономичность — вот признак глубочайшей конденсированности зодческой мысли... Разбрасывается тот, кто не знает цены материалу, человеческому труду, кто не понимает смысла подлинного искусства". Понятно в этой связи и известное высказывание Н. Ладовского: "Пространство, а не камень — материал архитектуры".

Анализ экономического эффекта и разработка проектных предложений, имеющих лучшие геометрические параметры зданий, а также крупный масштаб, показывают, что здания-полусферы и более реальные сегодня здания-пирамиды позволяют уже при минимальной развернутой площади 17—20 тыс. м² и высоте этажей 6 м иметь удельную площадь наружных ограждений 0,5 м² — целевой норматив на ближайшее время. Строительство здания в форме и размерах типа пирамиды Хеопса, что гораздо более реально, чем небоскреба 300—400 м высотой, снижает этот показатель при высоте этажей 4 м до 0,15 м², а полусфера диаметром 216 м — до 0,1 м². По сравнению со среднестатистическими данными это лучше в 15—20 раз.

Выходит, что архитектура может внести большой вклад в решение энергетической проблемы.

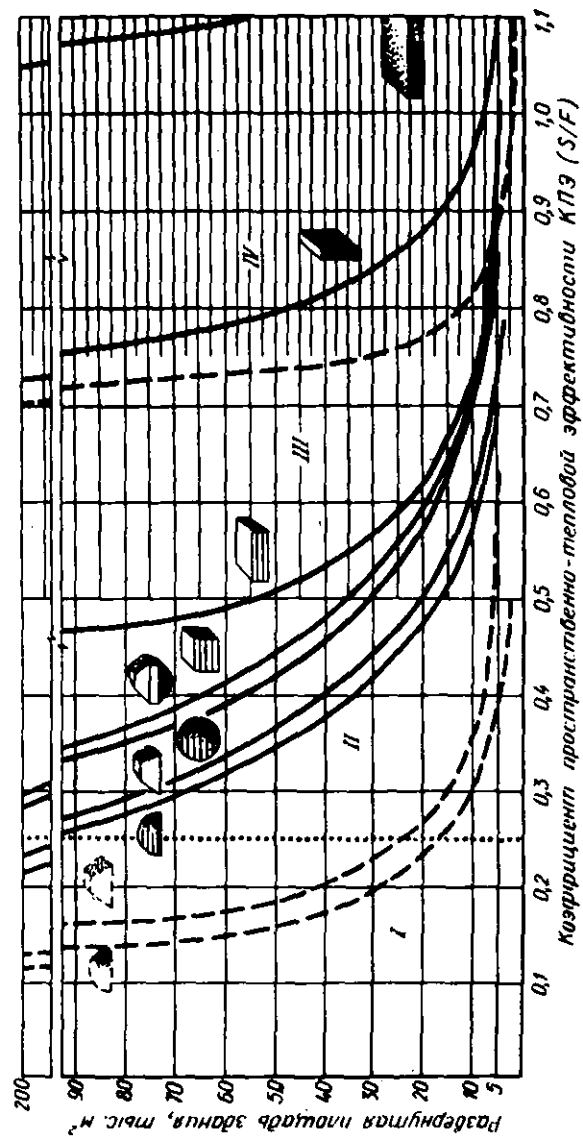


Рис. 73. Влияние формы и площади зданий на тепловые потери по зонам: I — сверхвысокой эффективности; II — высокой эффективности; III — низкой эффективности; IV — зона неэффективного строительства.

Предлагаемые здания и принципы их проектирования не являются беспочвенной фантазией. Имеющие глубокие корни в природе рациональные формы используются человеком тысячелетия. В наше время многоэтажные широкие здания в виде параллелепипедов и кубов распространены повсеместно и в промышленности, и в жилье. Современные пирамиды различных видов успешно эксплуатируются во Франции, Японии, Швеции, Германии и других странах. Полусферы используются для многочисленных промышленных объектов, депо, складов, спортивных комплексов. Концентрация до 1 млн. м² в одном здании достигнута в небоскребах. В крупномасштабном многоэтажном подземном центре "Умеда" в Осаке (Япония), рассчитанном на десятки тысяч людей, потери тепла почти равны нулю. Вот почему можно утверждать, что здания рациональной пространственной организации не только реальны, но и имеют возможность стать источником сокращения теплопотерь, а также основой общей эффективности, недостижимой по своей величине и комплексности никакими другими средствами.

Однако, несмотря на многочисленные примеры, нельзя пройти мимо того факта, что массовое внедрение новых зданий — дело чрезвычайной трудности. Одним из факторов, который длительное время сдерживал строительство многоэтажных зданий повышенной ширины, были опасения гигиенистов в отношении биологических последствий, вызванных недостаточностью естественного освещения помещений. Но проблемы экономии заставляют посмотреть на этот вопрос в свете имеющихся фактов. На многих практических примерах доказано, что сокращение естественного освещения за счет использования искусственного света не оказыва-

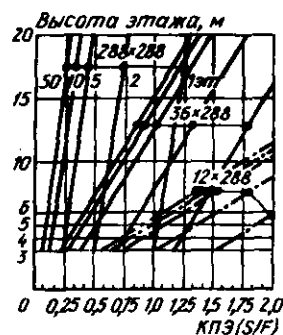
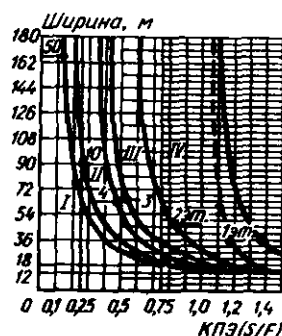
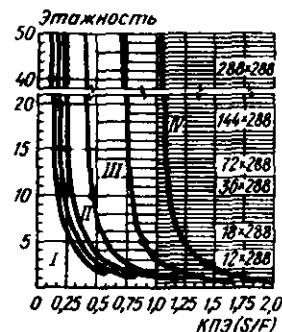


Рис. 74 Влияние ширины, этажности и высоты этажа на тепловые потери: I — зона сверхвысокой эффективности; II — высокой эффективности; III — низкой эффективности; IV — неэффективного строительства.

ет существенного влияния на санитарные условия внутренней среды. Там, где это требуется, они давно уже обеспечиваются техническими средствами. Вместе с тем определенная "осторожность" и предубежденность остались.

Другой причиной, ограничивающей область применения новых зданий в промышленности, является потребность в "первых этажах" для размещения тяжелого производства, а также в больших пролетах, оборудованных соответствующими средствами транспорта. Состояние уровня развития технологии в настоящее время действительно таково, что в ряде случаев нет возможности отказаться от одноэтажных зданий. Но и здесь мы не можем не видеть прогрессивных тенденций. Вместо одноэтажных с успехом применяются двухэтажные здания с укрупненной сеткой колонн в верхнем этаже. Это корпуса АЗЛК, прокатные станы, литейные цехи. При этом даже в настоящее время существует принципиальная возможность размещения названных производств в трехэтажных зданиях. Удельная площадь ограждений в двухэтажных корпусах достигает $0,6-0,7 \text{ м}^2$, а в трехэтажных — $0,5 \text{ м}^2$, то есть сокращается более чем в 2 раза. Что же касается относительно других производств, то все они с большим выигрышем размещаются в зданиях третьего поколения.

Но главное не в этом. Основной причиной и самым серьезным сдерживающим фактором является ограничение масштабов строительства ведомственными потребностями. Многоэтажные корпуса широкой застройки и здания "рациональной пространственной организации" высокоэффективны, чьи площади не менее 20—30 тыс. м^2 , и чем больше площадь, тем лучшие показатели могут быть достигнуты. Но отдельному предприятию или министерству как правило не нужно строить столько площадей, у них нет на это часто и требуемых средств. В результате сами жизненные обстоятельства вынуждают строить небольшие и совсем мелкие здания старого типа, распыляющие не только тепло, но и капитальные вложения, материальные, трудовые, энергетические ресурсы. Мы привыкли, что жилые дома строит государство, а промышленные — различные ведомства. Это-то и мешает распространению прогрессивных типов зданий больше всего.

Однако такое положение не может быть долго терпимо. Мы все больше понимаем, что борьба за экономию является общенародным делом. Если у отдельного предприятия нет потребности в строительстве крупного здания, то, значит, такие корпуса должны строиться межотраслевыми, многоцелевыми, комплексными, потому что они экономичны. По аналогии с жильем строительство новых

зданий может осуществлять единый заказчик, например, исполнительные власти республик за счет объединенных капитальных вложений. Возможны и другие организационные формы. Основываясь на новые здания должны на блок-секционном принципе и унифицированных требованиях многих "технологий", позволяющих размещать под одной крышей различные производства и функции, осуществлять в эксплуатации необходимые изменения, вести строительство по очереди и пусковым комплексам. Такой подход мог бы существенно упростить строительную деятельность министерств и сосредоточиться на развитии производства за счет технического перевооружения предприятий. Но, главное, он открыл бы "ворота" для массового применения самых прогрессивных типов зданий, основанных на максимальной концентрации, вплоть до разумного объединения в одном пространстве функций производства, жилья и общественной жизни.

Большие резервы экономии, которые открывают новые типы зданий, нужно использовать полностью. Этого требует время. У такого подхода много скептиков и оппонентов, и они во многом правы. Но обратной дороги нет. Традиционные средства, как нефть, газ, уголь, в конце концов будут исчерпаны, и чем раньше мы займемся разработкой альтернативных путей экономии, тем скорее избавимся от их недостатков, тем быстрее приступим к комплексному решению созидательных проблем. Ведь и "тепловое загрязнение", которое оказывает непоправимое воздействие на климат Земли, вызывая тревогу за будущее,— часть того же вопроса.

Влияние формы и площади зданий на тепловые потери [14] представлены на рис. 73. Графики построены на основе расчетов для высоты этажа 6 м. Пунктирные линии соответствуют высоте этажа 3 м. Влияние ширины, этажности и высоты зданий показано на рис. 74.

Следует отметить, что влияние объемно-планировочных решений зданий на потери тепла в настоящее время не учитывается. Однако в отдельных случаях оно может быть очень велико. На это указывает П. П. Денисов [40] и считает, что следует разрабатывать критерий для теплофизической оценки объемно-планировочных решений и нормировать его для различных типов зданий.

Существующие в настоящее время теплофизические нормативы касаются только конструктивных особенностей отдельных наружных ограждений зданий, а не всего здания в целом. От объемно-планировочного решения здания существенно зависит расход тепла.

Требования СНиП II-3-79** приводят к возведению зданий одной формы, что противоречит градостроительным принципам и не всегда отвечает функциональному назначению здания. Для разработки такого критерия надо проанализировать зависимость расхода тепла

через ограждающие конструкции от объемно-планировочного решения здания.

Конструктивные особенности ограждений здания будем характеризовать удельными расходами тепла через 1 м^2 ограждения при расчетной разности температур воздуха в помещении и наружного воздуха.

Количество тепла Q , проходящее через ограждающие конструкции при расчетной разности температур воздуха в помещении здания и наружного воздуха, определяют по формуле

$$Q = q_v \cdot F_v + q_k \cdot F_k + q_n \cdot F_n,$$

где q_v — удельный расход тепла через 1 м^2 вертикального ограждения;

q_k — то же, через 1 м^2 кровли;

q_n — то же, через 1 м^2 пола первого этажа;

F_v — площадь вертикального ограждения;

F_n — площадь пола первого этажа.

Чтобы можно было сопоставить здания разных размеров, целесообразно суммарный расход тепла разделить на общую площадь здания F . В результате получим расход тепла, отнесенный к 1 м^2 площади. Это будет относительный расход тепла ω .

Учитывая, что общую площадь здания можно представить как

$$F_0 = n \cdot F_n.$$

Получим относительный расход тепла

$$\omega = q_v \frac{F_v}{F_0} + \frac{q_k + q_n}{n},$$

где n — число этажей.

Отношение площадей вертикальных ограждений к общей площади здания зависит от формы и размеров здания:

$$\frac{F_v}{F_0} = \frac{PH}{n F_n} = \frac{Ph}{F_n},$$

где P — периметр здания;

H — высота вертикальных ограждений зданий;

h — высота этажа.

Зависимость этого отношения от размеров здания можно проследить, задавшись определенной формой здания. Так, например,

для квадратного в плане здания, сторона которого $a = \sqrt{F_n}$, периметр $P_{кв} = 4\sqrt{F_n}$.

Следовательно, отношение площадей вертикальных ограждений к общей площади квадратного в плане здания будет

$$f_{кв} = \left(\frac{F_v}{F_0} \right)_{кв} = \frac{P_{кв} \cdot h}{F_n} = \frac{4h}{\sqrt{F_n}}.$$

Полученное соотношение сочетает в себе как вертикальные, так и горизонтальные размеры зданий и поэтому может считаться характеристикой размеров здания. Если квадратное в плане здание принять за эталон и отношение площадей вертикальных ограждений к общей площади для любого здания разделить на отношение площадей вертикальных ограждений к общей площади для квадратного в плане здания, то здание любой формы можно охарактеризовать коэффициентом формы ψ ;

$$\psi = \frac{F_v}{F_0} : \left(\frac{F_v}{F_0} \right)_{кв} = \frac{P}{P_{кв}} = \frac{P}{4\sqrt{F_n}}.$$

Эти два показателя — размеры и коэффициент формы — характеризуют объемно-планировочные решения здания. Их произведение будем называть объемно-планировочным коэффициентом

$$K_{оп} = \psi \cdot f_{кв}.$$

В то же время объемно-планировочные коэффициенты представляют собой не что иное, как отношение площадей вертикальных ограждений к общей площади здания

$$K_{оп} = \frac{F_v}{F_0}$$

и поэтому

$$\omega = K_{оп} \cdot q_v + \frac{q_k + q_n}{h}.$$

Отсюда следует, что относительный расход тепла зависит от трех факторов: от конструктивных решений наружных ограждений, характеризующихся удельными расходами тепла q_v , q_k , q_n , от объемно-планировочного решения здания, характеризующегося объемно-планировочным коэффициентом $K_{оп}$, от этажности здания n .

Таким образом, у зданий одинаковой этажности, имеющих одинаковые конструктивные решения наружных ограждений, отно-

сительный расход тепла может быть различным и существенно зависит от объемно-планировочного коэффициента.

Следует отметить, что в ЦНИИЭПжилища при анализе тепловой эффективности проектов жилых зданий широко используется другой планировочный коэффициент — удельный периметр наружных стен. Он представляет собой отношение периметра наружных стен к общей площади типового этажа (Рекомендации по определению тепловой эффективности жилых зданий в зависимости от объемно-планировочных решений М. ЦНИИЭПжилища, 1979). Этот показатель является частным случаем объемно-планировочного коэффициента и применим для зданий, имеющих одинаковые высоты этажей. Применительно к общественным зданиям, высоты этажей которых могут быть существенно разными, в качестве критерия для теплофизической оценки объемно-планировочного решения здания удобнее применять объемно-планировочный коэффициент, который учитывает и периметр здания, и высоту этажа.

При проектировании экономичных зданий в качестве исходного принципа в настоящее время используется принцип минимума приведенных затрат, учитывающий как капиталовложения в создание отдельных ограждающих конструкций, так и эксплуатационные расходы.

На полученное в результате экономического расчета конструктивное решение ограждения, характеризующееся экономически целесообразным сопротивлением теплопередаче, накладывается дополнительное санитарно-гигиеническое требование поддержания определенных температур внутренних поверхностей наружных ограждений.

Кроме санитарно-гигиенических требований, ограничивающих возможность применения экономически целесообразных конструкций, могут быть и другие ограничительные требования. В частности, на конструктивные решения может влиять отсутствие дефицитных материалов, энергоресурсов и т. п.

В условиях требования экономии топлива и энергии необходимо создание энергоэкономичных зданий. На конструктивные решения наружных ограждений, полученные в результате экономических расчетов, дефицит энергоресурсов накладывает дополнительные ограничения в виде нормативов на удельные расходы тепла.

Объемно-планировочные решения зданий до сих пор не нормировались из-за отсутствия соответствующего критерия для теплофизической оценки объемно-планировочного решения. С введением объемно-планировочного коэффициента к ним также должны быть установлены ограничения.

Для установления контрольных показателей на объемно-планировочные коэффициенты можно пользоваться следующими рекомендациями.

Прежде всего необходимо проанализировать существующие проектные решения зданий различного назначения и выявить диапазон изменения объемно-планировочных коэффициентов для каждого типа зданий. Расположив в табл. 53 полученные объемно-планировочные коэффициенты в убывающем порядке, получим картину вариации этих коэффициентов для различных типов зданий.

Таблица 53

Контрольные показатели объемно-планировочных коэффициентов
для разного типа зданий различной этажности

№№ п/п	Площадь вертикаль- ных ограждений F_v , m^2	Общая площадь зда- ния F_0 , m^2	Объемно-планировоч- ный коэффициент, $K_{оп}$
1	1595	1215	1,31
2	638	535	1,19
3	2734	2328	1,17
4	1253	1166	1,07
5	1264	1204	1,05
6	2484	2405	1,03
7	2306	2375	0,97
8	2255	2390	0,94
9	1870	1988	0,94
10	1830	1994	0,92
11	1893	2183	0,87
12	2174	2555	0,85
13	1130	1338	0,84
14	1860	2222	0,84
15	1754	2166	0,81
16	2080	2583	0,81
17	2135	2675	0,81
18	2240	2987	0,75
19	880	1174	0,75
20	1530	2061	0,74
21	1490	2122	0,70
22	1160	1696	0,68
23	816	1213	0,67
24	830	1319	0,63

Условившись определенный процент зданий каждого типа с наиболее высокими объемно-планировочными коэффициентами считать имеющими завышенный для данного типа зданий объемно-планировочный коэффициент и отсекая верхнюю часть таблицы, соответствующую заданному проценту, получим контрольный показатель объемно-планировочного коэффициента.

Предположим, что надо установить контрольный показатель объемно-планировочного коэффициента для двухэтажных зданий детских яслей-садов. Для этого необходимо собрать проекты двухэтажных детских яслей-садов, по возможности в большем числе и от разных проектных организаций. В табл. 53 в качестве примера приведены данные по 24 детским яслям-садам. Эти данные уже расположены в порядке убывания объемно-планировочных коэффициентов. Если условиться, что 25% зданий с наиболее высокими значениями объемно-планировочного коэффициента имеют завышенные значения его, то из 24 проектов следует отделить первые шесть проектов.

Принимая среднее из двух значений объемно-планировочного коэффициента, расположенных непосредственно над и под чертой, получим контрольный показатель объемно-планировочного коэффициента для двухэтажных детских яслей-садов $K_{оп} = 1$.

Компактность плана. Из всех архитектурных приемов, направленных на экономию тепла в жилом доме, наибольшее внимание специалисты уделяют повышению компактности плана здания, в частности увеличению его длины и ширины.

Длину существующего жилого дома можно увеличить, пристроив к его торцам дополнительные объемы или соединив два и более существующих дома в единое сооружение путем соответствующих вставок. Так, если пятиэтажный жилой дом длиной 50 м удлинить в два раза, экономия тепла будет приблизительно 7%. Более значительное удлинение практически ничего не дает в смысле теплотехники. Так что объединение отдельно стоящих многоэтажных домов, характерных для массового жилищного строительства последних десятилетий, может быть оправдано в каких-то случаях, но эти оправдания не связаны со снижением теплотерь.

Несколько более эффективным является уширение корпуса жилого дома до 14 м и более (рис. 75). Компоновка такого дома неизбежно заставляет применять планировочные приемы, существенно отличающиеся от тех, что используются в домах, ширина которых не превышает 11—12 м [41]. Для создания широкого корпуса используются следующие планировочные средства:

— квартиры увеличенной глубины с внутренними кухнями, освещаемыми естественным светом через общую комнату и обязательно оборудованными механической вытяжной вентиляцией;

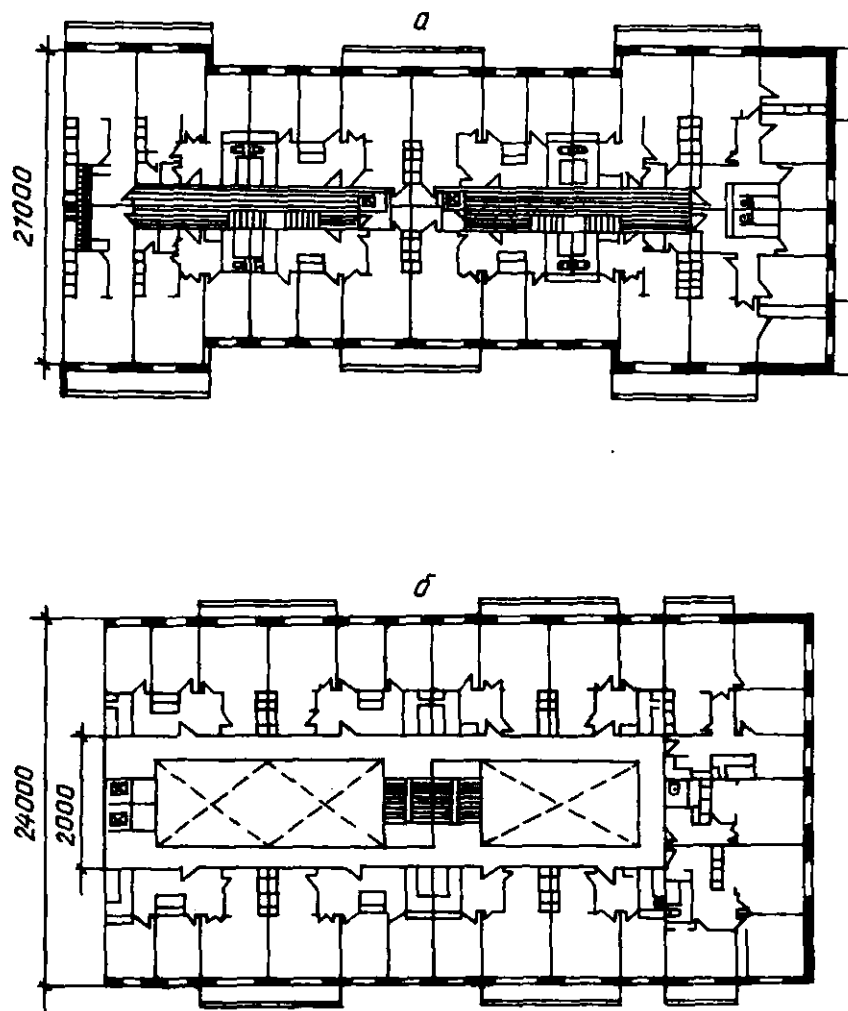


Рис. 75. Жилые дома с широким корпусом: а — план блок-секции с внутренней лестницей и квартирами увеличенной глубины; б — фрагмент плана галерейно-секционного дома.

— квартиры увеличенной глубины с внутренними кухнями, освещаемыми естественным светом и проветриваемыми через светоаэрационные шахты;

— использование внутренних лестниц, освещаемых только искусственным светом и снабженных инженерными средствами пожарной безопасности;

— использование внутренних лестниц, освещаемых через светоаэрационные шахты.

Лестница в глубине здания встречается в пятиэтажных жилых домах серии 72, разработанной архитекторами СибЗНИИЭП, а также в некоторых проектах, выполненных сотрудниками ЛенЗНИИЭП и Норильскпроект. И хотя действующий до сих пор СНиП 2.08.01-85 "Жилые здания" запрещает применение внутренних лестниц, лишенных естественного освещения или освещенных верхним светом в зданиях высотой более трех этажей, серьезных причин, на основании которых следовало бы настаивать на сохранении этого запрета, нет.

Применение кухонь, освещаемых вторым светом, также запрещается действующими нормами. Кроме того, есть и серьезные возражения со стороны специалистов. Так, В. К. Лицкевич [42], опираясь на натурные обследования, проведенные специалистами ЦНИИЭП жилища совместно с МНИИГ им. Ф. Ф. Эрисмана, считает что подобные внутренние кухни допустимы лишь в квартирах для малосемейных в домах гостиничного типа.

Если реконструируется жилой дом с шириной корпуса 11—12 м, то возможно его частичное уширение путем пристройки в отдельных конструктивных пролетах эркеров, увеличивающих площадь соответствующих жилых комнат, а также дополнительных объемов, увеличивающих площадь кухонь.

В существующем жилищном фонде имеется относительно небольшое количество многоэтажных жилых домов с очень узким (менее 9 м) корпусом (дома, построенные по типовым проектам серии Г, ГИ и ряда других). Реконструируя подобные здания, можно ширину корпуса довести до 11—12 м. При этом планировочная структура реконструированного дома будет близка структуре новых домов, построенных по проектам серии с "нормальной" (11—12 м) шириной корпуса.

Возможны и другие компоновочные схемы при реконструкции жилых домов с узким корпусом. Так, если он широтной ориентации, то уширение может быть осуществлено путем пристройки к южному фасаду сплошных остекленных галерей, увеличивающих ширину корпуса до 11—12 м. Если же дом меридиональный, то возможна одновременная пристройка аналогичных галерей с обоих фасадов — восточного и западного, что увеличивает ширину корпуса до 14—16 м.

Если рядом с реконструируемым узким жилым домом имеется свободная территория, достаточная для строительства нового жилого дома, то допустим вариант реконструкции, при котором параллельно существующему дому на расстоянии 8—10 м от него возводится еще один дом с узким корпусом, а промежуток между старым и новым домами перекрывается остекленной крышей. Тем самым все сооружение превращается в единый жилой дом шириной корпуса 24 м и более.

Наконец, если реконструируется старая жилая застройка с наличием узкого двора — колодца, то такой двор может быть перекрыт остекленной крышей, тем самым образуется единое жилое здание с очень широким корпусом. Французские архитекторы разработали проект, где используется этот прием в новом строительстве (рис. 76).

Большинство проектов энергосберегающих жилых домов с широким корпусом разработано в расчете на реализацию в условиях Сибири или других регионов с холодным климатом. Однако этот архитектурный прием применим, по всей видимости, и для более умеренного климата.

Типологические требования к габаритам жилого дома в условиях жаркого климата. Габариты жилого дома и его элементов анализируются нами по позициям: этажность, ширина корпуса, высота и глубина жилых помещений, размеры светопроемов, размеры летних помещений.

Выбор этажности жилых зданий в современном городском строительстве связан с целым рядом факторов. В условиях Средней Азии естественным представляется подход, когда некоторые микроклиматические преимущества малоэтажного жилища могут оказаться принесенными в жертву стремлению к экономии поливных земель. При выборе этажности безлифтового строительства климат играет более существенную роль. Очевидно, что в жарком климате нагрузка на поднимающегося по лестнице человека увеличивается.

В связи с этим можно увязать районирование этажности безлифтового строительства со степенью перегрева на территории Средней Азии [47]. В районах с наиболее тяжелыми условиями, где рекомендуется применение искусственных средств климатизации, следует ограничивать высоту жилищ без лифтов тремя этажами, на остальной территории — четырьмя этажами.

В вопросе о высоте жилых помещений издавна наблюдается тенденция к ее увеличению для достижения комфорта в странах с жарким климатом. Примером может служить строительство в среднеазиатских городах первых малоэтажных жилых домов по европейскому образцу. В Ташкенте высота комнат в таких жилищах составляет 3,2—4,0 м. В народном жилище высота помещений колебалась от 2,5 до 3,2 м в зависимости от назначения помещений.

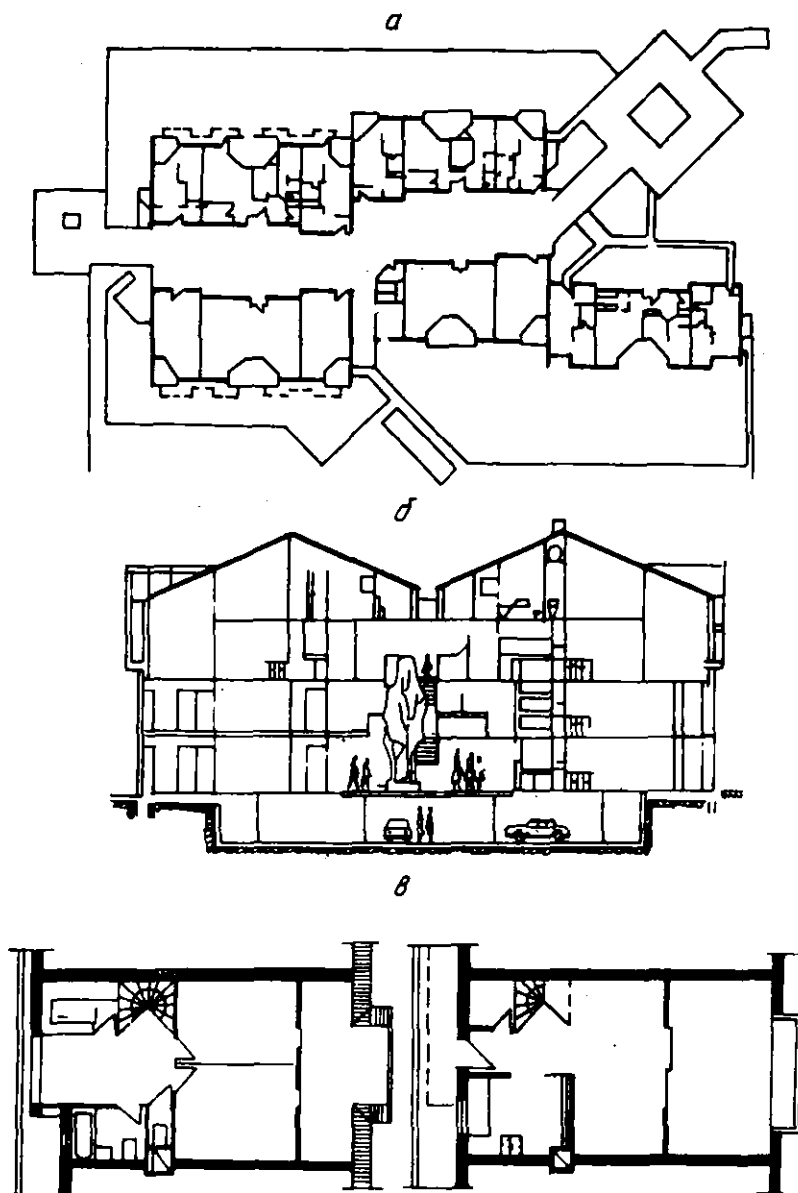


Рис. 76. Проект жилого дома с широким корпусом и поквартирными оранжереями-теплоуловителями (Франция): а — план первого этажа дома; б — разрез; в — план квартиры.

Несколько позже, на основании исследований был сделан вывод о том, что при надлежащей изоляции перекрытия влияние высоты помещений на его температурный режим незначительно и эквивалентно снижению температуры на $0,7-1,2^{\circ}\text{C}$ при повышении высоты на 1 м. Тем самым вопрос об увеличении высоты помещений утратил свою остроту. Однако, учитывая длительность изоляции жилой среды от внешней в условиях Средней Азии в связи с "закрытостью" структур жилища, важным становится вопрос увеличения кубатуры помещения, особенно летом, в связи с необходимостью запаса достаточного объема прохладного ночного воздуха на период 12—14 часов закрытого режима эксплуатации жилища, равного продолжительности перегрева в течение суток.

Нам представляется, что высота помещений должна окончательно выбираться в зависимости от средств регулирования микроклимата в летний период. Если в жилище круглосуточно применено искусственное охлаждение, то одним из основных требований является сокращение охлаждаемого объекта. В данном случае рекомендуется высота 2,5—2,7 м. Если система искусственного охлаждения в жилище рассчитывается на работу в дневные часы, а ночью происходит проветривание, целесообразно увеличение высоты комнаты до 2,7—3,0 м. Если для борьбы с перегревом применяются естественные средства регулирования микроклимата, то необходимо их интенсивное использование и высота комнат принимается 3 м.

Оптимальная глубина комнат и ширина корпуса тесно связаны с вопросами проветривания. С одной стороны, предпочтительное в микроклиматическом отношении сквозное проветривание легче всего может быть организовано при расположении комнат в два ряда, небольшой их глубине и сравнительно узком корпусе. С другой стороны, нельзя пренебрегать тем, что увеличение глубины комнат дает устойчивое снижение температуры внутреннего воздуха.

Типологические требования к проветриванию показаны на рис. 77. Рекомендуемые схемы проветривания следующие: для региона оазисов наиболее эффективная схема горизонтально-сквозное, для региона пустынь горизонтально-сквозное или горизонтально-угловое по усложненной схеме при смещении проемов в плане, а также совместное решение горизонтального и вертикального, для маловетренных районов необходима интенсификация с помощью горизонтально-сквозного плюс вертикальное.

Для жилища с искусственным охлаждением возможна организация односторонних квартир с горизонтально-боковым проветриванием или двусторонних с горизонтальным и вертикальным проветриванием через шахты, дворики. Необходимо разделять пути проветривания охлаждаемых и неохлаждаемых объемов.

Характеристика проветривания	Принцип действия	График движения воздуха	Схема проветривания			
			комнаты	квартиры	жилого дома	
Горизонтальное	Боковое (ГБ)					
	Угловое (ГУ)					
	Сквозное (ГС)					
Вертикальное	Боковое (ВБ)		—	—	—	
	Угловое (ВУ)					
	Сквозное (ВС)		—	—	—	
Горизонтальное-вертикальное	ГБ+ВБ ГУ+ВБ					
	ГБ+ВУ ГУ+ВУ ГС+ВБ ГС+ВУ		—			
	ГБ+ВС ГУ+ВС		—			
	ГС+ВС		—			

Рис. 77. Классификация схем проветривания.

Современные габариты жилых домов серий Уз-500, ТДСК 71 А/77, 1Т-СП 148 дают нам возможность варьировать глубину комнат от 4,8 до 5,0 м, ширину корпуса от 10,4 до 16,2 м, а при сдвиге в плане — до 19,2 м. Дальнейшее увеличение ширины корпуса может быть достигнуто за счет применения жилых домов с шахтами вертикального проветривания. Следует отметить широкое

распространение жилых домов с шахтами за рубежом, в том числе в странах с жарким климатом (рис. 78, 79).

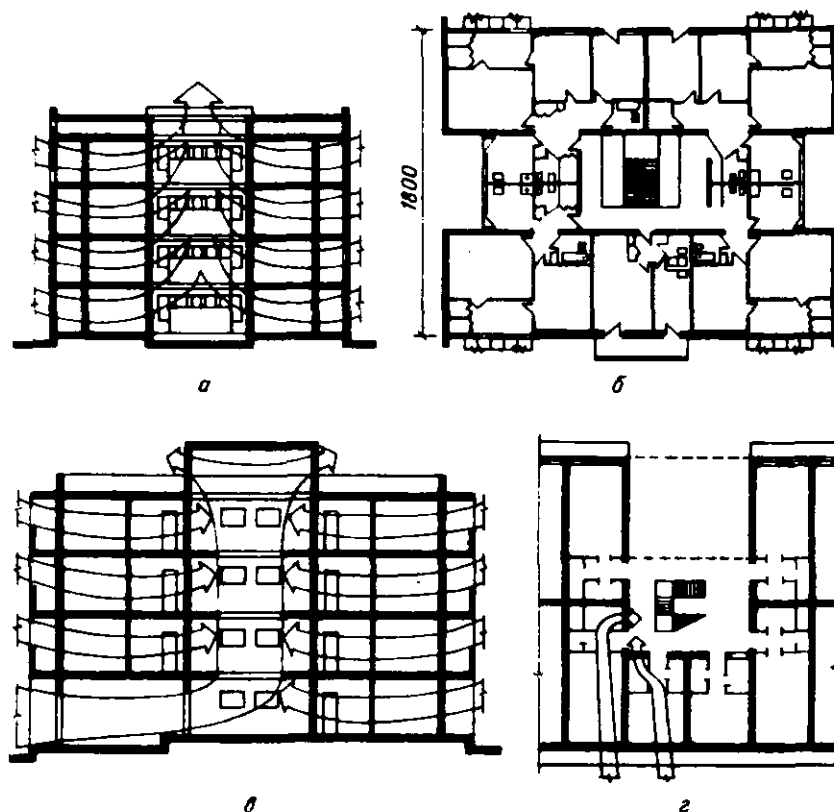


Рис. 78. Жилые дома с шахтами вертикального проветривания: а — схема проветривания, шахта открыта по 1-му этажу; б — план типового этажа 4-этажного жилого дома (Новый Узень); в — схема проветривания 4-этажных домов (Ташкент, Ашгабат); г — план первого этажа.

В результате можно рекомендовать следующее: относительно узкий корпус при небольшой глубине комнат — для регионов оазисов и предгорий; широкий корпус, многорядное расположение помещений, максимальная глубина комнат, жилые дома с шахтами — в регионе пустынь и в районе с полным кондиционированием, что вызвано стремлением к снижению теплопоступлений путем сокращения площадей наружных ограждений по отношению к внутреннему объему.

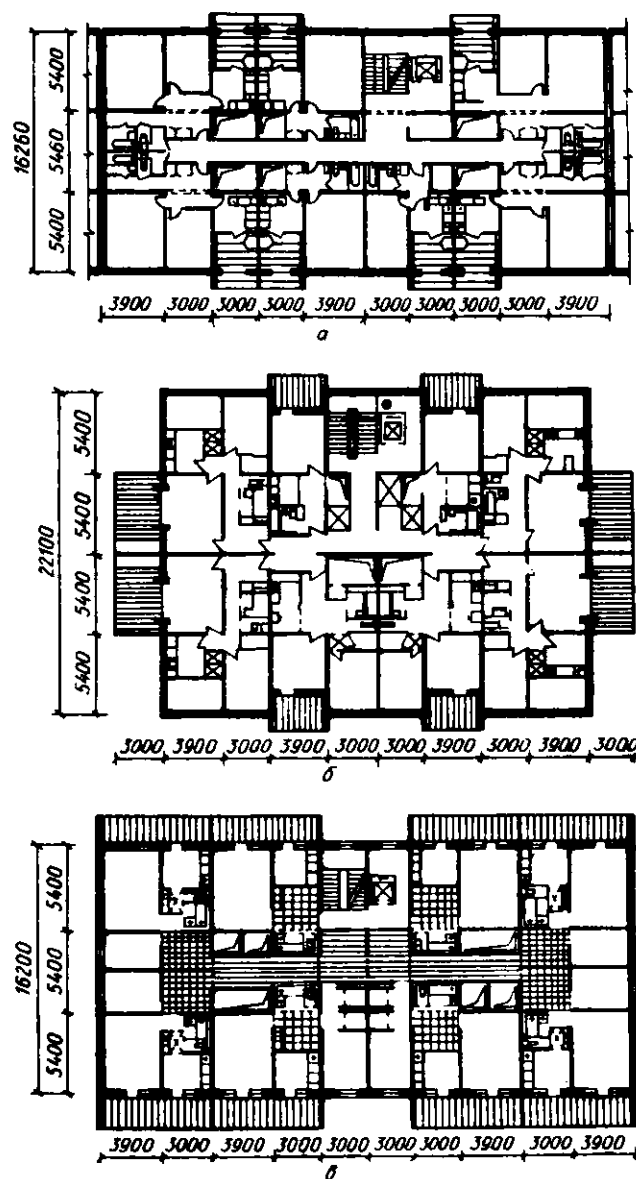


Рис. 79. Экспериментальные проекты жилых домов с шахтами вертикального проветривания на базе серии 148: а — план блок-секции (арх. Шагаев М. М., Сафина Р. З.); б — односекционный дом (арх. Русанова Л. Н.); в — односекционный дом (арх. Джаббар О. С.)

Переходя к рассмотрению габаритов летних помещений, отметим, что их микроклимат в значительной степени связан с размерами и пропорциями внутреннего пространства и открытых проемов.

С изменением наружной скорости ветра изменяется распределение скоростей ветра в летних помещениях. Летние помещения глубиной менее 1,5 м при скорости ветра 3—5 м/с и выше находятся в зоне ветрового дискомфорта практически при всех ориентациях по направлению к ветру. В таких же условиях находятся летние помещения глубиной 3 м при скорости ветра выше 5 м/с.

Таким образом, при скоростях ветра 3 м/с целесообразна глубина летних помещений от 1,5 до 3,0 м. При скоростях ветра более 3,5 м/с глубина летних помещений возможна более 3 м, при ветре свыше 5 м/с — 6 м. Меньшая глубина возможна при ограниченной ориентации по направлению к ветру или ветрозащитных устройствах.

Для повышения эффективности проветривания и расширения диапазона скоростей ветра, при которых могут использоваться летние помещения, можно осуществлять их автономное проветривание по сквозной схеме. Таковы примеры жилых домов по проектам В. М. Дмитриева (ЦНИИЭПЖилища), а также примеры из зарубежной практики.

Согласно требованиям СНиП, минимальная расчетная площадь световых проемов в жилище составляет 1/8 от площади пола и может уменьшаться на 20% в IV А климатическом подрайоне. При уменьшении размеров проемов сокращается количество солнечной радиации, что оказывает благоприятное влияние на жилище в условиях юга. За рубежом в сухом жарком климате размеры проемов иногда уменьшают до 1/20 от площади пола.

В последнее время, как отмечает Г. А. Михайлов, необходимость экономии энергии ставит вопрос об уменьшении размеров светопроемов настолько остро, что может поколебать позиции гигиенистов с точки зрения фактора естественной освещенности.

В Средней Азии уровень естественной освещенности примерно одинаков для всей территории. Мы предлагаем для региона пустынь размер светопроемов принимать равным 1/10 от площади пола, а в регионе оазисов и предгорий — 1/8. Наши рекомендации касаются помещений дневного пребывания, где естественную освещенность необходимо поддерживать на нормальном уровне. Что касается спален, то сокращение размеров их светопроемов возможно в еще большей степени: в регионе оазисов до 1/10, а в регионе пустынь до 1/12 от площади пола. Чтобы не снизить эффект ночного проветривания, можно использовать трансформацию наружных от-

раждений спален в регионе оазисов и трансформацию части несветопрозрачного заполнения проема в регионе пустынь.

Средством улучшения летнего микроклимата в малоэтажном жилище является непосредственная связь с грунтом. Известно, что на первых этажах многоэтажных жилых зданий и в одноэтажном жилище летом создаются лучшие термические условия, так как тепловой поток круглосуточно уходит в более прохладный грунт или подполье.

Сравнение среднемесячной июльской температуры почвы и воздуха на разных глубинах показывает, что на глубине 0,5 м эти температуры различаются на 1—2°C в зависимости от типа почвы (тяжелые суглинистые грунты, легкие суглинки, супесчаные и печаные почвы). На глубине 2 м среднемесячная температура почвы ниже температуры воздуха на 4,0—4,5°C. Такое же явление наблюдается в пустыне Сахара, где температура грунта на глубине 1 м составляет 28°C, а на глубине 2 м постоянна и равна 21°C. Опыт проектирования жилых зданий за рубежом показывает, что изотермы грунта под зданием изгибаются к поверхности тем более, чем прохладнее грунт летом, и здание более изолировано.

В условиях Средней Азии заглубление в грунт может рекомендоваться в равнинных районах, отличающихся высокими летними температурами, большой сухостью воздуха, с количеством осадков в год не более 200 мм. Этот прием применен А. А. Махкамовым при проектировании жилых домов серии "Хорезм".

Отрыв жилого здания от грунта путем постановки на столбы не может быть рекомендован для наших условий. Жилые дома, отрываясь от грунта, лишаются возможности использовать его охлаждающее свойство, становясь дополнительным источником тепlopотуплений. Подобный прием находит широкое применение лишь в жарком влажном климате, когда необходима интенсификация проветривания любыми средствами. Подавляющая часть Средней Азии относится к зоне жаркого сухого климата. Следовательно, отрыв здания от грунта нецелесообразен.

Дифференциация типологических требований к жилищам в региональных природных условиях позволила определить общие тенденции решения двух типов жилых домов и наметить направления их совершенствования.

Отличительной особенностью планировочного решения жилых домов, предназначенных для региона оазисов и предгорий со сравнительно благоприятными ландшафтами и климатическими условиями (полузакрытая структура), заключается в том, что жилище рассчитывается на значительную степень изоляции от внешней среды с одновременным обращением во внешнюю среду основных структурных элементов, что позволяет максимально использовать

микроклиматическую эффективность природного ландшафта и создает хорошую связь квартир с внешней средой.

Для этого жилище в регионе оазисов и предгорий при общей тенденции развития в глубину должно иметь сравнительно узкий корпус с расположением жилых комнат в два ряда, вспомогательных помещений в три, четыре ряда. Форма жилого дома в плане может решаться с определенной степенью свободы, например, в предгорьях целесообразны здания, вытянутые вдоль рельефа. Возможно применение разновысотности в застройке, ступенчатость объемов. Коммуникация и зоны межсемейного общения могут решаться полуоткрытыми.

Планировочная организация квартир должна иметь возможность непосредственного раскрытия жилых и летних помещений во внешнюю среду. В основу планировочной схемы квартиры закладываются линии сквозного или углового проветривания. Летние помещения могут быть открытого или полуоткрытого типов: открытые террасы, организованные на крышах верхних этажей при ступенчатой композиции здания, веранды с частичным раскрытием в глубину квартир и возможностью трансформации в единый объем с общей комнатой или кухней, веранды с автономным проветриванием.

Жилище в неблагоприятных экстремальных условиях пустынь (закрытая структура) должно рассчитываться на преимущественную изоляцию от внешней среды. Эти условия обеспечиваются развитием квартиры в глубину, созданием максимально широкого корпуса, включением в объем жилого дома непосредственно ограниченного им пространства. Форма жилого дома в плане и его объем должны быть предельно компактны, решены в спокойных, простых очертаниях, легко обтекаемых ветровым потоком. Коммуникации и зоны межсемейного общения должны быть закрытыми.

Планировочная организация квартир в регионе пустынь должна предусматривать возможность изоляции части жилых и летних помещений от внешней среды при раскрытии в замкнутое дворовое пространство. Предпочтительной схемой проветривания является горизонтально-вертикальное. Летние помещения предусматриваются полуоткрытого типа (лоджии) (рис. 80, 81, 82).

Анализ типовых и экспериментальных проектов показал, что большинство проектов жилых домов ориентировано на "усредненные" условия, в них учитываются общие требования, предъявляемые сухим жарким климатом, но мало учитываются региональные и местные природные особенности. Отсутствуют жилые дома для пустынь.

Интересные предложения экспериментальных жилых домов для Душанбе были сделаны Г. И. Полтораком (рис. 83). Кроме того, в Душанбе уже построены девяти- и четырехэтажные эксперимен-

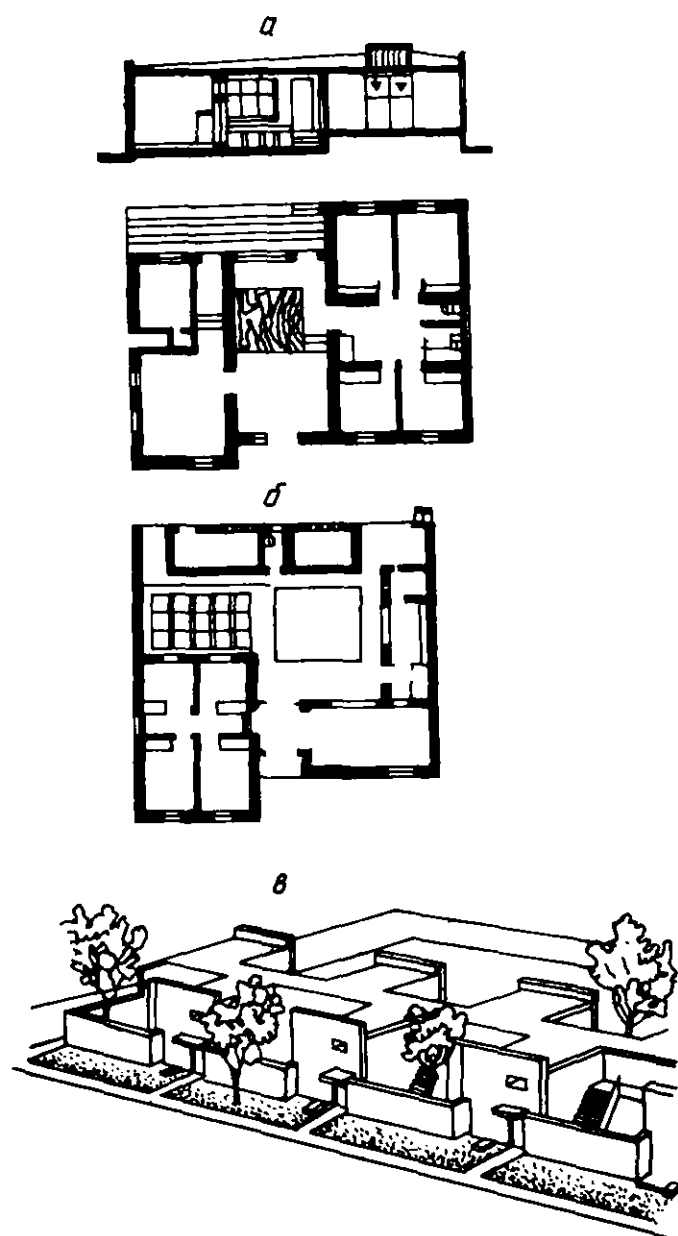


Рис. 80. Композиционные схемы жилища для зоны пустынь: а — модель с крытым двориком (долан) для северных равнин; б — модель с открытым двориком (ховли) для южных равнин; в — двухэтажные дома с приквартирными дворами (Ашгабат).

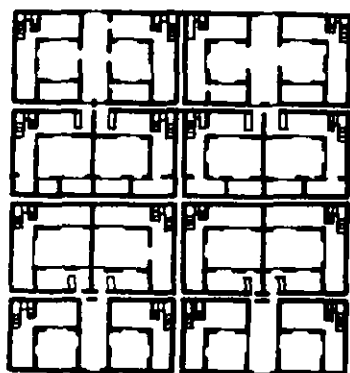
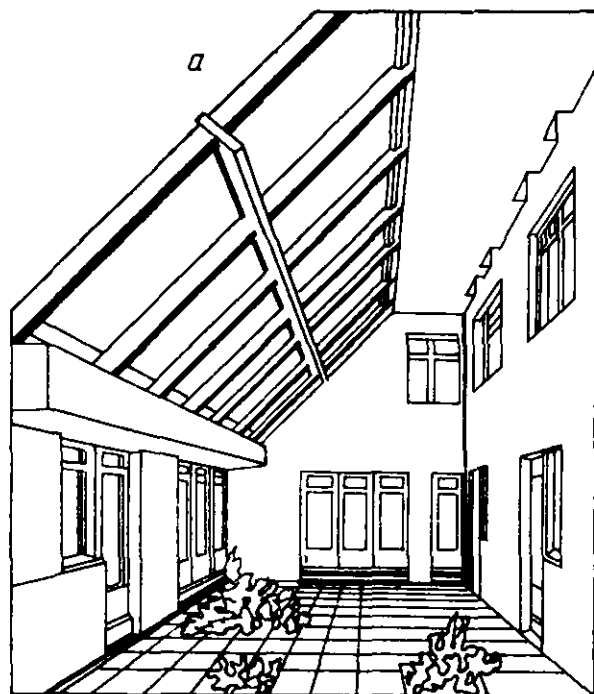


Рис. 81. Фрагмент плотной, многоэтажной застройки с гелиосистемами (арх. А. Ш. Шамузафаров, З. Н. Чеботарева, Д. Я. Коган): а — интерьер остекленного двора; б — разрез фрагмента застройки; в — план фрагмента застройки.

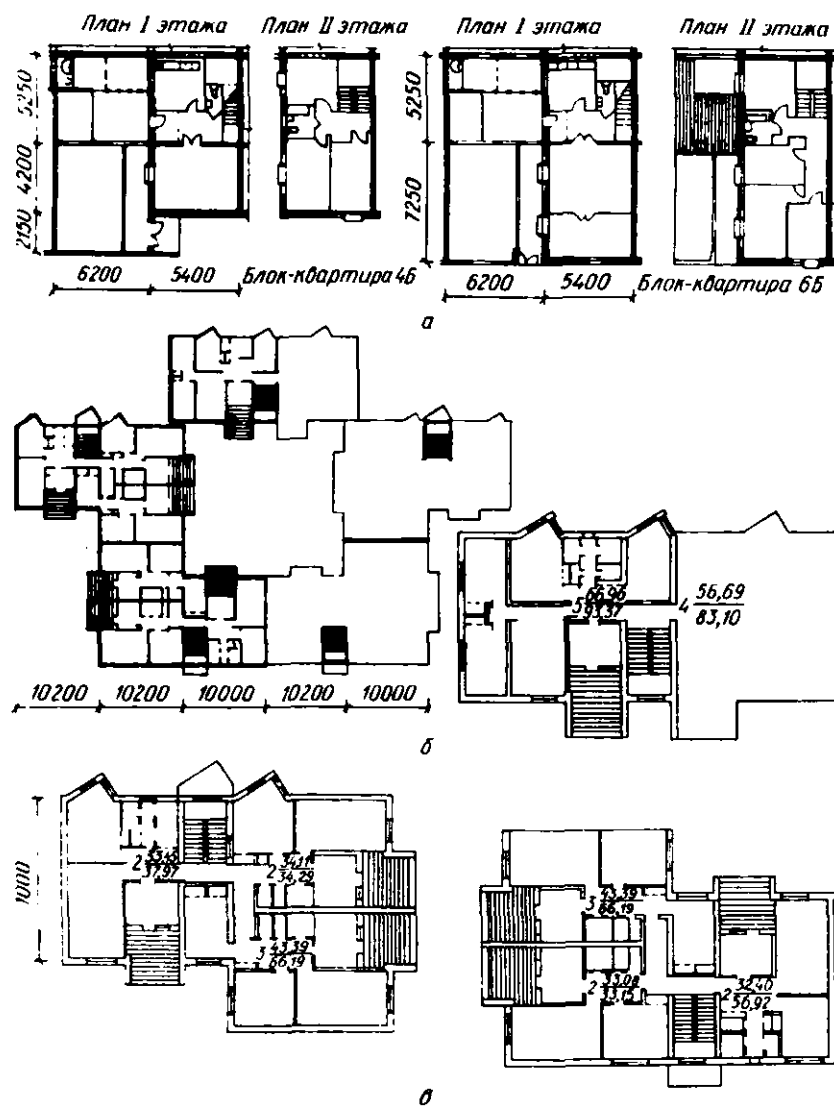


Рис. 82. Экспериментальные жилые дома для региона пустынь: *а* — двухэтажные дома (арх. Р. И. Крюкова); *б* — план блокировки секции четырехэтажного дома; *в* — четырехэтажный дом (арх. Р. И. Крюкова)

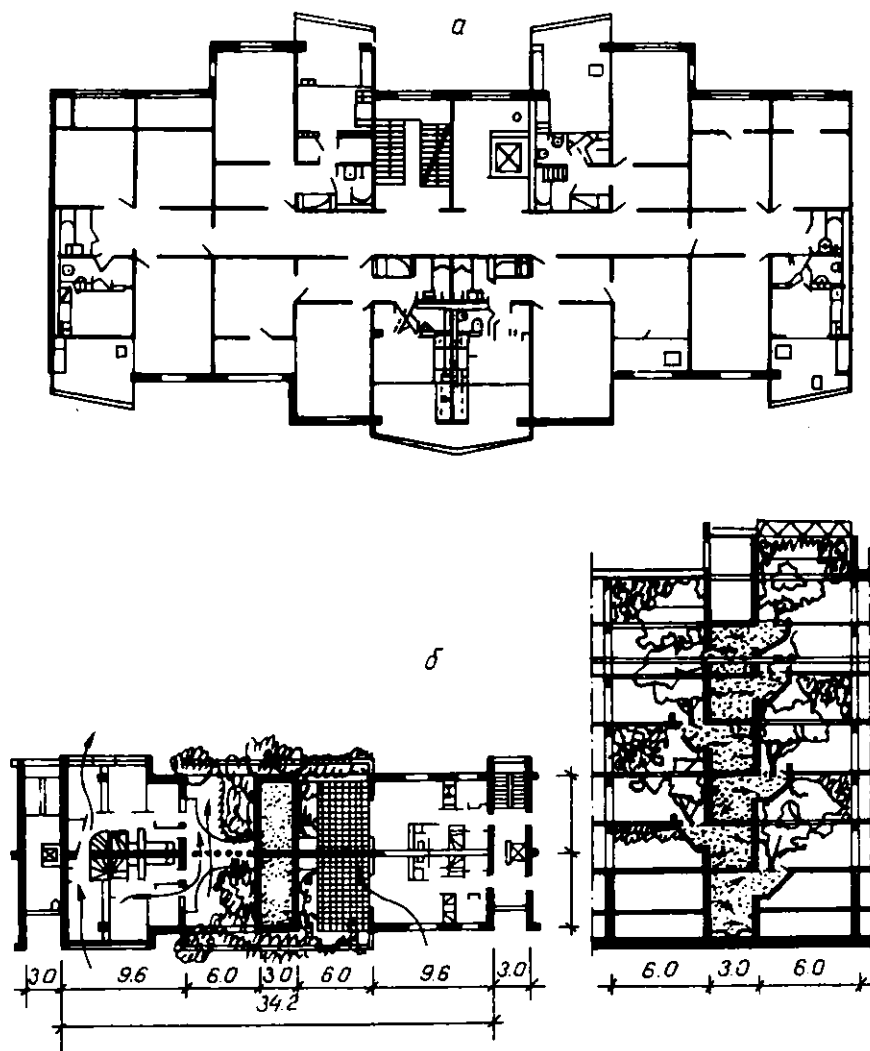


Рис. 83. Экспериментальные жилые дома для региона оазисов и предгорий: *a* — крупнопанельный дом с шахтами (Душанбе); *б* — проект дома "висячий сад" (арх. Г. И. Полторака).

гальные жилые дома с шахтами вертикального проветривания, жилые здания с уменьшенными световыми проемами (рис. 83). Все они также являются типичными для условий оазисов и предгорий.

Совершенно очевидна необходимость проектирования специальных типов жилых домов для условий пустынь Средней Азии.

Согласно типологическим требованиям к жилищу в регионе пустынь были запроектированы двухэтажные блокированные и четырехэтажные жилые дома (арх. Р. И. Крюкова). Эти проекты показаны на рис. 82. Предложения по жилым домам с широким корпусом были включены в разработки ТашЗНИИЭП по АКТС (арх. Т. А. Исаева, О. С. Джаббар). Они также могут быть рекомендованы для строительства в пустынях.

Такие жилые дома, запроектированные по принципу замкнутых структур и оснащенные типологическими принципами, предусматривающими большую степень климатической защиты от неблагоприятных условий среды, будут отличаться от жилища полузамкнутой структуры (регион оазисов) иными пропорциями, иной пластикой, что будет в значительной степени способствовать обогащению архитектурной палитры и разнообразию облика городов Средней Азии.

Зарубежный опыт климатической защиты многоэтажного южного жилища дает нам примеры различных архитектурных решений, снижающих перегрев зданий. К ним относятся (см. рис. 84):

а — устройство защитных сплошных или перфорированных экранов на крышах, стенах и окнах, с включением вентилируемых воздушных прослоек;

б — устройство жилых домов с широким корпусом. Этот прием позволяет увеличить тепловую эффективность здания, повысить коэффициент использования территории, снизить стоимость строительства и эксплуатации;

в — устройство в жилых домах светопроемов небольших размеров, что способствует уменьшению теплоступлений и улучшению теплового режима жилища в дневное время;

г — присмы защиты от повышенной запыленности и пыльных бурь. Это перфорированные солнцезащитные экраны, которые одновременно служат защитой от пыльных бурь. Пыль и песок оседают между заполнением проема и перфорированным ограждением.

Вековой опыт эксплуатации народного жилища в Средней Азии позволяет сделать обобщающие выводы о том, что для улучшения микроклимата жилища в летнее время необходимо создавать: в Хорезме — высокие айваны, ориентированные на север для улавливания прохладного ветра, в Бухаре — замкнутое дворовое простран-

ство с максимальным раскрытием поверху для естественной аэрации и хорошего ночного охлаждения.

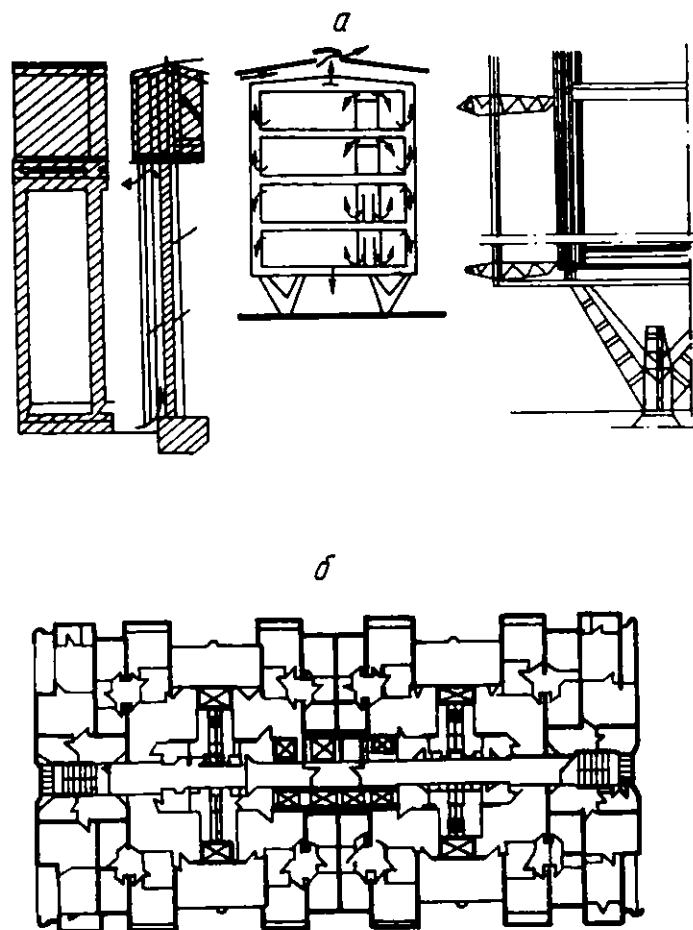
В Ташкенте и Самарканде необходимы фонарные устройства типа "Шийпон", позволяющие осуществить проветривание по вертикальной схеме. В районе пустынь целесообразны купольные жилые дома с минимальной поверхностью облучения кровли для уменьшения тепlopоступлений. В предгорьях возможна свободная композиция с развитым дворовым участком. В Ферганской долине предпочтительна трансформация летнего помещения с помощью ставен "Ровон" (рис. 85).

Традиционная малоэтажная застройка настолько типична для среднеазиатских городов, что в середине 60-х годов она составляла до 90% всего жилого фонда даже таких крупных городов, как Андижан, Бухара, Самарканд. В 1965 г. в связи с реконструкцией Ташкента был впервые поднят вопрос о создании нового типа городского малоэтажного жилья.

В то же время совершенно очевидно, что такой тип дома обладает определенными преимуществами в сравнении с многоэтажными городскими домами. Так, И. И. Гордеева сделала вывод о достоинствах малоэтажного жилища в районах с неблагоприятными природными условиями, где отмечена большая защищенность малоэтажного жилища от пыльных бурь и сильных ветров. З. Н. Чеботарева, проводя исследования в области малоэтажной застройки, также отмечала ее преимущества для малых и средних городов южных районов Средней Азии, где средства естественного регулирования микроклимата в четырехэтажных домах летом недостаточно эффективны.

Наконец, отметим, что традиционные малоэтажные жилища в странах с сухим жарким климатом высоко оцениваются зарубежными учеными, а опыт современного строительства дает ряд интересных примеров проектирования малоэтажной застройки (рис. 86, 87). Так как степень уплотнения застройки сильно зависит от склонения солнца, то наиболее высокую плотность можно получить именно для юга. Площадь дворов при этом может быть в пределах 13—36 м².

Как показано на рис. 86, 87, общие тенденции климатической защиты малоэтажного южного жилища таковы: объемно-планировочные решения — расположение помещений вокруг внутреннего двора или шахты с горизонтально-вертикальным проветриванием; конструктивные решения — применение плоских, вентилируемых, сводчатых и купольных покрытий, массивных ограждений. Важно также использование охлаждающего действия грунта в жаркие дни и тепла в холодные.



Итак, малоэтажная застройка даже в условиях индустриального развития городов остается по ряду причин типичной для юга, особенно в малых и средних городах. При этом можно еще раз подчеркнуть больший микроклиматический комфорт малоэтажного жилища в сравнении с многоэтажным в летний период.

Интересным примером современного малоэтажного жилого дома для Средней Азии являются экспериментальные жилища серии "Хорезм" (А. А. Махкамов). Эти дома запроектированы с использованием традиционных средств борьбы с перегревом. Высота комнат дифференцирована. Общая комната, имеющая высоту 3,5 м

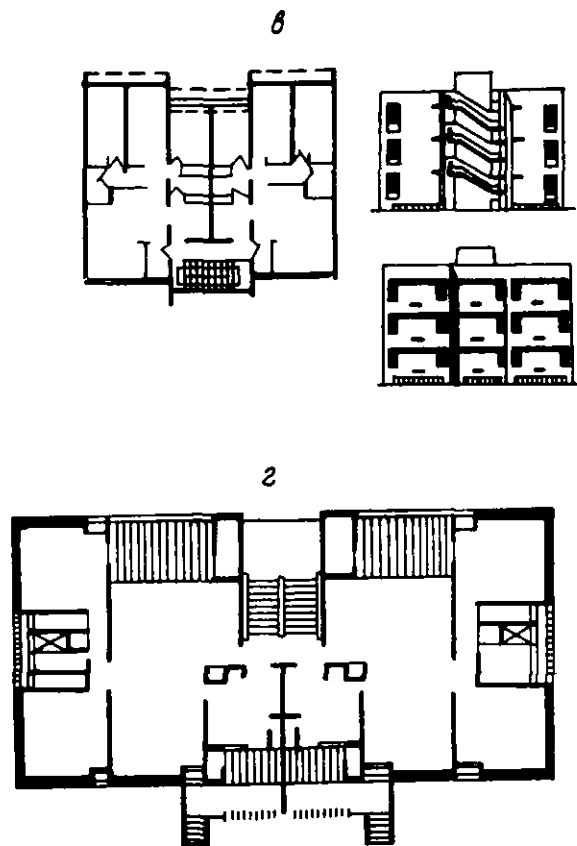


Рис. 84. Зарубежный опыт климатической защиты многоэтажного южного жилища: а — конкурсный проект жилых домов для Сахары (арх. Шово и Ростен); б — 24-этажный коридорный жилой дом со свето-вентиляционными шахтами в Мадриде; в — жилые дома в Асуане (АРЕ); г — жилой дом в Адене (НДРЙ).

за счет цокольного пространства использует; прохладу подполья в жаркие дни лета. Остальные помещения квартиры имеют высоту 2,7—3,0 м. На крыше установлены ветроулавливающие фонари, обращенные на север (рис. 86). Этот дом, исследованный в климатических условиях Хорезма, показал лучшие условия воздушной среды по сравнению с типовым. Хотя такие жилища предназначены для сельского строительства, они хорошо согласуются с условиями экстремального природного окружения и могут быть

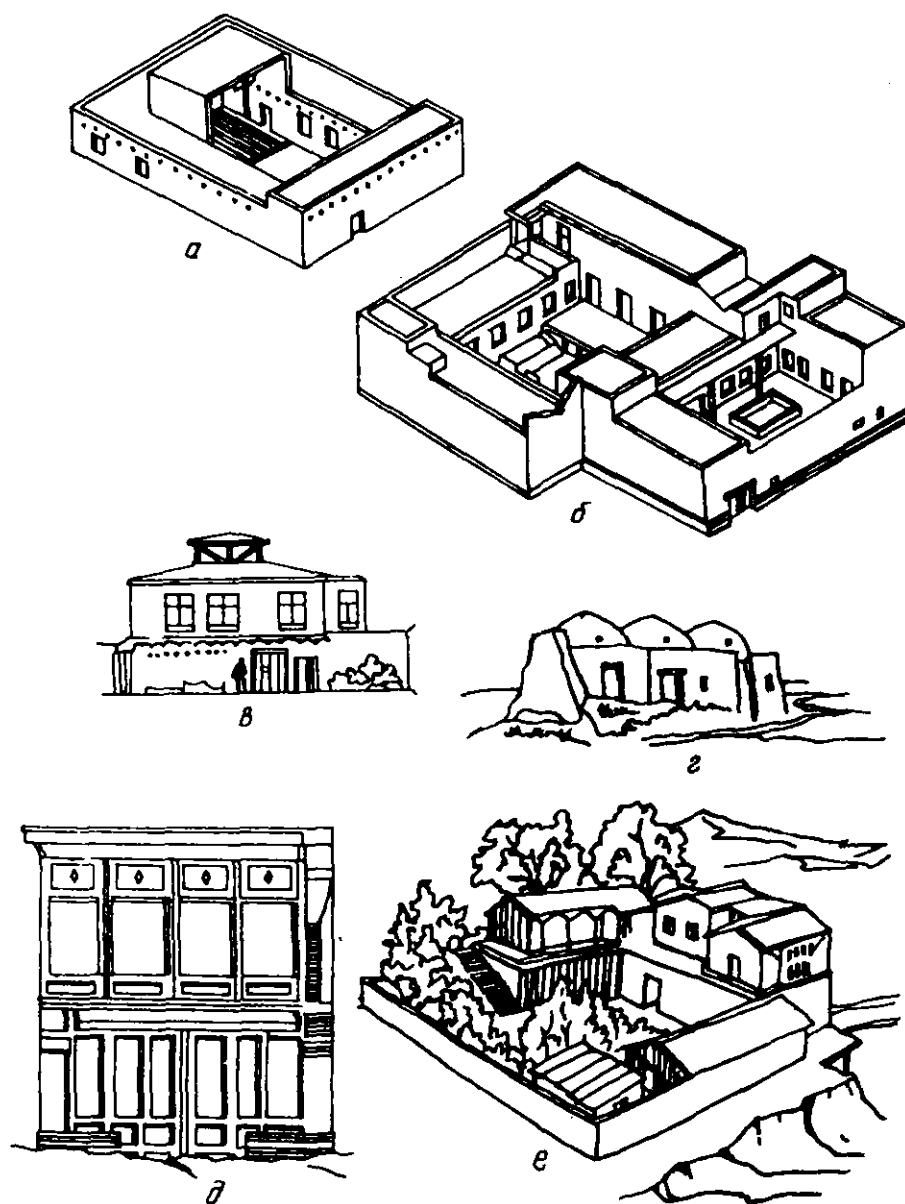


Рис. 85. Народное жилище в различных регионах Средней Азии: а — Хорезм; б — Бухара; в — Ташкент-Самарканд; г — пустыни; д — предгорья; е — Фергана.

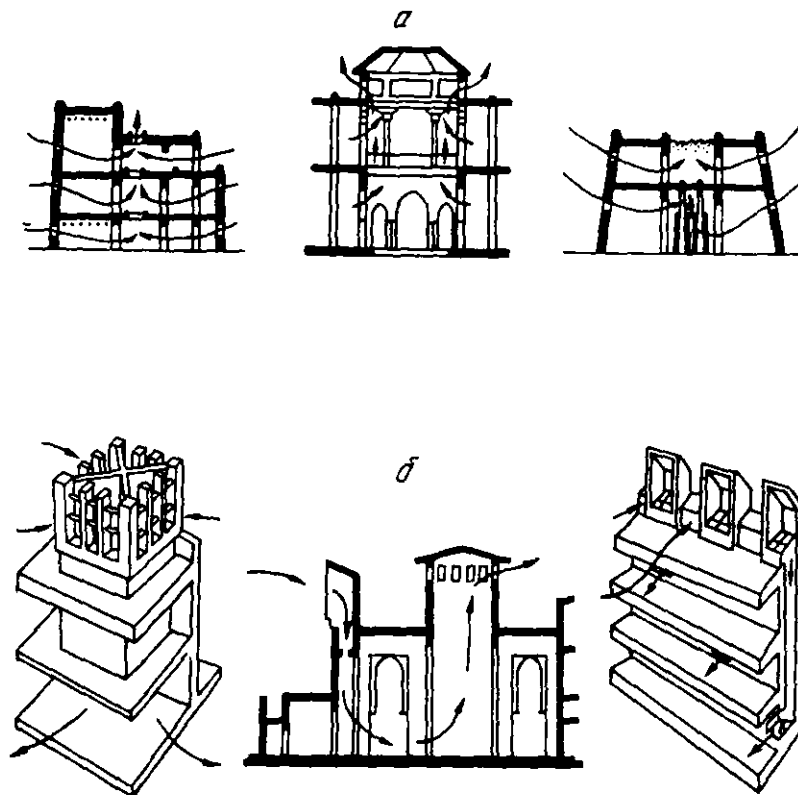


Рис. 86. Вентиляция малоэтажного южного жилища (зарубежный опыт). Приток воздуха через: а — проемы в стенах; б — ветроуловители.

рекомендованы для строительства в малых городах на тех же территориях.

Следует отметить, что в последние годы широко распространились малоэтажные жилые дома с геотермическими установками (рис. 81).

Таким образом, можно говорить об известной массовости малоэтажного жилища в условиях зоны исследования.

Рекомендации по совершенствованию малоэтажного жилища Средней Азии следующие. Желательной является плотная застройка с небольшими, но хорошо аэрируемыми дворовыми пространствами. Для защиты от солнечной радиации должны использоваться деревья или вьющиеся растения.

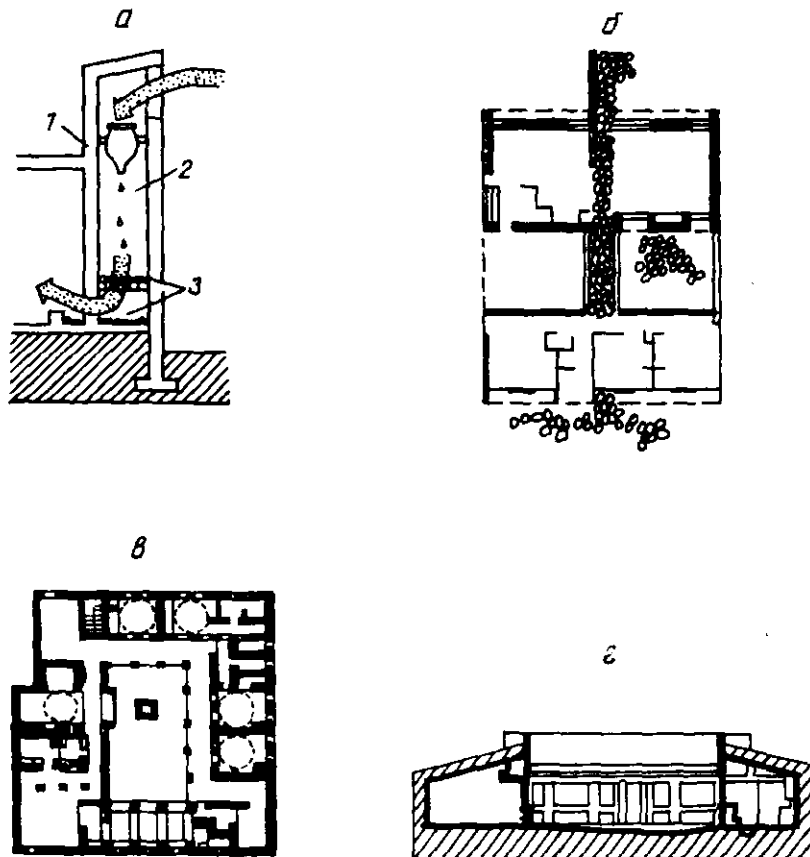


Рис. 87. Конструктивные средства климатической защиты (зарубежный опыт): а — воздухоохлаждающая шахта жилого дома: 1 — земляная (бетонная) стена, 2 — охлаждающая шахта, 3 — решетка с древесным углем; б — использование легких ограждений для спален и массивных для комнат дневного пребывания; в — купольные покрытия (план жилого дома в г. Медине, Саудовская Аравия); г — заглубленная в грунт резиденция Борди (штат Техас, США).

Целесообразно использование традиционных приемов организации летнего быта: айванов, крытых переходов, а также естественных средств регулирования микроклимата: фонарей для улавливания ветров или вытяжки загрязненного воздуха, приема заглубления в грунт пола первого этажа и т. п.

Виды проветривания: сквозное по усложненной схеме, горизонтально-вертикальное. Оптимальная ориентация: север—юг.

В целом малоэтажная застройка городов Средней Азии, заимствуя прогрессивные черты народной архитектуры, должна служить не только средством улучшения санитарно-гигиенических условий проживания, но и стать чрезвычайно выразительным элементом, представляющим своеобразные маленькие оазисы, подчеркивающие специфику южных городов.

Технико-экономические оценки мероприятий по улучшению летнего микроклимата. Строительство жилых домов в регионе пустынь, где необходимы меры защиты от экстремальных природных воздействий (высокие летние температуры, сильный ветер, запыленность), приведет к общему удорожанию 1 м^2 общей площади по сравнению со строительством в регионе оазисов на 5,2%. Это удорожание складывается из 0,1% за счет устройства навесов в окрестных просадах, 3% за счет применения глубоких лоджий вместо пристроенных летних помещений, 2,1% за счет установки квартирного пылеулавливающего приточного агрегата в экспериментальном строительстве.

С другой стороны, применение нового типа дома для региона пустынь даст определенный социально-экономический эффект, который подсчитан в отделе экономики ТашЗНИИЭП И. И. Боровковым и Н. Г. Ли-Хен-Гю. Этот эффект будет получен за счет улучшения санитарно-гигиенических качеств квартир, что приведет к сокращению заболеваемости в размере 0,25% от аналогичного социального результата при внедрении кондиционирования, равного 7%.

Применение нового типа дома с широким корпусом и непрерывной застройкой, согласно расчетам Е. И. Угрюмова, даст экономию условного топлива около 18,7%. В результате суммирования всех удорожающих и удешевляющих факторов была вычислена общая социально-экономическая эффективность дополнительных затрат на строительство и эксплуатацию нового дома.

Пассивные системы солнечного обогрева жилых зданий. Все системы солнечного отопления делятся на два основных типа — активные и пассивные [43, 44]. Первые основаны на использовании различного рода солнечных коллекторов и других довольно сложных технических устройств. Пассивные системы сводятся по сути дела к "грамотной" архитектуре, то есть к умелому ориентированию и оперированию взаимоотношением архитектурных объемов, использованию соответствующих материалов, не требуя при этом каких-либо дополнительных технических устройств. Это и есть экономия энергии архитектурными средствами.

Известный американский специалист в области использования солнечной энергии D. Balcomb отмечает, что для максимальной

экономии энергии недостаточно строить здания с толстыми, хорошо изолированными стенами. Существующие рекомендательные документы относительно архитектурно-строительных аспектов, связанных с сохранением энергии, пытаются закрепить и упрочить эту непрофессиональную точку зрения. Многие заказчики и архитекторы до сих пор остаются в неведении относительно того, что чисто архитектурными средствами можно снизить потребление энергии намного ощутимее.

К словам американского ученого следует отнестись с полной серьезностью, хотя бы потому, что они являются плодом не умозрительных предложений и абстрактных построений, не методик, изобретенных за письменным столом, а проверены многочисленными натурными измерениями. В частности, в 15 жилых домах, имеющих пассивные системы солнечного обогрева, были установлены измерительные приборы, дающие возможность проверить эффективность этих систем в условиях реально эксплуатируемых жилищ, а специалистами института строительных наук университета в Питсбурге совместно с одной из архитектурных фирм рассчитаны на ЭВМ размеры и расположение окон, площадь остекления с учетом климатических условий, ориентации, объема здания и ограждающих конструкций.

При всей перспективности зарубежных разработок в области пассивных систем солнечного обогрева они целесообразны лишь для пристроенных к зданию объемов из стекла, находящихся в Средней Азии, Закавказье и других регионах с теплым климатом. Подавляющее большинство разработок выполнено как раз для таких климатических условий, причем в основном они касаются активных систем солнечного обогрева, то есть использующих различного вида технические устройства типа солнечных коллекторов. Архитектурные проекты, в которых специалисты пытаются как-то использовать энергию солнца для обогрева жилищ в районах с более прохладным климатом, крайне малочисленны.

Анализ имеющихся публикаций приводит к выводу, что в то время как активные системы действительно целесообразны для местностей с жарким климатом, пассивные системы работают тем эффективнее, чем в более холодных условиях они применяются. Так, французские специалисты утверждают, что, по их данным, архитектурные средства экономии энергии жилища дают в холодное время года более заметный эффект, чем в теплое. Поэтому не случайно, что пассивными системами солнечного обогрева серьезно занялись в таких странах, как Канада, Швеция и Финляндия, температурные показатели в которых близки соответствующим температурным показателям средней полосы России. Опубликованная в Канаде книга так и называется "Солнечные дома для

холодного климата". Так что мы можем с достаточным основанием использовать богатый опыт этих стран в развитии пассивных систем солнечного обогрева жилых домов.

Пассивные системы солнечного обогрева чаще всего делят на три основных типа: прямое облучение, не прямое облучение и изолированное облучение (рис. 88). При прямом облучении солнечная радиация проникает в жилое пространство через остекление и нагревает различные части здания (стены, полы и др.), выполненные из теплоемких материалов типа бетона, камня и т. п. Накопленное в течение дня этими строительными элементами тепло ночью переходит в более холодные комнаты.

При не прямом облучении специальные строительные элементы, обладающие большой массой, перехватывают солнечную радиацию и направляют тепло в жилые пространства. Пример такого рода конструкций — так называемая стена Тромба, представляющая собой обращенную на юг и окрашенную в черный цвет бетонную стену, расположенную непосредственно за остеклением. Воздух, нагретый между бетонной стеной и стеклом, поднимается и идет в жилое пространство через проемы в верхней части стены. Более холодный воздух возвращается путем естественной конвекции через проемы в нижней части стены. Кроме того, тепло движется непосредственно через бетон и излучается в жилище с внутренней поверхности стены.

Существует еще один вариант стены Тромба, когда за вертикально обращенной на юг стеклянной стеной расположены емкости с водой, впитывающие солнечную радиацию и затем отдающие тепло в жилые комнаты.

При третьем, основном типе пассивной системы солнечного обогрева — изолированном облучении — солнечная радиация собирается в пространстве, изолированном от жилого пространства, а затем направляется либо непосредственно в жилое пространство, либо сначала в массу — теплоаккумулятор. Таким пространством может быть жилая оранжерея. (В условиях Финляндии ее глубину рекомендуется принимать 2—5 м). Солнечный свет, попадающий в это помещение под углом 45°, должен доходить до нижнего края задней стены. Оранжерея может быть пристроена к плоскости фасада или же заглублена. В последнем случае ее заднюю стену желательно отделать светоотражающими материалами или окрасить в белый цвет.

К настоящему времени в зарубежных странах выполнено большое количество проектов (часть из них осуществлена) индивидуальных жилых домов с подобного типа архитектурными компонентами. В большинстве своем это односемейные, реже спаренные или блокированные дома. Аналогичные разработки, учитывающие социальную,

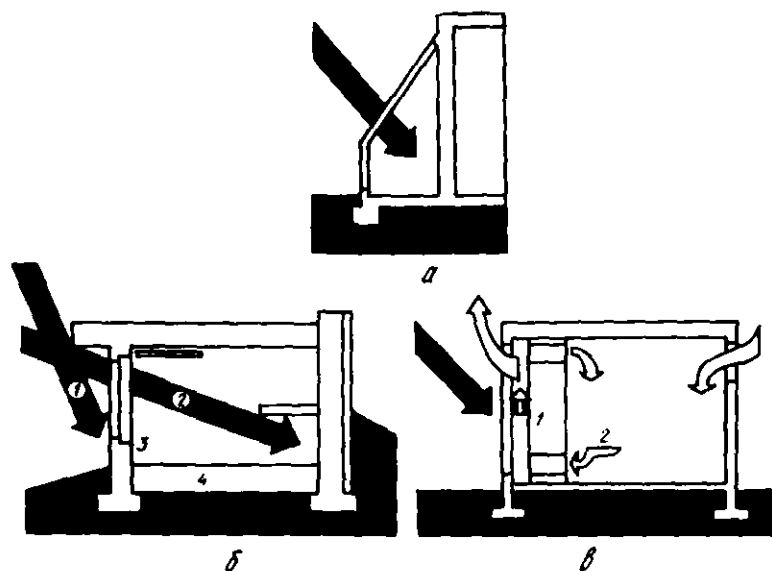


Рис. 88. Схема основных пассивных систем солнечного обогрева: а — пристроенная оранжерея-теплоуловитель; б — непосредственное облучение (1 — направление лучей летнего солнца; 2 — направление лучей зимнего солнца; 3 — двойное остекление; 4 — сборник тепла); в — стекла Тромба (1 — стена-термонакопитель; 2 — терморегуляция).

экономическую и климатическую специфику нашей республики, пока еще чрезвычайно редки. Что же касается проектов многоэтажных энергосберегающих жилых домов, то их даже за рубежом насчитывается буквально единицы, носят они чаще всего эскизный характер. Так что архитектурную специфику таких зданий еще предстоит осмыслить в процессе будущих творческих поисков.

Как и в случае с использованием широкого корпуса для экономии тепла, основные принципы проектирования пассивных систем солнечного обогрева одинаковы как для вновь строящихся, так и реконструируемых жилых зданий, поскольку физические законы действуют одинаково. Однако технические и архитектурные решения этой задачи в обоих случаях несколько отличаются друг от друга.

Для архитектора повышение энергоэкономичности реконструируемых жилых домов путем использования пассивных систем солнечного обогрева сводится в значительной степени к отысканию наиболее органичного и выразительного включения в объемно-планировочную структуру существующего жилого дома дополнительных

остекленных объемов, так или иначе komponуемых с обычными частями здания. При этом все теоретически возможное многообразие подобных решений подразделяется на следующие типы: окно-теплица, остекленная лоджия, жилая оранжерея.

Самый маленький из этих остекленных объемов — окно-теплица выполняется в виде небольшого эркера, габариты которого либо совпадают с габаритами оконного проема, либо несколько превышают его. Последний вариант предпочтительнее, поскольку позволяет изготавливать подобные теплицы в заводских условиях в виде объемных блоков, навешиваемых на фасад реконструируемого дома. В этом случае одна и та же теплица может использоваться для оконных проемов, несколько отличающихся друг от друга размерами.

Более крупный теплонакапливающий объем, работающий на основе парникового эффекта, — остекленная лоджия — также может быть выполнен в виде объемного элемента заводского изготовления, навешиваемого на фасад жилого дома при его реконструкции. Наряду с этим допустимы различные варианты остекленных лоджий, образующих пластически выразительный новый фасад дома, частично или даже полностью закрывающий прежний фасад. Пристройка к фасадам существующих многоэтажных жилых домов остекленных объемов не только изменяет теплофизические характеристики зданий, но, что не менее важно, существенно преобразует и обогащает их архитектурный облик.

Интересные решения возникают, если описанные выше архитектурные приемы применить к "пятому фасаду" жилого дома — крыше. При этом придется вертикальную плоскость фасада, пластически обогащенную остекленными объемами-теплоуловителями, как бы положить горизонтально.

Не секрет, что одним из существенных недостатков массовой жилой застройки конца 50-х — начала 60-х годов является однообразие горизонтального завершения зданий. Когда 25—30 лет назад мы застраивали пятиэтажками целые районы, антиэстетичность плоских крыш этих домов не так бросалась в глаза, поскольку они практически не просматривались ни с уровня земли, ни из окон соседних домов. Когда рядом с пятиэтажками выросли более высокие здания, жителям квартир шестого этажа и выше предстала поистине безобразная картина.

Отсюда вытекает весьма актуальная задача — при реконструкции существенно улучшить архитектуру крыш. В данном случае большие потенциальные возможности содержатся в таком энергосберегающем архитектурном приеме, как теплица, располагаемая на крыше. Этот элемент создает новое, необычное для традиционной архитектуры эстетическое богатство и качество, особенно в вечернее время, благодаря интересным световым эффектам.

Первым шагом в этом направлении является остекление существующих мансард в плоскости крыши. За рубежом, где скатные крыши и соответственно мансардные помещения на последнем этаже жилого дома встречаются часто, давно уже производятся различные конструкции таких блоков. У нас же этих блоков до сих пор практически нет. И не случайно: они попросту не были нужны, поскольку в подавляющем большинстве многоэтажных жилых домов строительства последних 30 лет крыши плоские, без мансардных помещений. Теперь же, когда намечается тенденция при проектировании реконструкции таких домов предусматривать замену плоской крыши на скатную и использовать чердачное пространство для создания мансардных жилых помещений, появляется необходимость в организации массового производства окон, размещаемых в плоскости наклонной крыши.

Еще более полно идея подобного теплонакапливающего пространства воплощается в полностью остекляемой оранжерее, устанавливаемой на верху реконструируемого жилого дома. В 1982 г. группой архитекторов ВНИИТЭ разработаны эскизные предложения по повышению энергоэффективности сельских домов усадебного типа на примере реконструкции жилых домов постройки 20-х—30-х годов. В тот период сельские дома строились в соответствии с архитектурно-планировочной структурой традиционного русского крестьянского жилища — с большими крытыми дворами, соединенными с собственно жилыми помещениями в единое сооружение. Было предложено путем весьма небольших реконструктивных мероприятий превратить эти в большинстве случаев пустующие сейчас дворы в оранжереи-теплонакопители. Кроме того, запроектировано несколько вариантов включения остекленных объемов в структуру собственно жилой части дома.

В начале 80-х годов эти предложения не смогли получить официального признания, поэтому неудивительно, что стали проявляться случаи самостоятельного устройства надстроек над существующими индивидуальными домами — полностью остекленных чердачно-мансардных помещений. Такие примеры можно увидеть в частности, в Курске и под Ногинском. Опыт эксплуатации таких теплонакапливающих помещений показал их заметную энергетическую эффективность. Хотя приборных измерений и не проводилось, но тот факт, что в условиях средней полосы России в подобных помещениях даже без дополнительного подогрева жильцы выращивают помидоры до ноября, а менее теплолюбивые растения — круглый год, говорит сам за себя [45].

Теплонакапливающие оранжереи на крыше можно с успехом использовать и при реконструкции многоэтажных жилых домов. Наиболее простой и приемлемый вариант такой оранжереи — единое пространство, которым могут пользоваться в равной степени все жильцы данного дома. Правда, существует опасность, что в процессе

эксплуатации обобществленная оранжерея постепенно станет ничейной, а следовательно, неухоженной (со всеми вытекающими из этого негативными последствиями). Более перспективными выглядят планировочные варианты, при которых оранжерея на крыше подразделяется на более мелкие помещения, предназначенные всего лишь для нескольких квартир.

Еще лучше, если для каждой квартиры выделяется пусть небольшая, но своя оранжерея. Наконец, возможен вариант, когда эти индивидуальные оранжереи-теплоуловители служат одновременно и жилыми помещениями, соединенными внутриквартирными лестницами с жилыми помещениями соответствующих квартир предыдущего этажа, превращенных тем самым в двухуровневые.

Если теплица устраивается при реконструкции многоэтажного жилого здания с железобетонными покрытиями, изменения строительной части здания сводятся к минимуму. Электроосвещение, холодное и горячее водоснабжение подсоединяются к существующим инженерным сетям. Отопление теплицы происходит не только за счет солнечной энергии, но и благодаря использованию тепловой энергии непрерывно удаляемого из жилого здания вентиляционного воздуха, который будет оказывать на растения благоприятное воздействие, так как в нем (при газифицированных кухнях) имеется повышенное содержание углекислого газа.

Вентилятор, засасывающий воздух из теплого чердака, куда он поступает из квартир, располагается на полу теплицы. Он подает воздух в воздухоподающий воздуховод или через шахту наружу. Количество подаваемого в теплицу и наружу воздуха регулируется шиберами. Летом воздух полностью выбрасывается наружу. В холодное время он подается через отверстия в воздухоподающем воздуховоде под остеклением теплицы, омывает его, возмещая теплопотери, и, охладившись, выходит через специальные отверстия в остеклении у пола теплицы наружу. Интересным является то, что для теплообмена используется само остекление теплицы без установки какого-либо специального теплообменного оборудования.

Опасения в отношении протечки воды через перекрытия в квартиры верхнего этажа оказались несостоятельными. Просто гидроизоляция пола теплицы, его уклоны и канализация должны быть выполнены с наименьшей тщательностью, чем при устройстве покрытия зданий.

Как утверждают И. Ф. Ливчак и Н. П. Розанов [46], теплопотери теплицы при наружной температуре -5°C (средняя температура отопительного периода для Москвы) будут покрываться теплом вентиляционного воздуха, удаляемого из здания. Поэтому при низких наружных температурах теплицы на покрытиях жилых домов необходимо дополнительное отопление. Кроме того, возможно уменьшение теплопотерь с помощью пленки, натягиваемой под наклонным остеклением. Подобного рода устройства применяются в Финляндии и Италии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение энергетической эффективности гражданских зданий путем совершенствования их теплотехнических характеристик, объемно-пространственных и архитектурно-планировочных решений должно рассматриваться не как самостоятельная проблема, а как органичная составляющая более общей комплексной проблемы улучшения условий проживания, повышения функциональных и эстетических качеств эксплуатируемых зданий.

1. Практика проектирования и строительства гражданских зданий в условиях Средней Азии и изучение опыта их эксплуатации показывает, что создание комфортной тепловой среды, архитектурно организованного пространства немислимо без всестороннего учета климатических особенностей региона.

При выполнении теплотехнических расчетов наружных ограждений на теплоустойчивость в летнее время среднесуточные и среднемаксимальные температуры наружного воздуха следует принимать с учетом коэффициентов обеспеченности заданных условий в помещении.

Расчетные температуры при различных коэффициентах обеспеченности для наиболее характерных пунктов территории Средней Азии приведены в настоящем пособии.

Суммы тепла от прямой, рассеянной, отраженной солнечной радиации на вертикальную западную и горизонтальную поверхности следует определять по формулам и таблицам пособия. Исходя из расчетных данных по температуре наружного воздуха, солнечной радиации и скорости ветра для различных пунктов Средней Азии с учетом коэффициента поглощения тепла получены наиболее вероятные коэффициенты теплообмена и амплитуды суммарных тепловых воздействий на наружные поверхности ограждений в летний период. Температура наружного воздуха при расчете теплозащитных свойств наружных ограждений в зимний период устанавливается с учетом времени, необходимого для предельного охлаждения конструкций, и особенностей возможных изменений температур на поверхностях ограждений, обращенных в помещение. Время, необходимое для охлаждения наружных ограждений, зависит от их размера. Средняя наружная температура в этот период, влияющая на температуру внутренней поверхности, нестабильна.

Для теплофизических расчетов по зимним условиям можно использовать полученные нами на основе многолетних метеорологических данных расчетные температуры и скорости ветра в январе для различных пунктов Средней Азии.

2. Натурные и экспериментальные исследования, выполненные авторами в летний и зимний периоды года в различных городах

Республики Узбекистан и СНГ, позволили дать оценку термическому режиму застраиваемых территорий, микроклимату зданий и теплофизическим качествам наружных ограждений. Существенную роль при этом играют степень концентрации застройки и уровень благоустройства городских территорий. В центре города при слабом уровне благоустройства формировались более жесткие условия, чем на окраине, а при хорошем озеленении и обводнении — микроклимат открытых пространств, мало отличающихся от окрестностей. Температурные контрасты между благоустроенными и неблагоустроенными территориями могут достигать 4—5°C и более. Основные факторы, вызывающие перегрев территории застройки, — повышенная площадь инсоляции междомовых территорий при большой интенсивности солнечного облучения, воздействие отраженной радиации, снижение скорости ветра.

Неблагоприятные стороны аэрационного режима в застройке в условиях маловетрия выражается большими зонами малоподвижного воздуха и значительной кратностью снижения ветра. При длине здания 200 м, высоте 12 м и перпендикулярно расположенному к ветровому потоку ветровая тень составляет 156 м, а кратность снижения скорости ветра за зданием может быть от 1,5 до 30. Тепловой дискомфорт в этих условиях увеличивается на 3—4 часа.

Летний микроклимат зданий формируется под непосредственным воздействием внешней среды и общего термического фона застраиваемой территории и зависит от архитектурно-планировочных, конструктивных и градостроительных факторов.

Благодаря значительной изоляции жилых помещений их микроклимат может отличаться от наружных условий на 8—10°C при наружной температуре воздуха 34—40°C. В приквартирных летних помещениях, практически мало изолированных от внешней среды, дневная температура воздуха веранд ниже наружной на 3—4°C. Неблагоприятное воздействие внешней среды на жилище начинает сказываться при превышении наружной максимальной температуры 34°C. В этот период в жилище устанавливаются устойчивые дискомфортные условия. Наибольший перегрев помещений наблюдается при ориентации светопроемов на западный сектор горизонта.

Применение солнцезащитных устройств способствует значительному улучшению микроклимата зданий и летних помещений. В Узбекистане рекомендуется применять лишь наружные солнцезащитные конструкции, обладающие наибольшей эффективностью по сравнению с внутренними и межстекольными.

Использование солнцезащитных конструкций эффективно не только для окон, но и для стен и покрытий зданий. Это позволяет снизить температуру поверхности нестепрозрачных ограждений на

9—10°C и обеспечить их естественную вентиляцию, с целью снижения температурной волны воздействующую летом на здание.

При характерном ветровом режиме Узбекистана объемно-планировочная и композиционная организация жилой среды должна обеспечивать условия для ускоренного охлаждения жилища и территории застройки, различных ограждающих конструкций и улучшать условия теплообмена человека со средой. Где естественная скорость ветра невысока, необходимо максимально использовать средства по интенсификации проветривания пространства. В связи с этим в планировочную структуру квартир должна быть заложена схема проветривания помещений, обеспечивающая требуемую подвижность воздуха.

Наши экспериментальные исследования показывают, что верхняя граница благоприятных температур в помещении днем при отсутствии проветривания находится в пределах 24—26°C при относительной влажности воздуха 30—40%. Снижение влажности до 20% и повышение скорости воздуха до 1 м/с, что наблюдается при круглосуточном проветривании помещений, могут обеспечить комфортные условия и при более высоких температурах (29—30°C). При высоких среднесуточных и максимальных температурах наружной среды роль ограждений сводится к уменьшению температурных отклонений. Достигается это применением теплоустойчивых конструкций, обладающих такими теплофизическими качествами, которые обеспечивают затухание температурных колебаний в толще ограждений. Однако теплоустойчивые ограждения помогают только срезать пики при кратковременных неперiodических повышениях температур, а на среднесуточную температуру воздуха в помещении влияют незначительно.

Многолетние натурные микроклиматические исследования в жилых домах с различными типами стен и покрытий, проведенные на территории Узбекистана, позволяют дать оценку теплотехническим качествам наружных ограждений и микроклимату зданий в летнее время. При круглосуточном проветривании помещений, неблагоприятной ориентации, отсутствии солнцезащиты и недостаточно теплоустойчивом чердачном перекрытии внутренняя температура днем мало отличалась от внешней. Использование солнцезащитных мероприятий в сочетании с интенсивным ночным проветриванием и теплоустойчивыми ограждениями позволило снизить максимальную температуру в помещении по сравнению с температурой наружного воздуха на 6—9°C.

Значение ограждающих конструкций с микроклиматической точки зрения заключалось только в том, что они влияли на инерционные качества здания, т. е. на запаздывание внутренних теплофизических процессов по отношению к внешним. Анализ резуль-

татов натурных микроклиматических исследований в газолессиликатных, кирпичных и керамзитобетонных жилых домах с совмещенным вентилируемым и невентилируемым покрытиями свидетельствует о том, что изменение метеорологических условий внешней среды сказывается на внутреннем микроклимате помещений через определенный промежуток времени.

Для кирпичных зданий с толщиной стен 40—50 см влияние воздухообмена уменьшает инерционность приблизительно до двух-трех суток, для зданий с газолессиликатными и керамзитобетонными ограждениями толщиной 26—30 см составляет не более двух, а иногда доходит до одних. При этом среднесуточные температуры внутреннего и наружного воздуха очень близки независимо от типа стеновых ограждений.

При нарушении эксплуатационного режима (отсутствие или ограничение ночного проветривания, несовершенные солнцезащитные устройства) средняя температура в помещении всегда будет выше средней температуры наружного воздуха.

Теплоустойчивые наружные ограждения не влияют на перегрев помещений, но вместе с тем и не снижают среднесуточную температуру внутри их. Уменьшить ее можно использованием новых с теплофизической точки зрения конструктивных решений с вентилируемыми воздушными прослойками. Применение вентилируемой крыши в жилом доме в г. Бухаре понижало среднесуточную температуру на 1—1,5°.

Основные различия в тепловых реакциях тяжеловесных и легковесных строений лежат в их неодинаковой способности к накоплению тепла. В условиях периодически жарких дней, когда значительная доля солнечной радиации разогревает большую поверхность здания, как бы пропитывая их теплом, температура достигает максимума и тепло начинает проникать внутрь помещения. Накапливаемое в течение дня тепло в массивных конструкциях здания резко ухудшает внутренний температурный режим ночью. Следовательно, в таких помещениях колебания будут менее значительными (более заглушенными), чем в легковесных конструкциях. И чем интенсивнее колебания наружной температуры и солнечной радиации, тем более заметна эта специфическая инертность тяжелых конструкций. Легковесные же материалы, обладая малой теплоемкостью, почти мгновенно пропускают тепло в помещение.

Таким образом, как способность к накоплению тепла, так и тепловое сопротивление определяют ту форму и конструкцию самого здания, с помощью которых можно будет регулировать теплопередачу внутрь него. Там, где массу ограждающих помещения конструкций или используемых материалов изменить нельзя, основ-

ную роль в регулировании теплопередачи будут играть материалы с различным термическим сопротивлением.

Применяемые в настоящее время теплоустойчивые конструкции наружных ограждений зданий не учитывают особенностей климата Узбекистана с очень прохладными ночами. Несмотря на огромное преимущество крупнопанельного домостроения, качество его находится не на должном уровне. В типовых проектах крупнопанельных зданий недостаточно учитываются теплотехнические свойства новых строительных материалов и конструкций. Значение действительных теплофизических характеристик местных материалов и ограждений в условиях эксплуатации зданий крайне необходимо для теоретических расчетов оптимальной толщины стен и покрытий. Данных по теплофизической характеристике, широко используемых в строительстве местных материалов (керамзитобетон, силикатобетон и др.), еще мало.

Теплофизические показатели основных строительных материалов, применяемые при расчете ограждений на теплоустойчивость, следует принимать по СНиП II-3-79** с использованием данных по ячеистым и силикатобетонам, приведенных в пособии.

Заканчивая анализ теплоустойчивости описанных типов ограждений, которые можно условно считать как массивные в связи с их относительно большим поверхностным весом, необходимо рассмотреть их роль в формировании летнего микроклимата зданий. Однослойные массивные стены играют пассивную роль: снижают амплитуду, но не уменьшают среднесуточную температуру, так как в течение дня они аккумулируют большое количество тепла, которое начинают отдавать в ночное время при понижении температуры наружного воздуха. Это явление не имело большого значения в малоэтажном жилище, так как дома хорошо проветривались ночью. В современном многоэтажном здании при недостаточной площади летних помещений часть населения вынуждена спать в помещениях, испытывая ночью тепловое влияние ограждений.

Результаты анализа натурных наблюдений и теоретических расчетов показали, что наиболее эффективным типом покрытия для жилищ в условиях Средней Азии являются вентилируемые конструкции. Теплотехнический эффект вентилируемого покрытия достигается при расходе воздуха через прослойку 300—350 кг/ч. В связи с этим вентилируемые покрытия следует проектировать для районов, где скорость ветра в дневные часы не ниже 3 м/с. Высота воздушной прослойки крыши в этом случае может быть равна 10—15 см. При скорости ветра ниже 3 м/с, но не менее 1,5 м/с, она должна быть увеличена до 30—35 см. В обоих случаях входные отверстия вентиляционных каналов располагаются в поперечном направлении крыши и с ветреной стороны, в противном случае

необходимо устройство принудительной вентиляции. Для улучшения теплового режима вентилируемых покрытий солнцезащитный экран должен быть минимальной массивности.

Массовое строительство жилых и общественных зданий в условиях жаркого континентального климата Средней Азии требует особых решений наружных ограждающих конструкций с целью экономии энергоресурсов на кондиционирование воздуха в помещениях. Решение данной задачи возможно либо за счет увеличения массивности ограждающих конструкций, либо путем использования современных достижений в области регулирования процессов нагрева и охлаждения.

Применяемые в условиях жаркого климата легкие ограждения не обладают достаточной теплоаккумулирующей способностью. Это приводит к резкому ухудшению микроклимата зданий и перегреву помещений в летний период. Повышение теплоустойчивости зданий и обеспечение комфортных условий в них может быть достигнуто путем активного воздействия на теплоизоляционные свойства ограждений, т. е. соответствующим регулированием теплового режима наружных ограждений и помещений. Существующие методы требуют значительного расхода энергии и недостаточно используют положительные факторы внешней среды. В нашем случае мы имеем возможность изменять в нужном направлении тепловой режим ограждений, варьировать их теплоинерционные свойства, с тем чтобы облегченные конструкции с высоким термическим сопротивлением теплопередаче приобретали теплоаккумулирующую способность массивных ограждений. Решение поставленной задачи осуществляется путем применения термоэлектрических отопительно-охлаждающих устройств, встроенных в ограждение. Они позволяют эффективно использовать положительные факторы наружной среды (низкие ночные температуры летом и тепло солнечной радиации в зимний период).

Разработанная нами конструкция наружного ограждения с термоэлектрическим устройством представляет собой трехслойную панель с наружным слоем из легкого бетона, внутренним из тяжелого бетона, между которыми расположен слой эффективной теплоизоляции. В панели закладываются несколько термоэлектрических устройств, таким образом, чтобы вся панель играла роль теплообменника между окружающей атмосферой и воздухом внутри помещения. Термоэлектрическое устройство используется также для повышения температуры в холодное время года.

Эффективность разработанных ограждений со встроенными ТЭУ оценивалась применительно к их использованию в панелях и совмещенной крыше. Именно такая конструкция была испытана в натурных условиях эксплуатации экспериментального объекта в

режимах охлаждения и нагрева. В качестве базового варианта при сравнении была принята многослойная панель той же конструкции, но без ТЭУ, с использованием для охлаждения помещения кондиционера и для нагрева калорифера. Исходя из расчетных данных теплоступлений в помещение, в базовом варианте принималось использование автономного кондиционера холодопроизводительностью 1700—2000 Вт, а также в качестве отопительного прибора — электрокалорифера мощностью 2 кВт, при этом в расчетах дополнительных капиталовложений исходили из тепловых нагрузок, соответствующих экспериментальному объекту, так как его температурный режим близок к комфортному.

Система перекрытий с ТЭУ имеет примерно вдвое меньше приведенные затраты по сравнению с системой, использующей автономный кондиционер или электрокалорифер. Кроме того достигается значительная экономия затрат на электроэнергию (7,23 раза). Это объясняется высокими значениями отопительных коэффициентов при использовании ТЭУ (при $t_{\text{в}} = 18^{\circ}\text{C}$ и средней наружной температуре воздуха $t_{\text{н}} = +2^{\circ}\text{C}$, $K_{\text{от}} = 2,0$, в то время как при использовании калорифера $K_{\text{рт}} = 1,0$). В режимах охлаждения панели с ТЭУ работают при малых перепадах температур и соответственно высоких холодильных коэффициентах $\epsilon > 1,0$. Кроме того, полезно используются такие естественные способы регулирования микроклимата, как сквозное проветривание.

Как известно, теплопотери современных жилых зданий велики, при этом на отопление расходуется значительное количество топлива: 230 млн т, или 15% всех потребляемых топливных ресурсов. В целях экономии топлива весьма важно уменьшить теплопотери путем улучшения теплозащитных свойств панелей в зимнее время.

Расчетами, проведенными в НИИ стройфизики, ЦНИИЭП жилища, МИСИ, доказана экономическая целесообразность повышения теплозащитных свойств стен зданий путем увеличения их расчетной толщины. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций можно повысить за счет уменьшения их начальной эксплуатационной влажности. В связи с этим проводились теплофизические обследования в Голодной степи силикатобетонных стен толщиной 26 см, а зимой в Бухаре оценивались теплозащитные качества вентилируемого покрытия. Кроме того, совместно с кафедрой технологии вяжущих веществ и бетонов МИСИ изучалась с теплотехнической стороны трехслойная конструкция стеновой панели с различными видами утеплителей (фибrolит, ячеистый бетон, пористый щебень, керамзитовый гравий и др.).

В настоящее время в жилищном строительстве широко используются трехслойные панели. Применяемые для их утепления теплоизоляционные материалы (фибrolит, ячеистые бетоны и др.)

выпускаются в виде плит и блоков. В связи с этим изготовление таких панелей осложняется трудоемкой ручной укладкой в них утеплителя, зачастую требующего предварительной подготовки (разрезки с учетом конфигурации панелей и размещения арматуры).

Как показали натурные обследования, влажность утеплителя после изготовления панелей весьма значительна: до 35% по весу для автоклавного ячеистого бетона и 30—35% — для цементного фибролита. Причиной этого служит не только увлажнение утеплителя при изготовлении панелей, но и использование утеплителя с высокой влажностью (10—20% по весу).

Повышенная начальная влажность ограждающих конструкций приводит к уменьшению сопротивления наружных стен теплопередаче, в результате тепловые потери зданий увеличиваются на 20—25% сверх нормативных. В МИСИ проведены исследования с участием авторов с целью получения ограждающих конструкций с различными теплоизоляционными материалами и с влажностью, близкой к равновесной, непосредственно после их изготовления. Было предложено вместо плитных утеплителей использовать засыпки в виде сухих пористых материалов низкой объемной массы. Это дает возможность использовать утеплитель, имеющий минимальную исходную влажность (0—2% по весу), исключить сушку теплоизоляционного слоя в процессе изготовления трехслойных стеновых панелей. В качестве засыпок могут быть использованы керамзитовый гравий, перлитовый щебень и другие материалы низкой объемной массы. В соответствии с теплотехническими требованиями объемная масса их в насыпном виде не должна превышать 350—400 кг/м³.

Регулирование микроклимата помещений необходимо осуществлять с помощью объемно-планировочных и конструктивных решений зданий, включая озеленение, обводнение территории, благоприятную ориентацию, солнцезащиту, кубатуру помещения, режим проветривания и характер эксплуатации. Однако в большинстве случаев этого оказывается недостаточно для обеспечения нормальных температурных условий внутренней среды в летнее время.

Достичь теплового комфорта в современных многоэтажных зданиях, лишенных теплоаккумулирующих свойств грунта, обводнения и озеленения территории, практически невозможно при использовании только естественных средств регулирования микроклимата. Необходимо искусственное охлаждение с помощью различных холодильных систем (кондиционирование воздуха, радиационное или конвекторное охлаждение). Кроме того, необходимо использовать для отопления и охлаждения зданий наружных ограждений с воздушными гелиоколлекторами или солнечно-насосными термоэлектрическими устройствами.

Современные инженерные устройства искусственного климата обладают почти неисчерпаемыми возможностями. Они способны создавать и устойчиво поддерживать в помещениях комфортный микроклимат в любом типе зданий при любых наружных климатических условиях. Однако соображения экономического порядка, стремление к надежности и простоте технических устройств заставляют серьезно подойти к вопросу выбора типов и методов использования искусственных средств регулирования микроклимата, не подменяя этот вопрос механическим назначением наиболее совершенной системы кондиционирования и перекладыванием на нее всех функций по созданию теплового комфорта.

Использование естественных средств регулирования микроклимата снижает расходы на кондиционирование. Введение кондиционирования в свою очередь изменяет функции естественных средств. Они предназначаются уже не для регулирования микроклимата, а для снижения нагрузок на систему, уменьшения установочной мощности систем кондиционирования, сокращения времени их эксплуатации. Значительно снижаются также капитальные и эксплуатационные расходы на жилое здание.

Методы совместного использования искусственных и естественных средств экспериментально исследовались в ТашЗНИИЭП. Установлено, что с изменением функций естественных средств происходит некоторое перераспределение значимости защитных факторов и способов их использования.

Полностью совместимы и одинаково необходимы как при отсутствии, так и при наличии систем кондиционирования все способы улучшения микроклимата территории и мероприятия по тепловой защите зданий (солнцезащита, высокие теплоизоляционные свойства ограждений, сокращение тепловыделений в квартирах, благоприятная ориентация зданий, озеленение и обводнение придомовой территории).

При введении кондиционирования микроклимата больше всего меняется роль естественной аэрации помещений (проветривание). Совместное использование проветривания и кондиционирования бывает иногда невозможным из-за их несовместимости, поскольку кондиционирование призвано поддерживать определенные внутренние условия, попадание же наружного воздуха в помещение зачастую мешает нормальной его работе. Возможна тепловая и гидравлическая несовместимость двух мероприятий. Поэтому оптимизация режимов регулирования микроклимата при совместном использовании кондиционирования и естественных средств связана в основном с правильным применением проветривания и тепловой инерции зданий.

3. Проектирование энергоактивных зданий и выявление типологических требований к ним непосредственно связано с районированием территории Средней Азии при использовании естественных и искусственных средств регулирования микроклимата помещений. В пособии приведены основные типологические требования, которые необходимо учитывать при проектировании зданий.

Основой районирования служит комплекс климатических особенностей отдельных районов, выражающийся в различной продолжительности воздействия благоприятных и неблагоприятных факторов с точки зрения возможности контактов жилой среды с внешней, приведенных к конкретным типам погод и режимов эксплуатации зданий. Классически режимы эксплуатации разбиваются на три группы: закрытый, открытый и смешанный. Закрытый режим предполагает изоляцию помещений от внешней среды. Открытый — обеспечивает непосредственный контакт помещения с внешней средой, что имеет место при круглосуточном проветривании.

В соответствии с режимами эксплуатации выделены наиболее характерные типы погодных условий: холодная, прохладная, теплая, жаркая и жаркая перегревная погоды. По наиболее длительным типам погодных условий было проведено районирование территории Средней Азии. По числу дней с жаркой перегрессной погодой оно позволило выявить районы с очень жестким летним термическим режимом, где необходимо применение средств климатической защиты. Проведенное районирование по средним значениям скоростей ветра в июле выявило принципиально различные зоны, в пределах которых создаются оптимальные условия для применения круглосуточного и ночного проветривания помещений в летнее время.

Важным фактором дискомфорта в условиях Средней Азии является высокая запыленность воздуха и частые пыльные бури, препятствующие нормальной эксплуатации жилищ летом и значительно ухудшающие санитарно-гигиенические качества жилой среды. Предлагается производить оценку запыленности территорий дифференцированно. Были выделены районы Средней Азии, характеризующиеся различным числом пыльных бурь и разной степенью запыленности. Учет местных особенностей ветрового режима в сочетании с анализом запыленности позволяет произвести дифференциацию типологических требований, в частности, к планировочной структуре квартир в связи с проветриванием. В пособии приведены типологические требования к жилому дому и квартире при условии естественного регулирования микроклимата.

С целью выявления типологических требований к охлаждаемому жилищу в ТашЗНИИЭП проведено районирование территории Средней Азии. Критериями районирования явились факторы, влияющие на микроклимат жилища в перегревный период: продолжи-

тельность летнего перегрева при обеспечении их комплексом всех естественных средств, степень комфортности ночного периода, среднемаксимальная температура наружного воздуха, число дней с пыльной бурей в июле и др.

Вся территория Средней Азии разделена на три района. Район без летнего перегрева жилища занимает области с отметкой 1000—1200 м над уровнем моря. Здесь не требуется мероприятий по регулированию микроклимата квартир.

В настоящее время, когда происходит повсеместное внедрение специализированного искусственного охлаждения в общественные здания Средней Азии, можно считать, что в перспективе реальным станет и централизованное искусственное охлаждение жилых зданий в районах с наиболее напряженным термическим летним режимом.

I район характеризуется наиболее мягкими термическими условиями в летний период на всей территории зоны. Перегрев в жилище длится менее 45 дней. Мягкий термический режим района позволяет предположить, что на его территории борьба с летним перегревом жилища будет осуществляться с помощью естественных средств с частичным охлаждением.

II район территориально больше первого. Этот район в летний период характеризуется более напряженными термическими характеристиками. Перегрев в жилище длится от 45 до 75 дней. Отличительной особенностью района является сочетание естественных и искусственных средств регулирования микроклимата. Установки кондиционирования рассматриваются здесь как дополнительное средство повышения комфортности жилища.

Наконец, нами выделен III район. Длительность периода перегрессной погоды достигает ста и более дней в году. Характерной особенностью района является ночной дискомфорт.

Естественное регулирование микроклимата осложняется большой запыленностью и распространением в III районе пыльных бурь, затрудняющих ночное проветривание и усугубляющих перегрев жилища. В столь жестких климатических условиях основную роль в улучшении микроклимата должны сыграть системы кондиционирования, а естественные средства климатической защиты жилищ должны снизить тепловые нагрузки на системы, сделать их более экономичными в эксплуатации.

По аналогии с нахождением зоны искусственного охлаждения для многоэтажного жилища были сделаны предложения о выделении подобной зоны для малоэтажного жилища. В качестве границ первоочередного охлаждения, по аналогии с многоэтажным жилищем, предлагаем принимать изолинии 60 дней перегрева, в качестве последующего — 45 дней. Территориально этот район значительно меньше подобного для малоэтажного жилища.

Внедрение системы искусственного охлаждения в объекты гражданского строительства начинается с наиболее жарких районов Средней Азии. Очередность внедрения зависит от типа и назначения здания и должно осуществляться поэтапно. С архитектурно-типологической точки зрения представляет интерес деление всех систем охлаждения на две принципиально различные группы. К первой группе относятся устройства, служащие только для охлаждения и отопления помещений и не выполняющие функции вентиляции — это водяные радиационные и конвекторные системы. Ко второй группе — не только создающие в помещении нужные температурные условия, но и регулирующие состав воздушной среды путем подачи обработанного наружного воздуха — системы кондиционирования.

В экономическом отношении водяные системы радиационного и конвекторного охлаждения жилых зданий имеют значительные преимущества перед системами воздушного кондиционирования за счет более эффективного расходования холода и тепла, отсутствия сложного оборудования, простоты обслуживания и способности их массовой централизации.

Исследования института ТашЗНИИЭП показали полную жизнеспособность и эффективность этих систем, а также подтвердили высокие возможности в обеспечении требуемых санитарно-гигиенических и микроклиматических условий в жилых зданиях.

Все сказанное позволяет сделать вывод о возможности широкого применения в жилых и общественных зданиях систем кондиционирования только температурных условий. Для массового жилищного строительства следует рекомендовать радиационные и конвекторные системы охлаждения, если только запыленность и загазованность территории наружного воздуха не препятствует проветриванию помещений. Если атмосферный воздух сильно загрязнен или район строительства отличается повышенным шумом, должны применяться системы воздушного кондиционирования или системы охлаждения совместно с механической приточной вентиляцией.

Эти положения были использованы в качестве критерия при районировании территории Средней Азии по рекомендуемым системам охлаждения.

4. Повышение теплотехнических качеств наружных ограждений должно быть направлено на снижение эксплуатационных и энергетических затрат при отоплении и охлаждении зданий. Актуальной задачей является значительное повышение эффективности конструкций из легких бетонов, развитие их производства из вторичного сырья и повышения качества пористых заполнителей и легкобетонной смеси. Увеличение теплозащитных свойств ограждающих конструкций достигается при внедрении однослойных панелей наружных

стен из легких ячеистых бетонов за счет снижения плотности от 900—1000 кг/м³ до 500—600 кг/м³.

В настоящее время особенно остро встает вопрос о необходимости внедрения новых видов утеплителей и легких бетонов с низким коэффициентом теплопроводности — не выше 0,23 Вт/м °С, позволяющим получить изделия, отвечающие требованиям новых СНиП без увеличения толщины наружных панелей. Это в свою очередь дало бы возможность использовать существующий на заводах-изготовителях парк металлических форм и применять действующие серии жилых и общественных зданий с незначительной корректировкой проектов.

Оценка тепловой эффективности конструкций наружных стен показала, что из однослойных конструкций, применяемых в практике строительства (пустотелого кирпича, керамзитобетона и ячеистого бетона), менее эффективными являются керамзитобетонные панели. Этот недостаток объясняется тем, что у керамзитобетона повышена энергоемкость.

Утолщение однослойных панелей экономически нецелесообразно, поскольку уменьшение суммарного расхода тепла при этом незначительно (так как возрастает его расход на изготовление материалов и производство конструкций), а затраты материалов велики.

Наименее энергоемкими из однослойных стеновых панелей являются в настоящее время газобетонные, однако недостаточный объем их производства сдерживает внедрение таких панелей. Применение легкого бетонных однослойных панелей особенно целесообразно в сейсмоактивных районах, где снижение массы — следствие экономии арматурной стали.

Наибольшей тепловой эффективностью среди панелей наружных стен отличаются трехслойные панели с гибкими связями, особенно с утеплителем из полистирольного пенопласта: по сравнению с однослойными керамзитобетонными суммарные расходы условного топлива снижаются в 2 раза.

Приведенные затраты трехслойных панелей ниже на 12% однослойных керамзитобетонных, а, в свою очередь, керамзитобетонных — на 20% кирпичных стен. По трудозатратам однослойные панели являются наиболее выгодными: примерно на 15% по сравнению с трехслойными и в 2,5 раза — с наружными стенами из кирпича.

Дальнейшее расширение применения керамзитобетонных однослойных панелей потребует значительных дополнительных затрат энергоресурсов по сравнению с многослойными панелями. Принимая во внимание, что наибольшая экономия энергоресурсов достигается при трехслойных панелях на гибких связях, необходимо увеличить производство эффективных теплоизоляционных материалов.

Как видно из анализа приведенных работ специалистов, мнения о перспективах развития конструкций наружных стен крайне противоречивы. Одни, основываясь на сложившейся структуре производства эффективных теплоизоляционных материалов, считают, что в ближайшее время не следует ожидать существенного расширения применения трехслойных панелей, и основным направлением для повышения эффективности наружных стен должно стать улучшение свойств керамзитобетонных однослойных панелей. Другие, напротив, полагают, что назрела необходимость по возможности сократить выпуск однослойных панелей, как не отвечающих требованиям современной экономики, и проблему экономии топливно-энергетических ресурсов можно решить при замене однослойных панелей многослойными.

Высокие теплотехнические показатели трехслойных стеновых панелей, особенно с гибкими связями, по сравнению с однослойными не вызывают сомнения. Однако их широкое использование в строительстве все еще сдерживается. Причин для этого много. Это и неосвоенность технологии (двухстадийное бетонирование), и недостаточный выпуск эффективных утеплителей, и отсутствие нержавеющей сталей для гибких связей из обычных сталей с антикоррозийным покрытием. Вопрос о структуре используемых в массовом строительстве типов конструкций наружных стен требует подробного анализа материальных, технических и социальных аспектов.

Для обоснованного назначения толщин наружных стен на стадии проектирования необходим более достоверный анализ соотношения требуемого и экономически целесообразного сопротивления теплопередаче. С этой целью следует точнее учитывать все многочисленные компоненты, входящие в расчетные формулы и влияющие на значение экономически целесообразного сопротивления теплопередаче.

Приходится считаться с таким сложившимся на сегодняшний день положением, что некоторые материалы, энергия, а также рабочая сила являются дефицитными.

Требуется создать оптимальную методику проектирования стен, которая учитывала бы не только затраты на отопление зданий, но и энергию, расходуемую на материалы и конструкцию стен. Такая методика должна отражать противоречие этой проблемы и давать компромиссное решение.

В зарубежной строительной практике широко применяется дополнительная теплоизоляция существующих зданий. Чаще всего ее устраивают с внешней стороны стен. С помощью такой теплоизоляции можно обеспечить требуемую тепловую защиту зданий, а кроме того, повысить долговечность фасадов, защитить стены от

перепада температур, улучшить комфортную обстановку внутренних помещений и сохранить их интерьеры.

Для повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций жилых зданий рекомендуется применять с наружной стороны утепленные экраны с вентилируемыми прослойками и вентиляционные устройства, утилизирующие уходящее трансмиссионное тепло. В этом случае модернизация эксплуатируемых жилых зданий может быть осуществлена путем применения утепляющего экрана с прослойками между ними и основной наружной стеной, которая должна сообщаться с внешней средой и помещением с помощью отверстий в экране и в стене. При этом толщина экрана, прослойки и стены, размеры отверстий и каналов должны определяться расчетом и обеспечивать необходимый воздухообмен помещения и температуру приточного воздуха.

Как одно из средств повышения теплозащитных качеств в светопрозрачных ограждениях в ночное время рекомендуются теплозащитные экраны, а для установки снаружи в малоэтажных зданиях могут применяться жалюзи и деревянные ставни. При установке жалюзи на окно с двойным спаренным переплетом его теплозащита увеличивается с 0,45 до 0,55 м² °С/Вт, т. е. почти на 20%. Если же то же окно закрыть ставнями, то теплозащита увеличивается до 0,83 м² °С/Вт, то есть почти вдвое.

В зданиях с теплым чердаком рекомендуется утилизировать тепловую энергию, содержащуюся в выбросном вентиляционном воздухе, применяя специальные вентилируемые ограждающие конструкции. Оценка тепловой и энергетической эффективности конструкций наружных ограждений позволяет сделать вывод о том, что наиболее целесообразны трехслойные стеновые панели с эффективными утеплителями. Однослойные конструкции стен могут найти дальнейшее применение, но при условии снижения объемной массы бетона.

Дальнейшее распространение должны получить наружные ограждения (стены и крыши) с вентилируемой воздушной прослойкой, как наиболее отвечающие условиям жаркого континентального климата Средней Азии. Теплофизические характеристики крыши могут быть существенно улучшены с помощью утепления ее растительным грунтом (травяные эксплуатируемые и неэксплуатируемые).

При проектировании наружных стен и крыш необходимо учитывать не только затраты на отопление и охлаждение, но и энергию, расходуемую на материалы и конструкции.

В объемно-планировочной организации застройки и архитектурно-конструктивных решениях зданий в южных городах нашей республики до настоящего времени практически не учитываются

специфические маловетренные и штилевые условия климата этого региона, что приводит к дискомфорту среды, отрицательно сказывающейся на восстановлении трудоспособности людей.

Улучшение состояния окружающей человека среды в городах с экстремальными жарко-штилевыми и климатическими условиями путем использования солнечной энергии является логическим шагом в этом направлении.

Дальнейшее изыскание способов экономии энергии в гражданских зданиях должно быть связано с применением архитектурных приемов, повышающих их энергоэкономичность: уменьшением удельной площади ограждений, применение рациональных компактных объемно-планировочных решений, блокировки увеличением ширины корпуса зданий, пристройкой остекленных объемов-теплоуловителей.

Следует отказаться от расчлененности объемов проектируемых зданий, применения узкокорпусных и отдельно стоящих высотных зданий, необоснованного увеличения площадей остекления витражей и оконных просмов. Необходимо также исследование социальных, экологических, психологических, медицинских вопросов, связанных с использованием архитектурных средств повышения тепловой эффективности зданий. Перспективный путь повышения тепловой эффективности жилых зданий связан с использованием пассивных систем солнечного обогрева. Это привносит в архитектурный облик жилища новый пластический элемент — различного рода остекленные объемы, работающие как теплоуловители.

Изучение возможностей использования солнечной энергии в жилищном строительстве ведется во всем мире с начала XX века. За это время произошли заметные изменения направленности поисков. Если в первые десятилетия ставились в основном экономические цели, то сейчас это часть глобальной работы по созданию экологически безопасной системы энергообеспечения жилья.

Американский опыт в этой области представляет значительный интерес благодаря системному научному подходу к решению проблемы, обилию реализованных проектов, наличию широко развитой индустрии как серийных, так и индивидуальных видов гелиотехнического оборудования, целенаправленной популяризаторской работы правительства как среди населения, так и среди промышленников.

Для условий жаркого климата было выполнено много интересных проектов жилых домов с пассивными системами солнечного отопления. В качестве примера можно упомянуть серии жилых домов и чабанских гелиокомплексов для условий пустыни, разрабатываемых в течение многих лет в МарХИ для НПО "Квант" и НПО "Солнце", проекты малоэтажных жилых домов, выполненные в различных научно-исследовательских и проектных институтах республик Средней Азии и Украины. Проекты энергоэкономичных

жилых домов для Севера были разработаны в ЛенЗНИИЭП. Большая практическая работа по созданию комплексной системы проектирования, строительства и эксплуатации солнечных домов велась в Грузии.

Американские специалисты решают энергетические проблемы на всех уровнях проектирования и эксплуатации. Прежде всего ставится задача снижения теплопотерь за счет традиционных приемов: улучшения теплоизоляции, качества остекления, ликвидации инфильтрации. У нас в настоящее время потери тепла от некачественной эксплуатации традиционных систем практически немыслимы. Это же относится к инфильтрации за счет плохого качества сборных индустриальных изделий. В данной ситуации бесполезно говорить об использовании каких-либо альтернативных источников энергии, если даже традиционные источники работают неэффективно.

В процессе этих поисков возникают своеобразные объемно-планировочные решения, представляющие интерес не только для специалистов в области гелиотехники, но и для проектировщиков жилища: суперкомпактные дома, заглубленные в грунт, глинобитные здания, различные варианты вертикальной организации внутреннего пространства по типу повышенного атриума и др. Большинство из них не имеет аналогов в нашей практике, даже при наличии сходных природно-климатических условий. Традиционные дома оборудуются теплицами, световыми фонарями, массивными элементами, аккумулирующими тепло. Своеобразно решаются вопросы организации естественного освещения и вентиляции.

В странах СНГ с их разнообразием природно-климатических условий вообще нельзя говорить о солнечном доме как некоем однозначном понятии. Поэтому в литературе все чаще появляются термины "энергоактивное здание", "энергоэкономичное здание". Энергетически эффективное здание в районе Средней Азии, оборудованное различными технологическими устройствами для накопления солнечной энергии будет коренным образом отличаться от такого же здания на Крайнем Севере, где вообще может не быть технологических устройств, но компактная планировка, конструктивное решение и выбор строительных материалов будут направлены на сведение к минимуму теплопотерь. Тут уместно вспомнить парадоксальную на первый взгляд мысль, что в некоторых случаях идеал солнечной энергетики — не дом с оптимальной отопительной системой, а дом, в котором отопительная система не нужна вообще.

ЛИТЕРАТУРА

1. Линкин Г. Я. Об усилении работы по совершенствованию конструктивных решений жилых зданий и выявлению резервов экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов.— В кн: Основные направления совершенствования конструктивных решений полносборных жилых зданий: Тезисы докладов на Всесоюзном научно-техническом семинаре. 25—29 октября 1982 г. М. ВДНХ СССР, с. 3—12.
2. Рекомендации по определению тепловой эффективности жилых зданий в зависимости от объемно-планировочных решений.— М. ЦНИИЭП жилища, 1979 г.
3. Богословский В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха), изд. 2-ое, М., 1982, с. 286—355.
4. Ершов А. В., Гольдштейн Г. К. Учет отраженной радиации в застройке. В сб. Теплотехнические качества и микроклимат крупнопанельных жилых зданий, вып. 2, М., 1968.
5. Богуславский Л. Д. Техничко-экономические расчеты при проектировании наружных ограждающих конструкций зданий. М., 1968.
6. НИИСтроительной физики. Пособие по проектированию ограждающих конструкций зданий. М., 1979.
7. ЦНИИЭПЖилища. Рекомендации по определению сопротивления теплопередаче наружных ограждений при проектировании зданий. М., 1979.
8. Васильев Б. Ф. Натурные исследования температурно-влажностного режима жилых зданий. М., 1962.
9. Фаминский О. И., Бирюков С. И., Солдатов Е. А. К вопросу повышения качества ограждающих конструкций. Строительство и архитектура Узбекистана, 1983, № 11.
10. Чистов Ю. С., Солдатов Е. А., Бирюков С. И. Усовершенствование технологии производства трехслойных стеновых панелей.— Строительство и архитектура Узбекистана, 1973, № 7.
11. Соловьев С. П., Пермяков С. И., Липилин Д. П. Теплоизоляционные и электрообогреваемое остекление жилых и общественных зданий.— Жилищное строительство, 1980, № 7, с. 19—21.
12. Минчук В. И., Солдатов Е. А. Сравнительная оценка теплоступлений в охлаждаемые помещения через стены и окна.— Строительство и архитектура Узбекистана, 1963, № 3.
13. Дыховичный Ю. А., Максиманко В. А. Необходимо предусмотреть в проектах.— Городское хозяйство Москвы. 1980, № 12, с. 25—27.
14. Михайлов Г. Экономия тепла и новые типы зданий.— Архитектура СССР, 1982, № 3, с. 22—28.
15. Селиванов Н. Кладовые солнечных калорий. Об основах проектирования энергоактивных зданий. Архитектура. — 1984, № 25, с. 4—5.
16. Рекомендации Всесоюзного совещания "О передовом опыте и результатах НИИ и проектно-конструкторских работ по совершенствованию проектных решений гражд-

данских зданий в части экономии топливно-энергетических ресурсов и перспективах дальнейшего совершенствования этих решений". М., Госгражданстрой, 1981.

17. Любимов М. С. Рациональные конструкции стен, рекомендуемых для применения в различных районах страны.— В кн.: Основные направления совершенствования конструктивных решений полносборных жилых зданий: Тезисы доклада на Всесоюзном научно-техническом семинаре. 25—29 октября 1982. М., ВДНХ СССР, с. 3—12.

18. Криппа А. И. Перспективы экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов в НИР и проектных работах ЦНИИЭПЖилища.— В кн.: Основные направления совершенствования конструктивных решений полносборных жилых зданий: Тезисы доклада на Всесоюзном научно-техническом семинаре. 25—29 октября 1982. М., ВДНХ СССР, с. 13—18.

19. Коган В. С., Волоцкий М. Я., Аранчик В. Б. Трехслойные железобетонные панели наружных стен для жилых и гражданских зданий (опыт Латвийской ССР). Рига, ЛатНИИИТИ, 1983.

20. Симонов М. З., Путляев И. Е. Состояние и перспективы развития легкого бетона.— Бетон и железобетон. 1983, № 7.

21. Schwarz F. Möglichkeiten zur Senkung des Energieverbrauch mit Hilfe des Standards TQL 35424 "Bautechnischer Wärmeschutz" Standardisierung im Bauwesen, 1983, № 196, 1789—1795 (нем.).

22. Ушков Ф. В., Цаплев Н. Н. Энергоемкость и тепловая эффективность наружных стен.— Жилищное строительство. 1981, № 4, с. 11—12.

23. Альтшуллер Е. М. О показателе удельной энергоемкости в индустриальном домостроении.— Бетон и железобетон. 1982, № 8, с. 27—28.

24. Макеева Л. А., Альтшуллер Е. М., Завеляев В. Г. и др. Технико-экономические показатели наружных стен жилых зданий.— Бетон и железобетон, 1982, № 11, с. 20—21.

25. Авдеев Г., Кац Ю., Анкерман Н. Резервы снижения энергоемкости.— Строительство и архитектура. М., 1981, № 8, с. 20.

26. Указания по склеиванию строительных конструкций с применением пластмасс, алюминия и асбестоцемента. М., Стройиздат, 1965.

28. Временные указания по замоноличиванию, герметизации и утеплению стыков в крупнопанельных зданиях. М., 1963.

29. Проектирование заглубленных жилищ. Перевод с англ. А. С. Гусева.— М., Стройиздат, 1983.

30. Проектирование и строительство заглубленных гражданских зданий. Перевод с англ. А. С. Гусева.— М., Стройиздат, 1986.

31. Timm V. Gras aufs Dach. Schöner Wohnen.— 1986. № 11, s. 162—164.

32. Grutzmacher B. Grasdach, Aufbau, Konstruktion, Systeme.— München: Callwey, 1964.

33. Im zmanzig Jahren Keine einzige Dachgarten — Panne. Schöner.— 1986, № 1, с. 6—12.

34. Osmudson Th. Time — saver Standards for landscape architects.— mc Graw Hill, 1968.

35. Ушков Ф. В., Шубин Л. Ф., Шемякин Д. Д. К расчету экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.— Жилищное строительство, 1981, № 3.

36. Аминов Э. Х. О методике учета поступления суммарной радиации на элементы зданий в Узбекистане.— Архитектура и строительство Узбекистана, 1983, № 2, с. 29—31.

37. Рекомендации по расчету тепlopоступлений через светопроемы с солнцезащитой. ТашЗНИИЭП, Ташкент, 1972.

38. Боно Э. Рождение новой идеи.— М., Прогресс, 1986.

39. Михайлов Г. И. Преимущество широких многоэтажных промышленных зданий.— Промышленное строительство, 1960, №11.
40. Денисов П. П. Показатель влияния объемно-планировочного решения здания на расход тепла.— Жилищное строительство. 1981, №1. с. 9—10.
41. Дьяков С. П. Жилые дома с широким корпусом повышенной тепловой эффективности.— Жилищное строительство, 1984, №2, с. 15—19.
42. Лицкевич В. К. Жилище и климат.— М., Стройиздат, 1984, с. 287.
43. Gueloun G., Kalmanovitch J. Glashäuser zum Wohnen.— Wiesbaden und Berlin: Bauverlag, 1983.
44. Kigaly J. Architektur mit der Sonne.— Karlsruhe: Verlag C. F. M[üller].
45. Токарь Б. З., Вейцман Л. Г. Солнечное пространство — в жилища.— Жилищное строительство.— 1988, №3, с. 6—7.
46. Ливчак И. Ф., Розанов Н. П. Теплицы на крышах жилых зданий.— Жилищное строительство.— 1986, №2, с. 23—24.
47. Вавилова З. А. Совершенствование городского жилища на основе учета региональных природных особенностей Средней Азии Канд. дисс., Ташкент, 1986.
48. Солдатов Е. А., Кахаров У. К. Повышение теплоустойчивости зданий активным регулированием теплоинерционных качеств ограждений. Ташкент, ФАН, 1992. с. 132.
50. Рекомендации по расчету тепловых нагрузок на здание в Средней Азии. Ташкент. ТашЗНИИЭП, 1970, с. 48.
51. Мерпорт И. А., Насонов Е. А. Архитектура жилища и кондиционирование микроклимата. Ташкент, ФАН, 1971 С. 48.
52. Азизов П. А., Солдатов Е. А. Влияние наружного климата при прогнозировании долговечности ограждающих конструкций зданий. Тезисы докладов 2-ой международной научно-технической конференции. 15—17 сентября 1992 г. Самарканд, Сам ГАСИ, 1992 с. 24—25.
53. Солдатов Е. А., Азизов П. А. Каххаров У. К. Солнечно-насосная термоэлектрическая панель для отопления и охлаждения зданий. Сборник трудов Международной конференции "Ресурсо- и энергосбережение в отраслях народного хозяйства республики Узбекистан." Бухарское отделение АН Республики Узбекистан. 23—24 марта 1993 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава I. Основные климатические параметры и их учет при проектировании зданий	7
I. 1. Расчетные летние среднесуточные и среднемаксимальные температуры наружного воздуха	8
I. 2. Расчетные величины солнечной радиации	13
I. 3. Расчетные значения температуры наружного воздуха в зимний период	18
Глава II. Естественные и искусственные средства регулирования микроклимата зданий	21
II. 1. Натурные микроклиматические и теплофизические исследования в домах без искусственного охлаждения	27
II. 2. Исследование теплоустойчивости наружных стеновых ограждений жилых зданий	50
II. 3. Теплотехническая оценка современных типов покрытий в условиях действия солнечной радиации	56
II. 4. Исследование теплоустойчивости стен с солнцезащитными экранами	63
II. 5. Улучшение микроклимата зданий активным регулированием теплоинерционных свойств ограждающих конструкций	74
II. 6. Исследование теплопередачи наружных ограждений в зимний период	83
II. 7. Исследование микроклимата зданий с искусственным охлаждением	90
Глава III. Районирование Средней Азии для проектирования зданий с естественными и искусственными средствами регулирования микроклимата	101
III. 1. Учет естественных факторов при районировании	101
III. 2. Учет искусственных средств охлаждения при районировании	123
Глава IV. Технические и архитектурные приемы теплозащиты зданий	138
IV. 1. Инженерные средства повышения теплоизоляции зданий	140
IV. 2. Теплотехнические расчеты наружных ограждений	217
IV. 3. Общая схема расчета теплопоступлений через светопрозрачные ограждения	251
IV. 4. Архитектурные средства повышения тепловой эффективности зданий	264
Заключение	306
Литература	324

Евгений Алексеевич Солдатов
Пулат Азизович Азизов

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА
ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

Редактор В. Медведева
Худож. редактор Ж. Гурова
Техн. редактор С. Сабирова
Корректор О. Зайкова

Сдано в набор 21.01.93. Подписано в печать 14.06.94.
Формат бумаги 60×84 1/16. Усл. печ. л. 17,22. Уч.-изд. л. 21,17.
Тираж 3000. Заказ №1214 Цена договорная.

Издательство "Ўзбекистон", 700129, Ташкент, Навои, 30. Изд. № 79-92.

Оригинал-макет изготовлен на базе технических и программных средств
ООО "Ношир". Отпечатано на Картфабрике института «Ўзгипрозем»
Ташкент, ул. Мукими 182.

Солдатов Е., Азизов П.

С 60

Архитектурно-строительные средства повышения тепловой эффективности гражданских зданий: Учеб. пособие для Студ. архитектурно-строительных вузов и фак. —Т.: Узбекистон, 1994.—328 с.

В надзаг.: МВ иССО Республики Узбекистан, Самарканд. гос. архитектурно-строительный ин-т им. М. Улугбека.

1. Соавт.

ISBN 5-640-01737-6

В учебном пособии изложены энергоэффективные методы регулирования теплового режима зданий в условиях сухого жаркого климата. Приведены различные объемно-планировочные и конструктивные решения зданий, снижающие теплопотери и теплопоступления. Даны типологические требования к зданиям. Представлены методы микроклиматического и теплотехнического расчета.

Пособие предназначено для студентов архитектурно-строительных вузов и факультетов. Оно может быть полезно широкому кругу инженерно-технических и научных работников, а также преподавателям и аспирантам.

ББК 31.38я73

№ 418-94

Гос. б-ка Республики
Узбекистан им. А. Навои

С $\frac{3301000000-81}{М 351 (04) 94}$ 94

